

〈논 문〉 SAE NO. 943750

디젤 噴霧 液滴의 크기와 速度 同時計測에 관한 研究

A Study on the Simultaneous Measurement of Droplet Size and Velocity in a Diesel Fuel Spray

장 영 준,* 전 충 환,* 박 호 준,* 김 현 규,** 김 상 진***
Y.J.Chang, C. H. Jeon, H. J. Park, H. K. Kim, S. J. Kim

ABSTRACT

The pupose of this study is to measure droplet size and velocity simultaneously for a transient diesel fuel spray in a quiescent chamber at atmospheric temperature and pressure.

Generally, diesel combustion phenomena is mainly governed by characteristics of injection system and fuel spray. Therefore we need to clarify these characteristics for developing more economical diesel systems.

In this study, correlation between droplet size and velocity was measured at downstream distance from nozzle. Governing parameters are pump speed and fuel quantity for the detailed nature in this transient diesel fuel spray. It is observed effect to the droplet size and velocity distribution.

Velocity(peak, mean, rms), number density and droplet size were investigated simulaneously using PDA in the spray. Various results are presented to illustrate the effects of operation factors and correlation between the droplet diameter and velocity.

주요기술용어 : Sauter Mean Diameter(Sauter 평균입경), Spray Angle(분무각), Spray Tip Penetration (분무선단 도달거리), Droplet Size(액적크기), Number Density Distribution(수밀도분포)

1. 서 론

디젤기관의 출력, 연소효율 및 배기가스 조성 등의 특성은 연소실에서의 연소특성에 좌우되며, 또 이 연소특성은 분무특성, 공기유동, 연소실 형상 등에 의하여 크게 영향을 받는다고 할 수 있다. 특히 디젤기관의 연소는 고온, 고압의 연소실 분위기 중에 분사된 연료분무의 거동과 직

접적인 관계가 있다. 즉, 연료의 미립화, 증발, 공기와의 혼합에 이어 착화 및 연소가 일어나고 화염은 분무전체로 확산된다. 따라서, 분무의 거동을 파악하는 것은 연소과정을 이해하는데 선행되어야 할 과제이다.

디젤기관의 분무특성에 관한 연구는 현재까지 많은 연구자들에 의하여 여러가지 방법으로 시도되어 왔다. 분무의 거시적 특성을 구명하기

* 부산대학교 공과대학 정밀기계공학과, 부산대학교 기계기술연구소
** 쌍용중공업(주) 엔진연구소
*** 한국기계연구원 유체공학 연구실

위한 연구로는 연료분무의 관통도를 나타내는 분무선단 도달거리나,^{1,2)} 분무의 분포상태를 양적으로 표시하는 분무각^{3,4)} 등에 관한 연구가 있다. 분무의 미시적 특성인 분무액적의 평균입경이나 입경분포등에 대해서는 액침법⁵⁾에 의한 연구, 침강탑법⁶⁾에 의한 분무전체에 대한 연구 및 직접확대사진법⁷⁾을 이용한 연구 등이 있다. 또, 광산란 및 Fraunhofer 회절등^{8,9)}을 이용한 광학적 방법에 의한 입경측정도 있다. 그러나, 이들 연구는 대부분이 정상분무의 액적분포등에 대한 것이며, 실제 사용되는 디젤분무에 관한 연구는 소수의 연구 결과가 있을 뿐이다. 이것은 디젤분무는 고압으로 분사되어 주위공기의 선회유입이나, 액적이 가진 관통력에 따른 분산, 증발등의 과정이 매우 복잡할 뿐만 아니라, 비정상적이고 간헐적인 분무특성상 측정의 어려움이 따르기 때문에 분무의 국소영역에 중점을 둔 분포특성 및 공간적 특성을 언급한 예는 그렇게 많지 않다.

따라서, 본 논문에서는 디젤기관의 효율향상 및 유해 배기물질의 저감을 위한 새로운 기관의 개발 및 설계를 위한 기초 자료를 얻기 위한 목적으로 정지분위기중에 펌프 구동식 단발분사장치를 이용하여 디젤분무를 실현하고, 이 분사장치에서 간헐적으로 분사된 분무에 대해 Phase-Doppler원리에 기초한 측정장치를 이용해서 분사기간동안 측정위치를 통과하는 분무액적의 입경과 속도를 동시에 측정하여 측정위치와 분사 펌프회전수가 분무의 미립화 특성과 액적의 운동특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 액적의 속도, 크기 측정원리

PDA(Particle Dynamics Analyzer)장치는 LDA(Laser Doppler Anemometry)의 확장인 위상도플러 유속계(Phase Doppler Anemometry)에 기초한 것으로 액적속도는 Doppler Burst의 주파수로부터 계산되고, 액적크기는 산란각이 다른 곳에 위치한 Multiple-detectors로부터 신호의 위상차를 비교함으로써 측정된다.

2.1 액적속도의 측정

PDA 장치는 광학적 조정이 쉽고, 신호의 S/N 비가 좋다는 Dual-beam mode type LDA의 작동원리를 기초로 한 것이다. 파장과 위상이 같은 2개의 레이저 빔을 교차시키면 빔의 교차부에 간섭 줄무늬(Interference fringe)가 생긴다. 입자가 간섭줄무늬의 밝은 부분에 있을 때에는 산란광의 강도가 강하고, 어두운 부분에 있을 때에는 산란광의 강도가 약하게 되어, 이 산란광의 강도의 변화주기에서 입자의 이동속도를 구할 수 있다. Fig.1에서 간섭줄무늬¹⁰⁾에 수직한 방향(z방향)의 입자의 속도성분을 U, 간섭줄무늬 간격을 δ_r 로 하면, 산란광의 주파수 변화 w_0 는 다음의 식으로 주어진다.

$$w_0 = \frac{U}{\delta_r} \quad (1)$$

여기서, 빔의 교차각을 θ , 레이저의 파장을 λ 로 하면, 간섭줄무늬 간격 δ_r 는

$$\delta_r = \frac{\lambda}{2\sin(\theta/2)} \quad (2)$$

가 되고, z방향의 입자의 속도성분 U는

$$U = \frac{\lambda}{2\sin(\theta/2)} w_0 \quad (3)$$

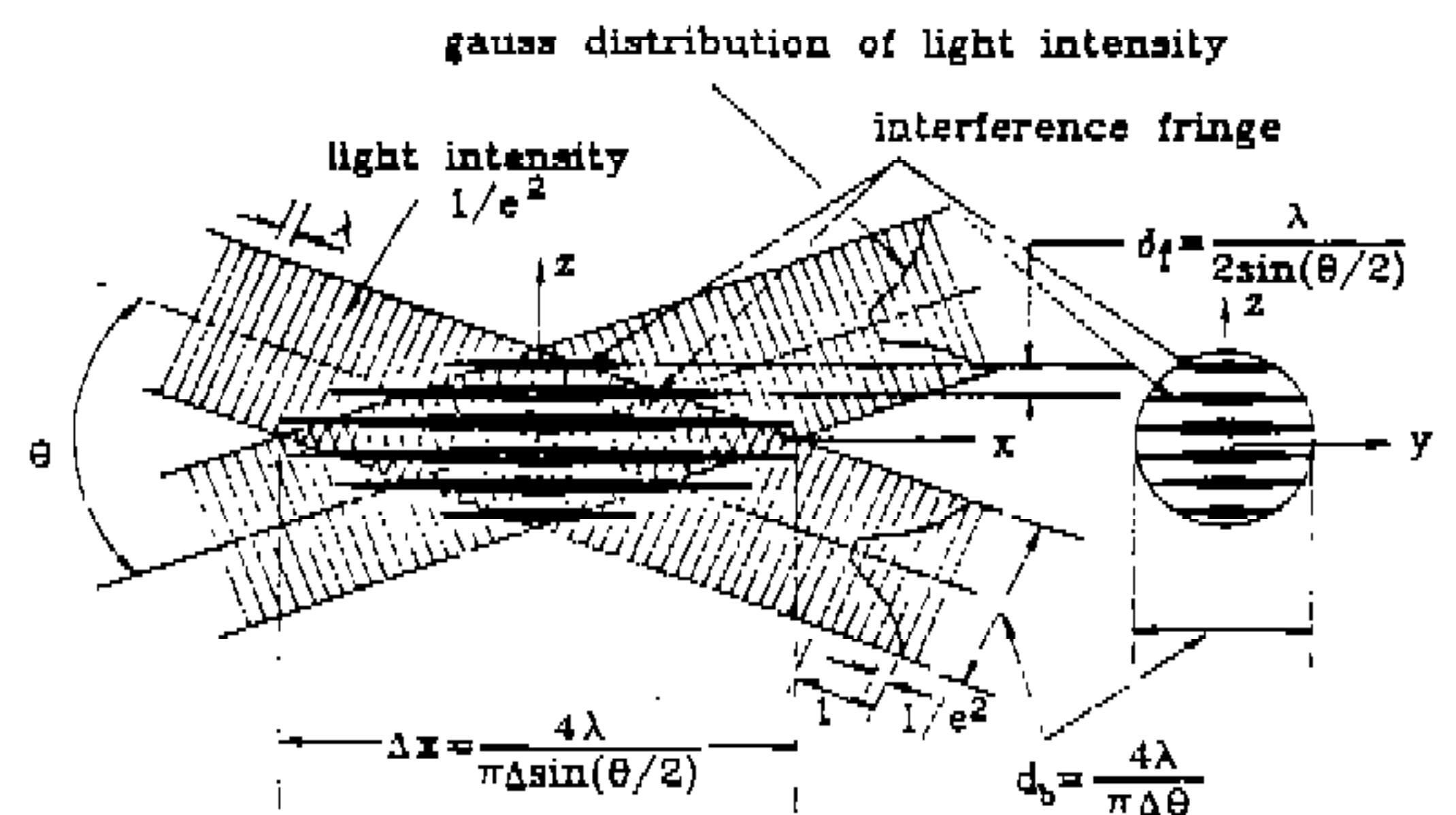


Fig.1 Fringe model principle of velocity measurement

이다. 이 때 θ, λ 를 일정하게 두고, Doppler 주파수 w_0 를 측정하면 입자속도를 구할 수 있다.

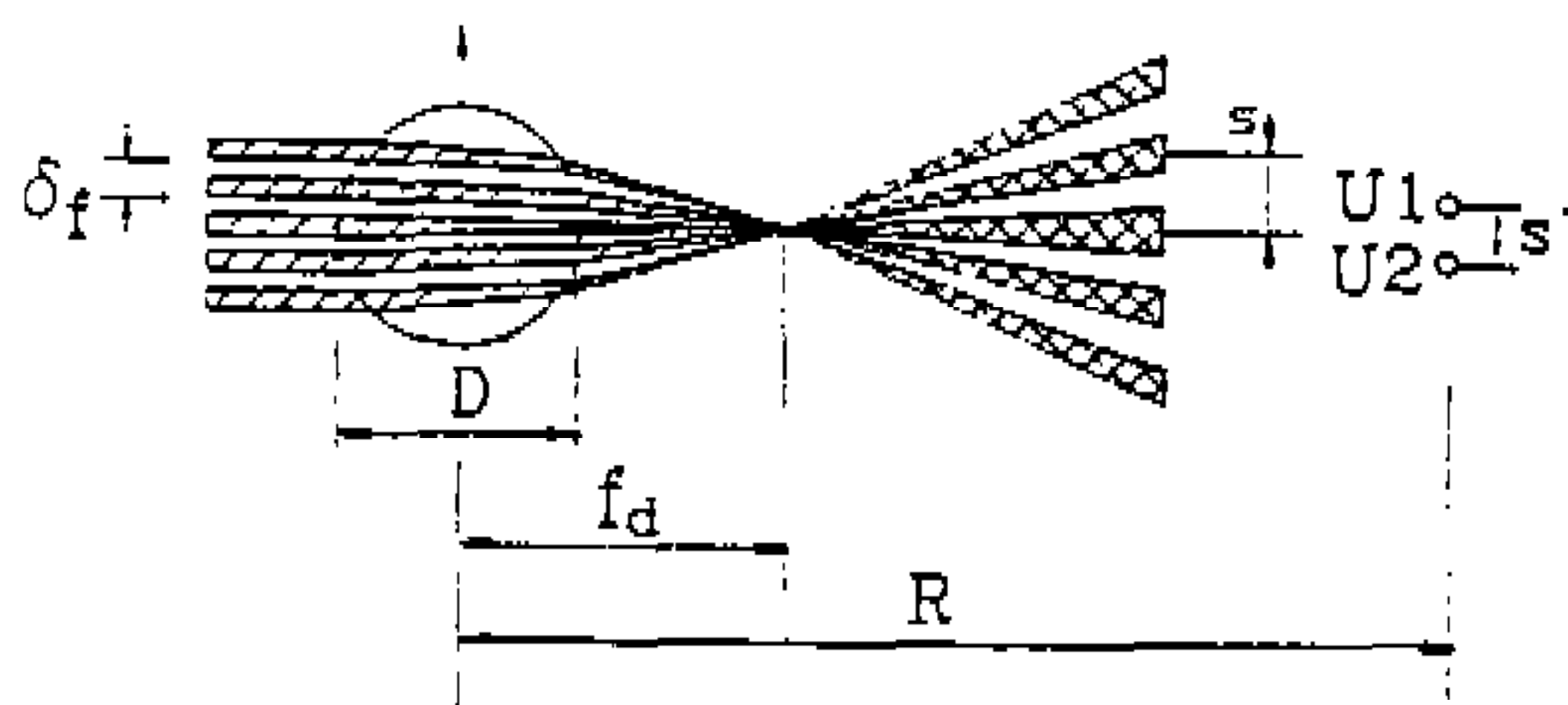
2.2 액적크기의 측정

PDA 장치의 특징은 산란광의 위상이 액적크기에 대한 정보를 가지는 것이므로 작동원리는 Fig2의 Fringe model¹⁰⁾을 이용하여 설명할 수 있다. 측정영역에서 간섭줄무늬가 광선이라 생각하면 그것들은 측정영역을 통과하는 투명한 구형액적(직경 D)이 렌즈 작용을 하여 공간으로 투영된다. 이 때 두개의 검출기 U1, U2는 같은 주파수이나 투영된 Fringe 사이의 거리 s로 나눈 검출기 사이의 거리 s'에 비례하는 상대적 위상차를 보게 된다. 측정영역에서 멀리 떨어져 투영된 Fringe 사이의 거리 s는 액적의 초점거리 f_d 에 반비례한다. 투명하고 구형인 액적에 대한 초점거리가 액적경 D에 비례한다. 따라서, 측정된 위상차 ϕ 가 액적직경에 비례하게 된다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 실험장치

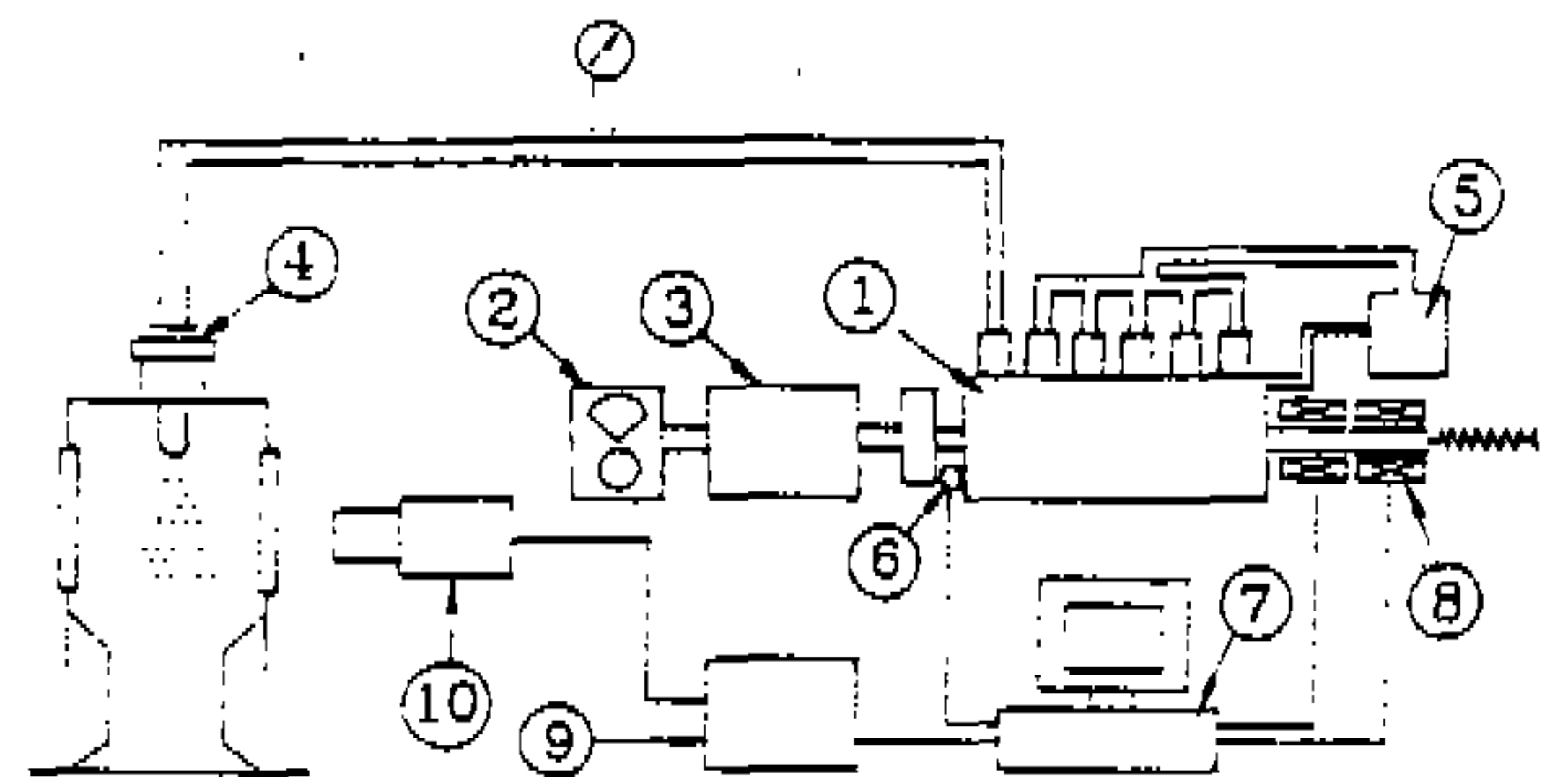
Fig3은 본 실험에서 사용한 단발분사장치의 개략도이다. RPM controller ②에 의해 제어되는 0.5HP의 V-S 모터③의 구동으로 분사펌프가 구동되고 연료탱크에서 연료가 분사펌프에 의해 가압된 후 압력파이프를 경유해서 분사노즐 ④로



- D : Diameter of droplet
- f_d : Focal length of droplet
- R : Distance from droplet to detector

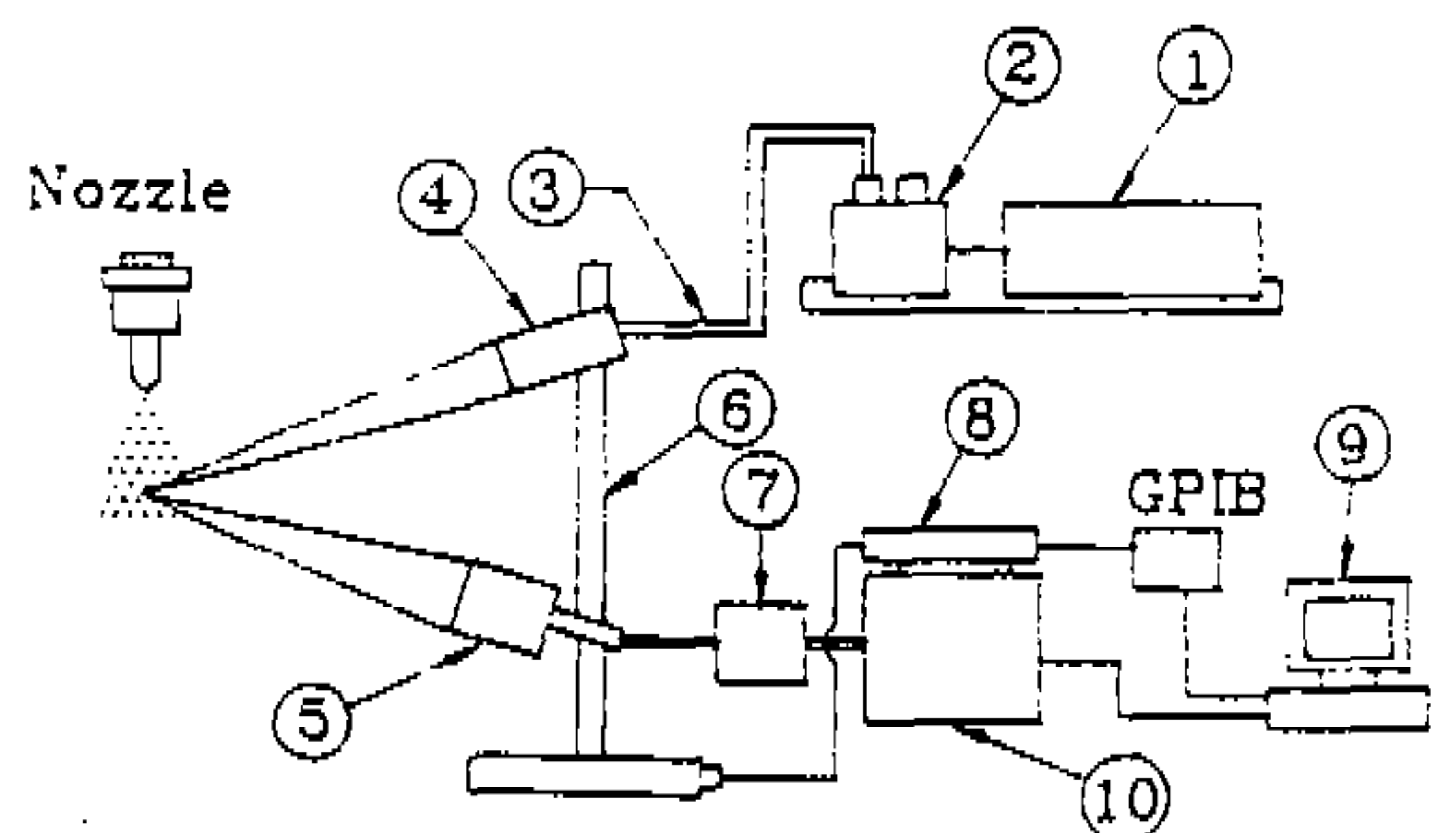
Fig.2 Fringe model principle of phase measurement

압송되어 분사된다. 퍼스날컴퓨터와 연결된 광센서 ⑥에 의하여 캠의 위치가 검출되고 적절한 캠의 위치에서 전자석 ⑧을 여기시키고 분사펌프의 제어력을 움직여 단발분사를 행한다. PDA 장치에 의해 액적의 크기와 속도를 측정할 때는 분사펌프의 한개 라인만 사용하고 나머지 라인은 연료탱크로 바이패스시키며 분사하였다. Fig4는 PDA 측정장치의 개략도이다. 측정장치는 광학계, 신호처리계와 컴퓨터로 구성되어 있다. 광학계는 Transmitting optics ④와 Receiving optics ⑤로 이루어져 있고 Transmitting optics는 40MHz Bragg cell, Fiber flow optics와 초점렌즈로, Receiving optics는 3-D Traversing unit, Photomultiplier, Traversing controller, Personal computer, Burst signal processor로 구성되어 있다.



- ① Injection pump
- ② RPM controller
- ③ V-S motor
- ④ Nozzle
- ⑤ Fuel tank
- ⑥ Photo sensor
- ⑦ Personal computer
- ⑧ Solenoid magnetic
- ⑨ Controller circuit
- ⑩ High speed camera

Fig.3 Schematic diagram of injection system



- ① Ar-ion laser
- ② Transmitter
- ③ Fiber flow optics
- ④ Transmitting optics
- ⑤ Receiving optics
- ⑥ 3-D Traversing unit
- ⑦ Photomultiplier
- ⑧ Traversing controller
- ⑨ Personal computer
- ⑩ Burst signal processor

Fig.4 Schematic diagram of PDA system

ving optics ⑥은 축점렌즈와 광전자증배관으로 구성되어 있다. 광학계는 3차원 이송대에 의해 측정위치로 이동한다. 광원으로는 $\lambda=488\text{nm}$ (Blue beam)과 514.5nm (Green beam)인 2-D Ar-ion Laser(최대출력 5watt)를 사용하였으며 출력은 2watt였다. 신호처리계는 Burst 검출 방식을 채용하고 있다. 컴퓨터는 32bit 퍼스날컴퓨터로 GPIB를 통해 이송대 제어기 ⑧로 3차원 이송대를 조정했고, 또 Burst 신호 처리기 ⑩에서 처리된 데이터를 소프트웨어에 의해 실시간으로 화면에 나타내었다. 축점렌즈의 집점거리는 Transmitting optics, Receiving optics 모두 600mm로 하였고 측정체적은 $0.3\text{mm} \times 0.3\text{mm} \times 0.9\text{mm}$ 이다.

3.2 실험조건

Fig.5는 디젤분무의 영역구분과 측정위치를 나타낸다.¹¹⁾ 분무중심부는 주분류영역(Main jet region)으로 분무축에 근접한 내부로서 경계부 및

혼합류에 의해 둘러싸여 있다. 분무주변부는 분무의 가장 바깥부분으로 주분류 및 경계부를 둘러싸고 있는 혼합류영역(Mixing flow region)으로 분사된 연료는 이 영역에서 공기와 강한 난류혼

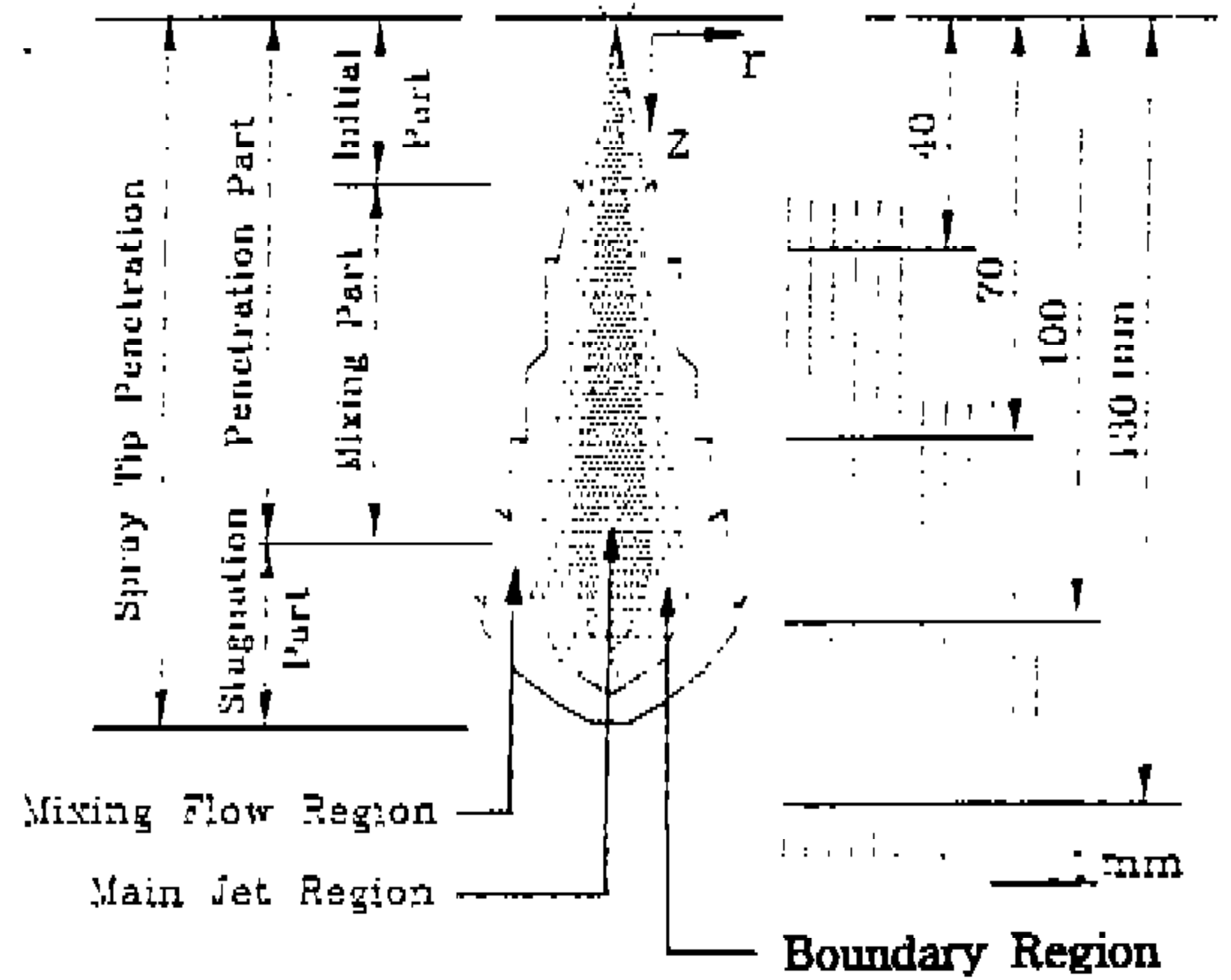


Fig.5 Spray region and measuring positions

Table 1 Experimental Conditions and Measuring positions

| | | |
|------------------------|---|--|
| Type | Condition | |
| Fuel | Diesel Oil (Density : 0.843, Refraction : 1.46) | |
| RPM | 600, 800, 1000 | |
| Fuel amount | 77.9(mg) | |
| Injection Nozzle | Single Hole Nozzle $L/d_n=3.4$ Dia. $d_n=0.505\text{mm}$ | |
| Injection Pressure | 10.0MPa | |
| Measurement Instrument | PDA(Particle Dynamic Analyzer) DANTEC Inc. | |
| Inj. Pump | NP-6EA85C3 | |
| VS-Motor | 4.5HP | |
| Condition | Measurement position | |
| | Vertical | Radial |
| 600Rpm | 40mm | 0, 1, 2, 3, 4, 5mm |
| | 70mm | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9mm |
| | 100mm | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11mm |
| | 130mm | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11mm |
| 600, 800, 1000Rpm | 100mm | 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9mm |

Table 2 Definition of Mean Parameters

| Velocity | |
|---|---|
| Mean velocity | $V_{mean} = (1/N) \sum V_n$ |
| RMS velocity | $V_{rms} = ((1/(N-1)) \sum (V_n - V_{mean})^2)^{1/2}$ |
| N : Number of Accepted Spherical Measurements | |
| N_n : Individual Velocity Measurements | |
| Diameter | |
| Diameter Mean(D10) | $D10 = (1/N) \sum D_n$ |
| Area Mean(D20) | $D20 = ((1/N) \sum D_n^2)^{1/2}$ |
| Volume Mean(D30) | $D30 = ((1/N) \sum D_n^3)^{1/3}$ |
| Sauter Mean(D32) | $D32 = \sum (D_n^3) / \sum (D_n^2)$ |

합이 일어난다. 한편, 분무의 진행방향으로 초기 영역(Initial part), 혼합영역(Mixing part), 정체영역(Stagnation part)으로 나눌 수 있다. 초기영역은 노즐출구 가까이에 있는 혼합영역으로 분무각을 정의하는 분명한 형태를 가지고, 혼합영역은 초기영역의 하류로 강한 난류혼합이 일어나며 초기영역과 혼합영역을 통칭하여 관통영역(Penetration part)이라 하며 정상분무의 특성을 보인다. 정체영역은 분무선단부로서 비정상특성을 보인다.

또한 Fig.5에는 측정위치를 직선의 교차점으로 나타내고 있다. z방향은 분무축 방향이고 r방향은 분무의 반경방향으로, 측정위치의 표기는 노즐 선단을 원점(z=0, r=0)으로 하는 고정좌표계이다. 1회 분사량 77mg, 분사펌프 회전수 600rpm에서는 측정위치를 z=40, 70, 100, 130mm의 각 위치에서 반경방향으로 r=0~11mm까지 1mm 간격으로 측정위치를 이동시켰다. 분사펌프 회전수를 600, 800, 1000rpm으로 변화시켜 측정할 때는 z=100mm에서 r=0~9mm까지 1mm 간격으로 측정위치를 이동시키며 측정했다.

디젤분무의 특성상 분무당 획득되는 액적의 수가 측정위치에 따라 다르기 때문에 위치에 따라 30~1200회 정도의 간헐분무에서 데이터를 얻었고 선행분무가 후행분무에 미치는 영향은 없도록 하여 실험했다.

Table 1은 실험조건과 조건에 따른 측정위치를

나타내며, Table 2는 각종 평균치를 정의하고 있다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 분무영역에 따른 영향

4.1.1 액적의 크기와 속도의 상관관계

Fig.6은 분사펌프 회전수가 600rpm일 때, 분무 중심부, 경계부, 주변부 중의 각 위치에서 액적의 크기 D와 축방향속도 U의 상관관계를 나타낸 것이다. 액적의 크기(직경, D)는 대부분 0~100 μm 사이에 분포하며 전체적으로는 크게 변함이 없으나, 액적의 속도는 노즐출구에서 수직방향 또는 반경방향으로 멀어질수록 떨어지고 있음을 알 수 있다. 이것은 분무의 일반적인 속도분포를 잘 보여주고 있다고 하겠다.

그러나 분무 주변부를 지나가는 액적중에는 축방향속도가 음의 값을 가지는 것이 있다. 이것은 Takahashi 등의 실험¹²⁾에서도 알 수 있듯이 분무를 정지 공간을 지나가는 익형의 물체 주위에 발생하는 공기유입으로서 분무의 진행방향과 반대방향으로 회전하는 Vortex로 인해 발생된다. 따라서 소액적이 작은 속도로 비행하면 주위 공기 유동의 영향을 크게 받아 회전하는 Vortex에 포함되어 속도가 음의 값을 나타내기 때문이라 생각된다. 또, 주변부에서는 비정상적으로 큰 액적이 다른 측정위치보다 많이 검출되고 있다. 이것은 소액

적의 수명은 짧고, 속도도 작기 때문에 액적이 가진 운동량의 소실과 액적 증발에 의해 분무 주변부까지 날아가지 못하고 또, 소액적중에 큰 속도를 가진 것은 비행도중 속도감소와 다른 소액적과의 합체에 의해 큰 액적으로 되거나, 상류에서 날아온 큰 액적 때문이라 생각된다.

Fig.7은 Fig.6과 같은 조건하에서 액적의 축방향 속도 U 와 반경방향 속도 V 의 상관관계를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 액적의 축방향의 속도와 반경방향의 속도는 중심축 z 가 노즐출구에서 멀어질수록 또 반경방향으로 멀어

질수록 떨어져서 있어 강한 상관관계를 보이고 있다.

4.1.2 평균입경

Fig.8은 $z=100\text{mm}$, $r=1, 3, 6, 9\text{mm}$ 에서 얻은 액적의 입수분포, 체적분포를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, 분무중심축에서 반경방향으로 멀어질수록 소액적의 빈도가 높아지고 있다. 각 측정위치에서 입수분포에서 면적분포, 체적분포로 갈수록 $100\mu\text{m}$ 이하의 소액적의 비율은 98%에서 85%, 50%로 급격히 줄고, $100\mu\text{m}$ 이상의 대액적은 2%에서 15%, 50%로 증가

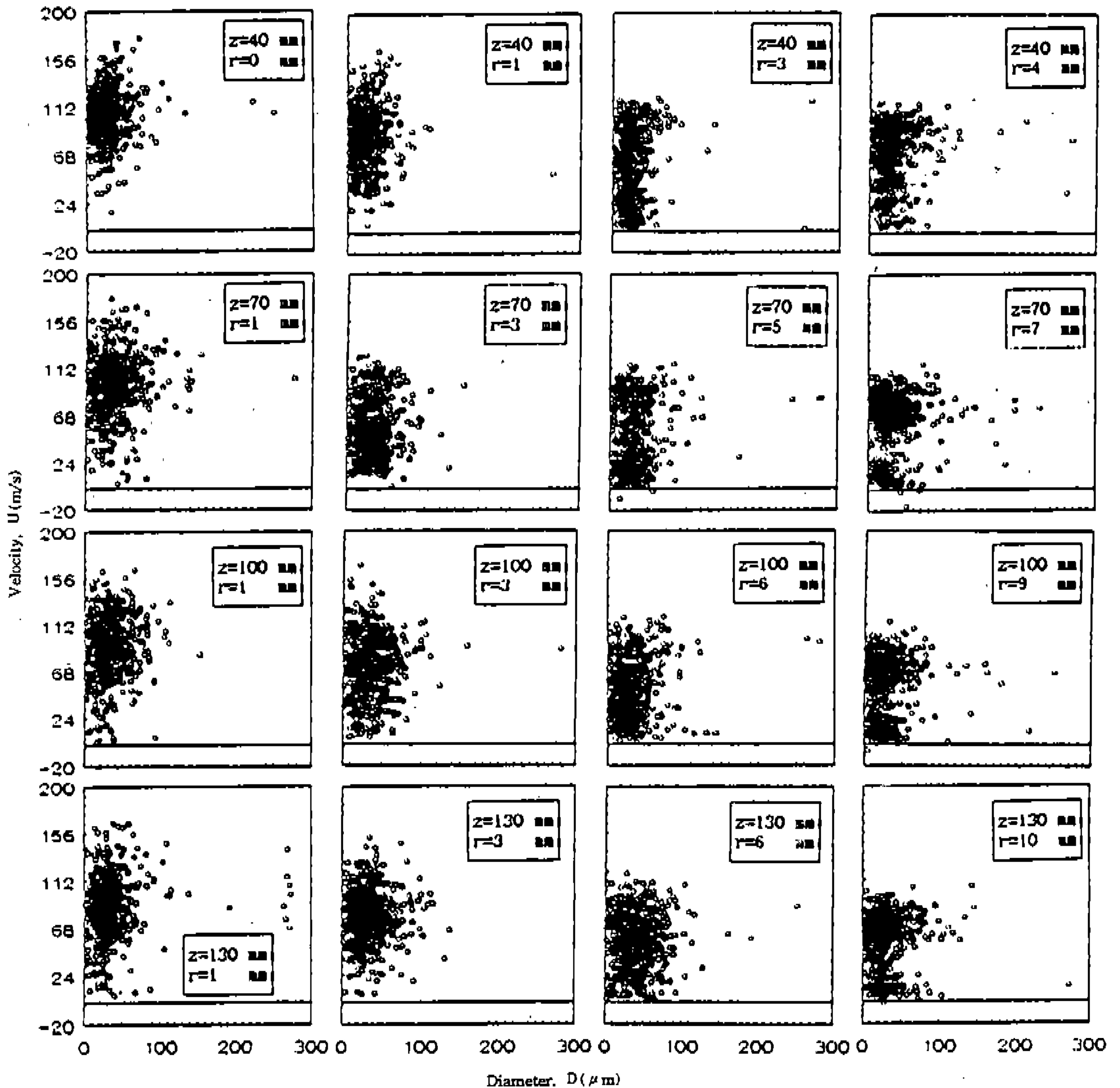


Fig.6 Droplet size and axial velocity correlation at distance $z(600\text{rpm})$

하는 것을 알 수 있다. 그러나 디젤분사계의 설계시 100 μm 이하의 액적을 목표로 하지만 비정상적으로 200 μm 이상의 큰 액적이 발생되면 그 갯수가 0.1% 이하로 작더라도 분무특성을 왜곡시킬 수 있으므로 이와같은 액적을 제외시켜 Sauter평균입경을 구하는 것이 분무의 입도분포를 구하는데 타당하리라 생각된다. 비정상적으로 큰 액적을 제외시키지 않았을 경우의 Sauter 평균입경 D_{32} 의 반경방향분포를 Fig.9 (a)에 나타내었고, 비정상적으로 큰액적을 제외시킨 수정

Sauter 평균입경 D_{32}^* 의 반경방향분포를 Fig.9 (b)에 나타내었다. 그러나 디젤기관으로부터 배출되는 탄소상 미립자는 비정상적으로 큰 이들 입자에 의하여 크게 영향을 받음으로 디젤기관 설계시 유해 배기물질 저감을 위하여 비정상적으로 큰 입자를 없애는 것도 중요할 것이라고 생각된다.

Fig.9 (a)의 Sauter 평균입경 분포를 보면 뚜렷한 경향을 보이고 있지는 않지만 수정 Sauter 평균입경의 분포를 보면 측정위치에 따른 Sauter

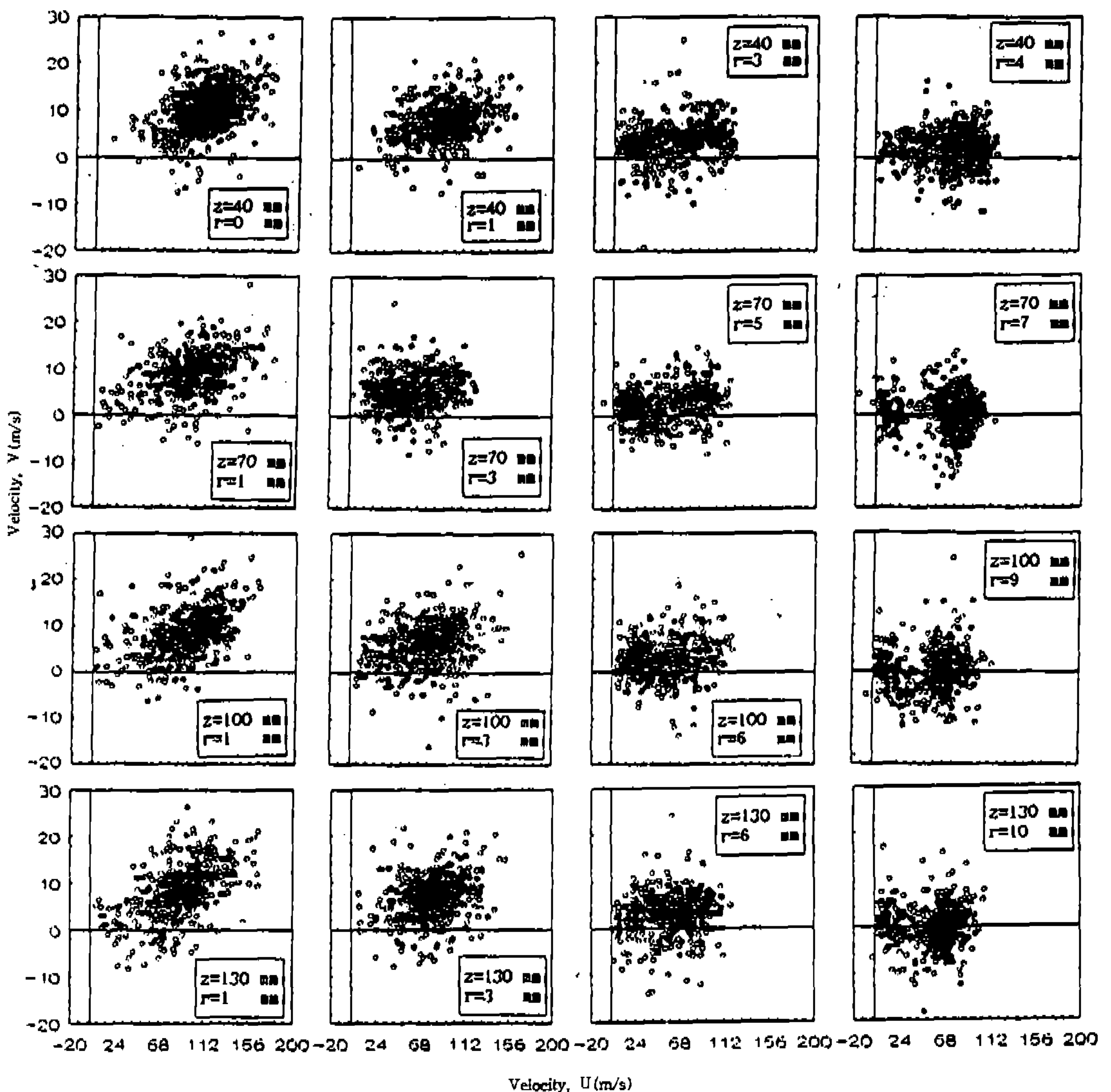


Fig.7 Droplet axial velocity and radial velocity correlation at distance z(600rpm)

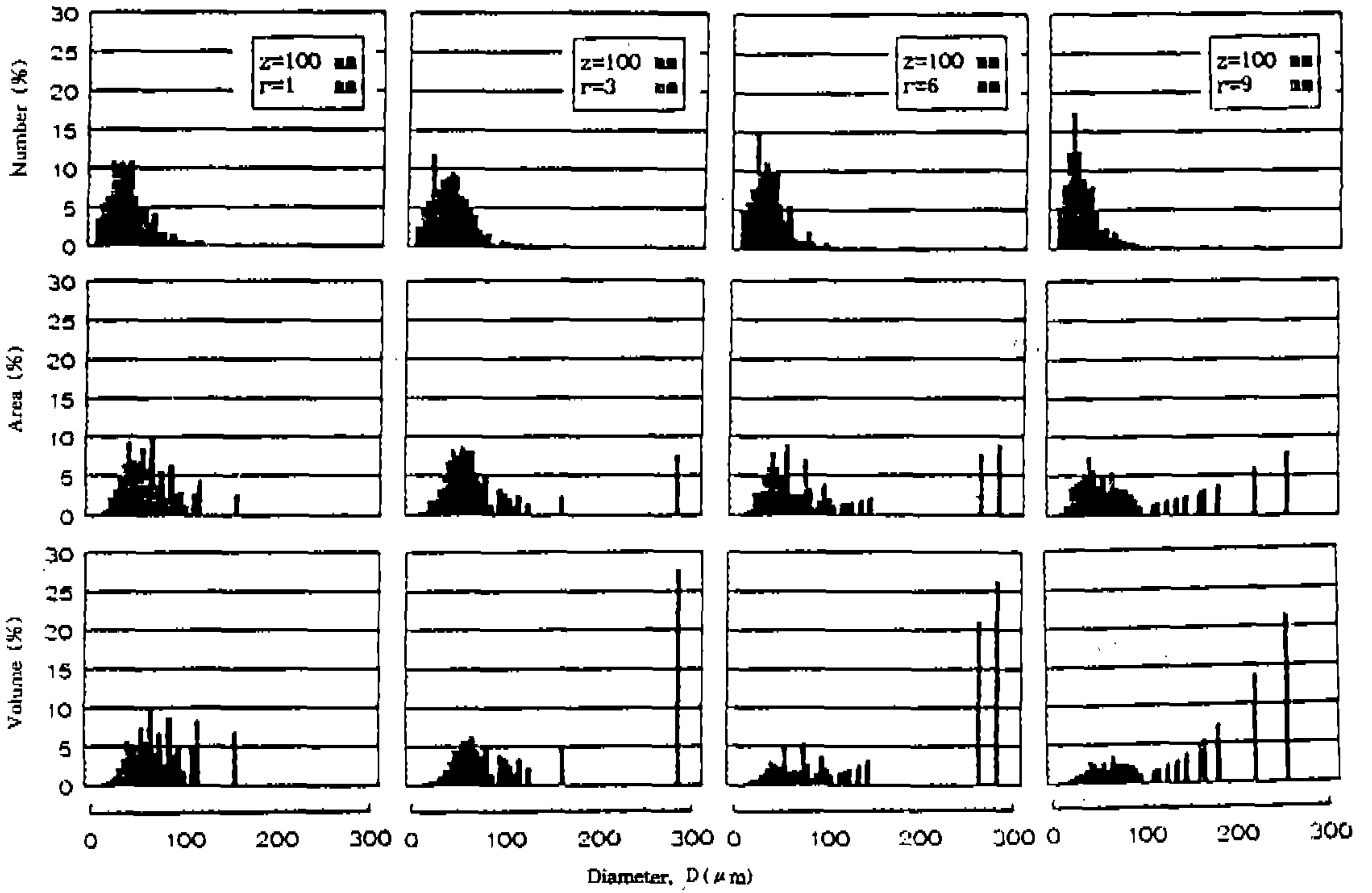


Fig.8 Number, area and volume density distribution at distance $z=100\text{mm}$

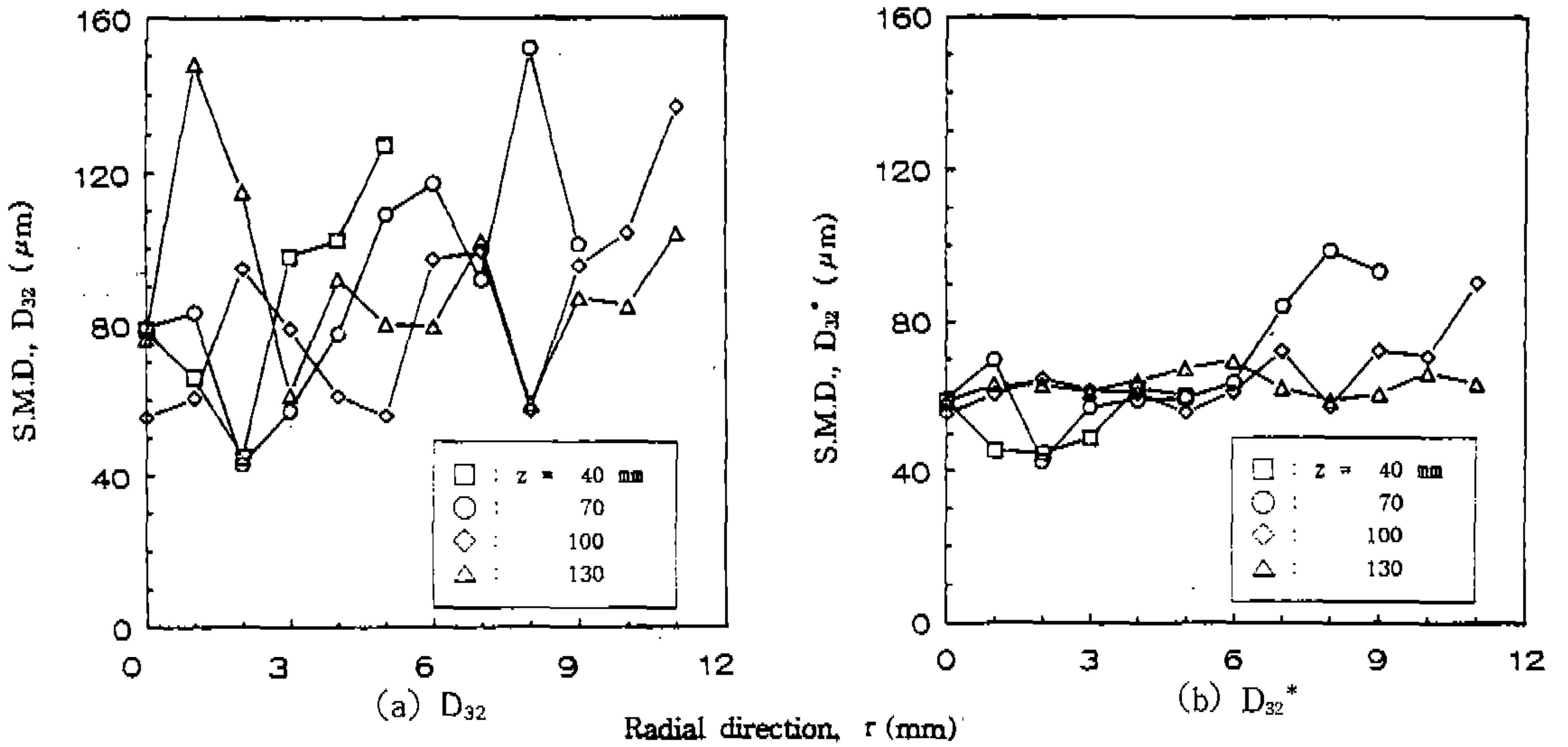


Fig.9 Distribution of S.M.D. at distance z

평균값의 변화가 Fig.9 (a) 보다 매우 작아서 거의 일정한 값을 보여주고 있다.

4.13 평균액적속도

Fig.10은 각 측정위치에서 액적이 가지는 축방

향속도 U 와 반경방향속도 V 를 각각의 측정위치에서 벡터로 나타낸 것이다. 평균속도가 분무의 주분류에서 하류로 갈수록 감소하고 있는 것이 뚜렷이 보이고 있다. 특히 하류로 갈수록 분무축

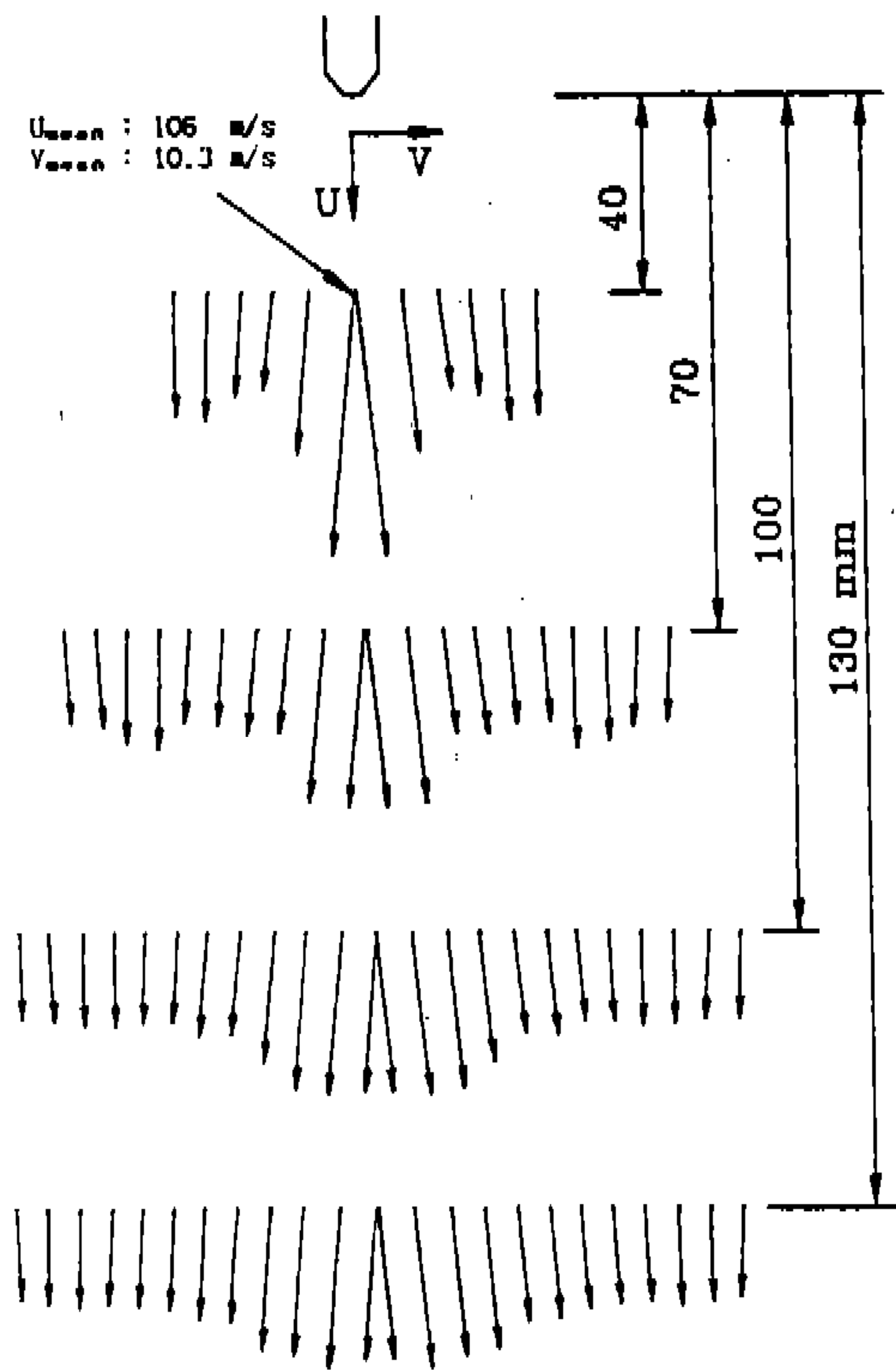


Fig.10 Velocity vector profile at distance z

($r=0\text{mm}$)에서의 속도가 축근방($r=1\text{mm}$)의 값과 비슷해졌다가($z=70\text{mm}$) 축근방의 값보다 작아지기 시작한다($z=100\text{mm}$). 이것은 분무축 근방에서 액적 속도벡터중 반경방향의 속도성분이 커지고 있기 때문이라 생각된다.

4.1.4 분무 입자의 수밀도 분포

Fig.11은 z 의 각 위치에서 반경방향으로 분무 입자의 수밀도(Number density: #/cc) 분포를 보이고 있다. 수밀도는 측정위치에서 액적의 취득율(Acceptance rate)을 액적속도 및 체적의 곱으로 나눈 값이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이, $z=40\text{mm}$ 에서는 분무 중심부($r=0\sim3$)와 주변부($r=4\sim5$)의 수밀도차는 $50(\#/cc)$ 정도로 큰 차이를 보이고 있고, $z=70\text{mm}$ 에서는 중심부($r=0\sim5$)와 주변부($r=6\sim9$)의 수밀도차는 $15(\#/cc)$ 정도로 $z=40\text{mm}$ 에서 보다는 크게 감소하였으나 역시 차이를 보이고 있다. 그러나 $z=100$ 과 130mm 에서, 수밀도는 중심부($r=0\sim1$)가 주변부($r=2\sim11$)보다 약간 크나 전체적으로 $z=100$ 과 130

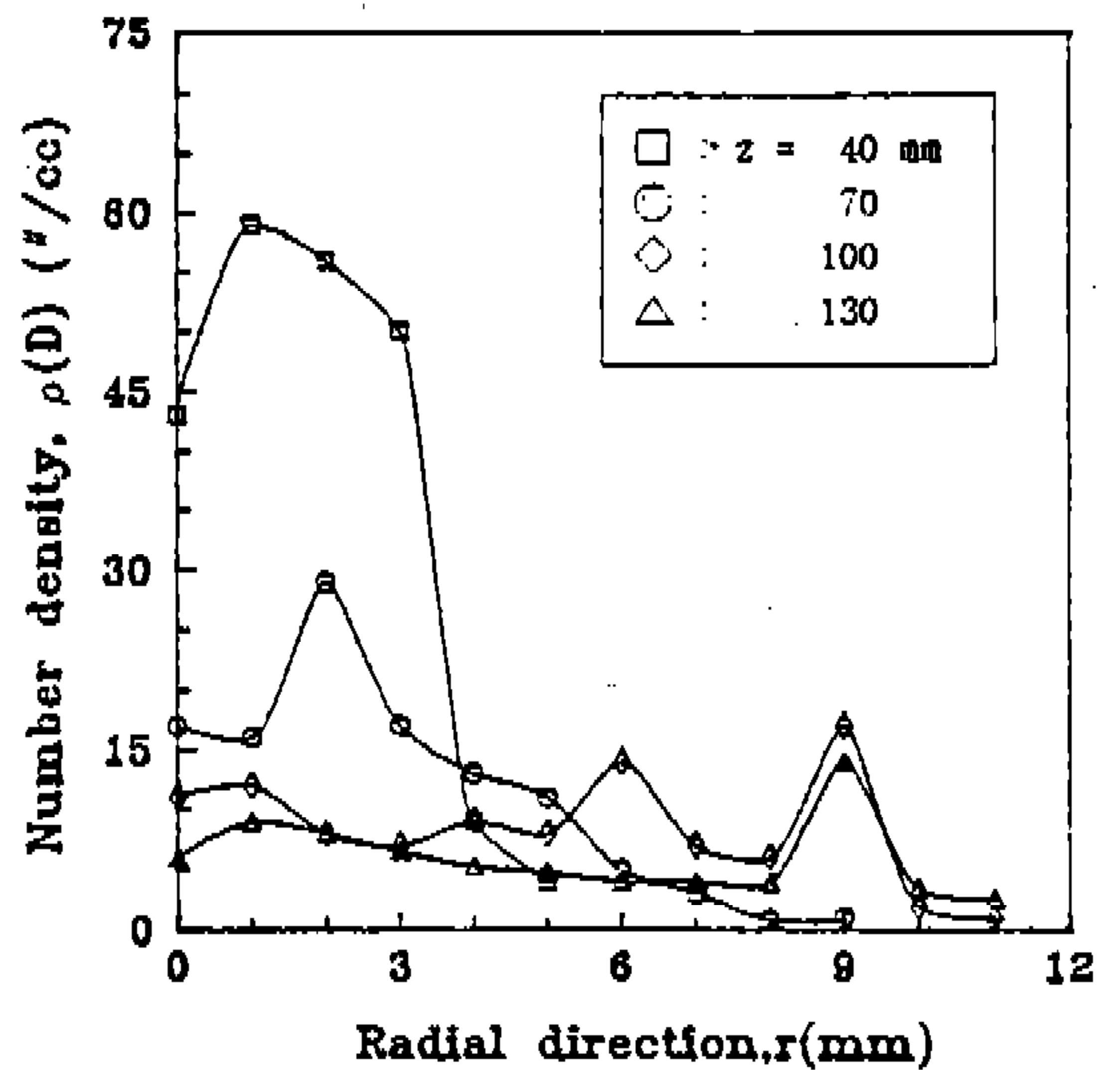


Fig.11 Number density distribution at distance z

mm의 수밀도 경향이 거의 비슷하다. 따라서 분사노즐에서 멀어질수록 반경방향 분무입자의 수밀도 분포는 점점 비슷하게 되어 공간상으로 균등하게 분포되어감을 볼 수 있다. 또, 분무상류에서 분무중심($r=0\text{mm}$)보다 중심근방의 수밀도가 높는데 이것은 액적의 속도벡터가 분무 반경방향으로 작용하기 때문이라 생각한다.

4.2 분사펌프회전수에 따른 경향

4.2.1 분무특성

분무특성을 분무도달거리와 분무각로 나타내었다. 분무도달거리는 솔리렌 사진에서 노즐끝단과 분사된 분무선단까지의 거리를 분무선단거리로 정의하고 분무각은 분무선 단도달거리의 1/2지점까지의 분무경계를 직선근사시켜 구하였다.

Fig.12는 대기압하에서 분사펌프 회전수가 600, 800, 1000rpm으로 변화할 때의 분무선단 도달거리에 미치는 영향을 보이고 있다. 분사펌프 회전수가 증가함에 따라 평균분사압력이 커져서 분사속도가 증가하게 되어 분무선단 도달거리가 커지고 있다.

Fig.13는 분사펌프 회전수가 분무각에 미치는 영향을 조사한 것이다. 분사펌프 회전수가 증가할수록 초기에는 약간 큰 값을 가지지만 분사개시 후 0.8~1.0ms 이후부터는 거의 변화가 없이 일

정하였다. 일반적으로 분사압력이 높을수록 분 위기와 분류의 상대속도가 크게 되므로 분무각이 증가하게 되어 미립화 상태가 양호해 진다.

4.2.2 액적의 크기와 속도의 상관관계

Fig.14는 분사펌프 회전수를 600, 800, 1000rpm 일때 $z=100\text{mm}$, $r=0, 3, 6, 9\text{mm}$ 의 측정위치에서 액적의 크기 D 와 축방향속도 U 의 상관관계를 보여주고 있다. 액적의 크기가 대부분 $100\mu\text{m}$ 이하로 분사펌프회전수의 증가가 액적의 크기에는 큰 영향을 미치지 못하고 있으나, 분무 중심부에서 액적크기의 분산도는 증가되어 있다. 분사 펌프 회전수가 클수록 분사압력상승을 수반하기 때문에 축방향의 속도가 약간 증가되어 있음을 알 수 있다.

4.2.3 평균입경

Fig.16은 분사펌프 회전수를 600, 800, 1000rpm 일때 $z=100\text{mm}$ 에서 수정전 Sauter 평균입경 D_{32} 와 수정 Sauter 평균입경 D_{32}^* 의 반경방향분포를

나타낸 것이다. 분사펌프 회전수의 증가에 따른 특별한 입도경향은 보이지 않고 있다. 분사펌프 회전수를 증가시키면 분사압력과 분사율이 동시에 증가하게 되어 분사압력의 증가는 미립화경 향으로, 분사율의 증가는 반미립화 경향으로 작용하는 복합적 요소가 작용하기 때문이라 생각 된다.

5. 결 론

정지분위기중에 간헐적으로 분사된 디젤분무 에 대해 Phase Doppler 원리에 기초한 PDA 장 치를 이용하여 분사기간동안에 측정위치를 통과 한 분무액적의 크기와 속도를 동시에 측정함으 로서, 측정위치와 분사펌프 회전수가 분무의 미 립화특성과 액적의 운동특성에 미치는 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 디젤분무의 입경은 본실험의 범위에서 분

Table 3 Injection Condition($d_n=0.505\text{mm}$, $P_o=10.0\text{MPa}$)

| Pump speed (Rpm) | Injection duration (ms) | Fuel amount (mg) | Average Inj. rate (g/s) | Average Inj. Pressure (MPa) |
|------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 600 | 4.2 | 77.9 | 17.0 | 33.0 |
| 800 | 3.6 | 78.1 | 19.8 | 37.2 |
| 1000 | 3.2 | 76.5 | 21.8 | 42.5 |

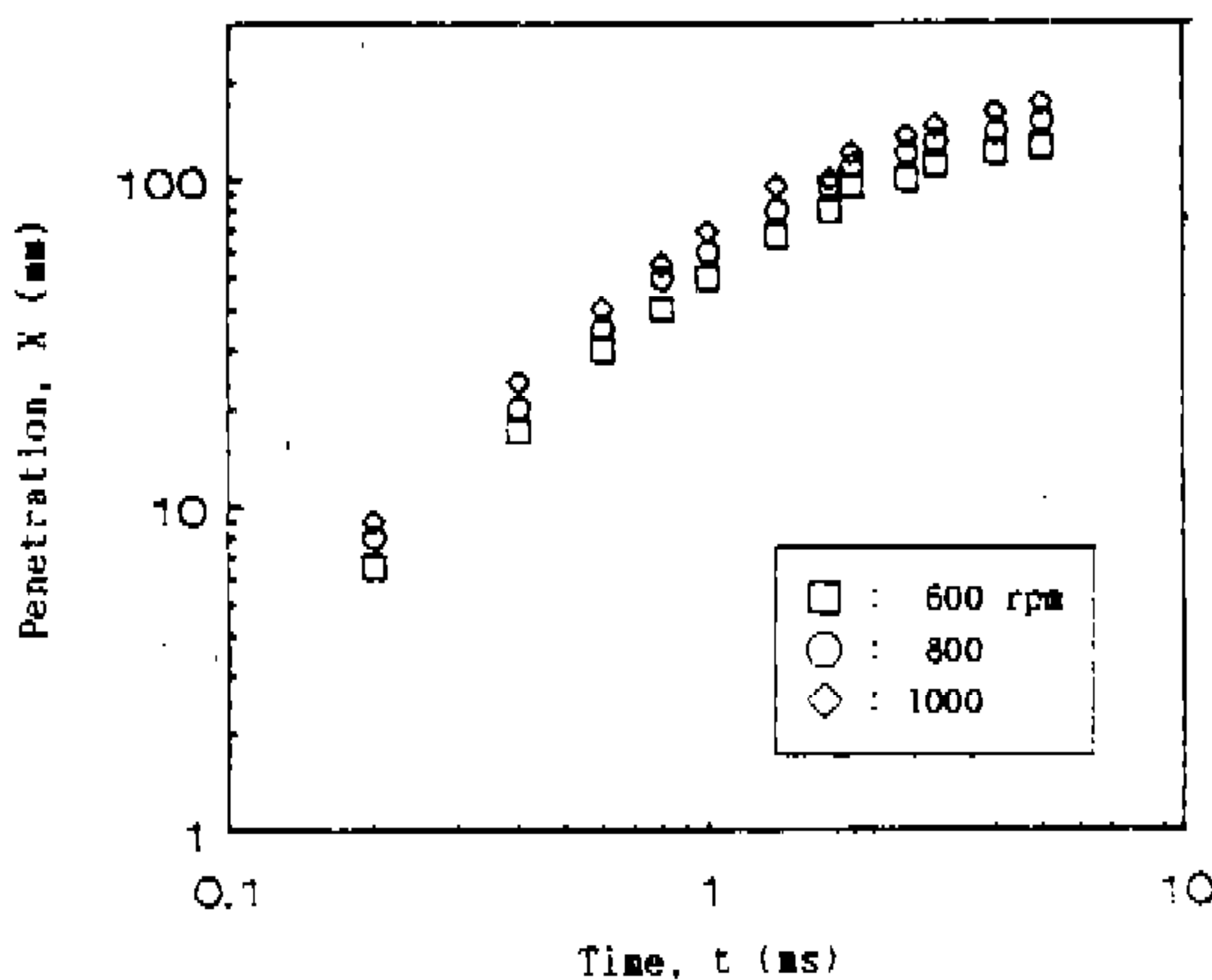


Fig.12 Relation between penetration and pump speed

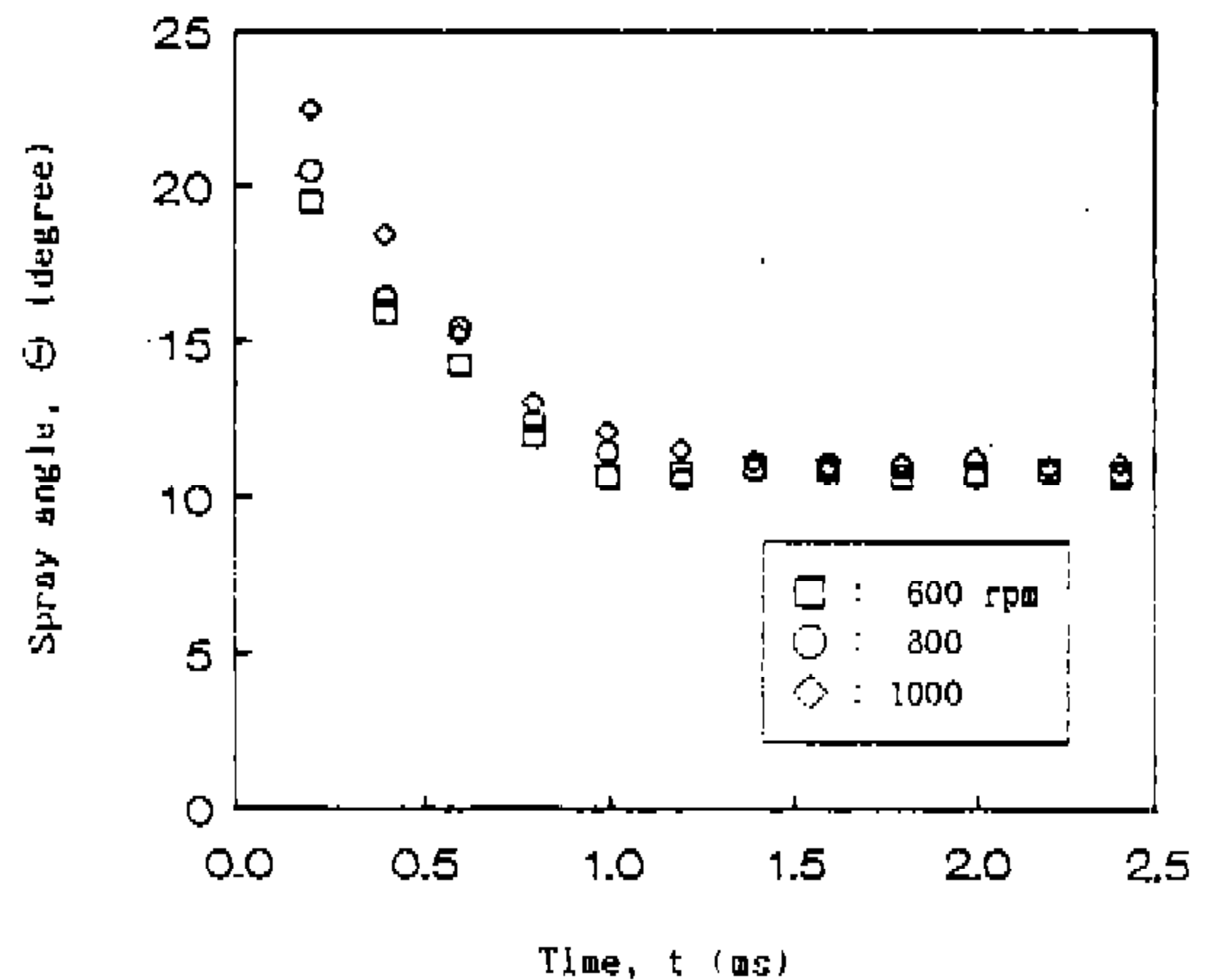


Fig.13 Relation between spray angle and pump speed

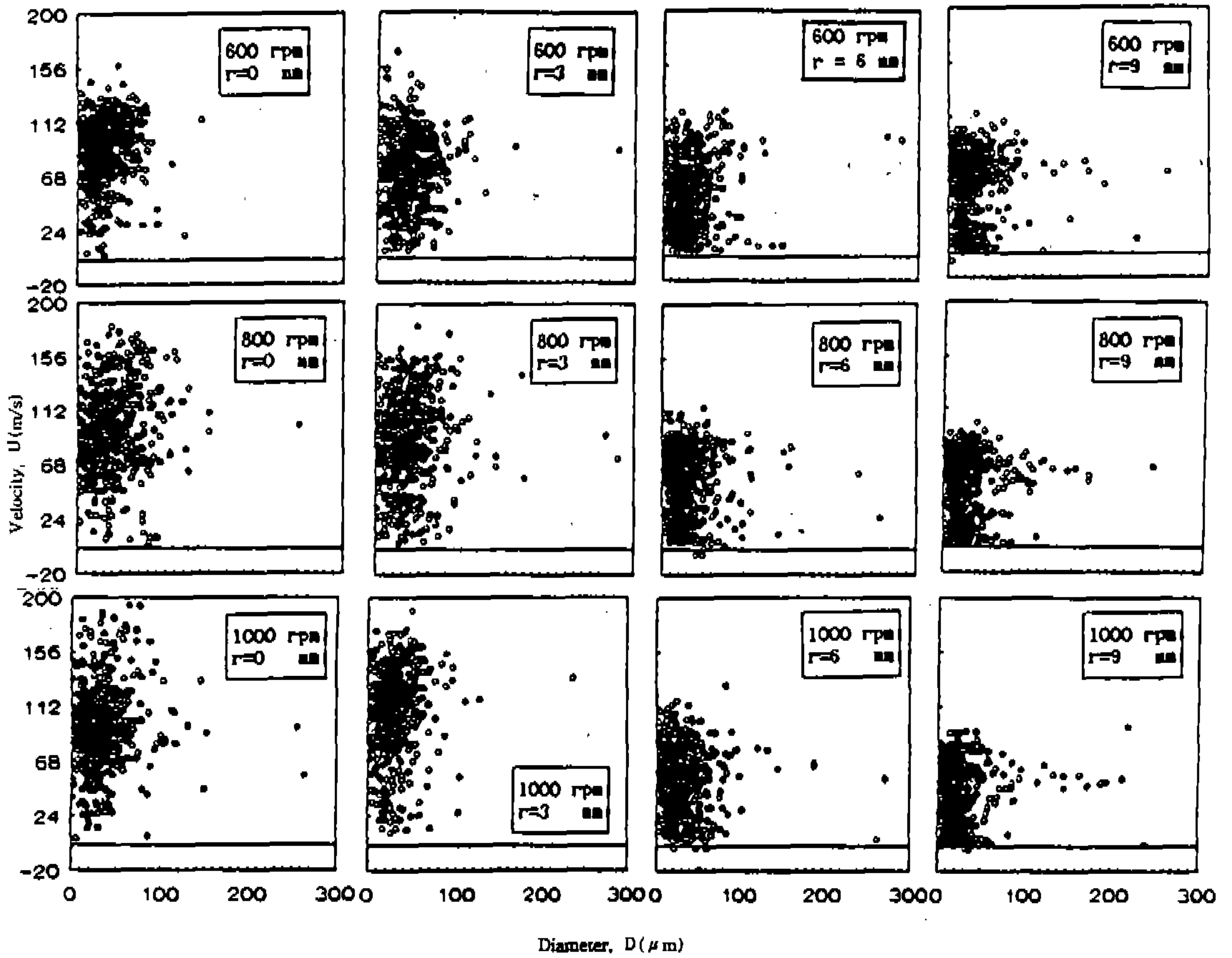


Fig.14 Droplet size and axial velocity correlation at various pump speed($z=100\text{mm}$)

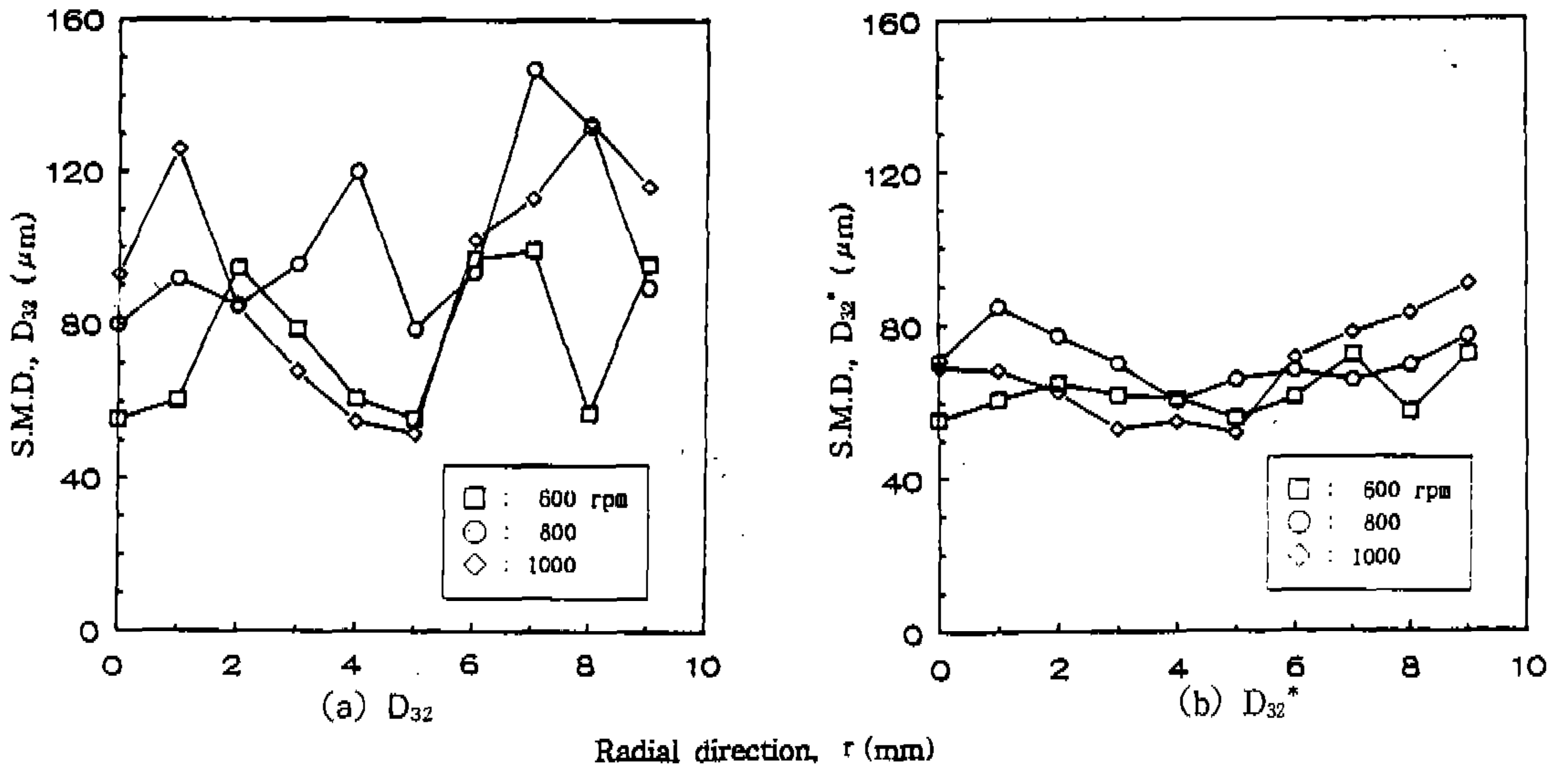


Fig.15 Distribution of S.M.D. at various pump speed

무전체에 걸쳐 100 μ m 이하가 대부분이다.

- 2) Sauter 평균입경의 분포는 분무 전영역에 걸쳐 어떤 경향을 보이지 않았고 수정 Sauter 평균입경은 거의 일정하다.
- 3) 분무 중심부를 지나는 액적이 주변부를 지나는 액적에 비해서 큰 속도를 가지고 있고 노즐출구에 가까울수록 액적의 평균속도는 크다.
- 4) 수밀도는 분무 중심부가 주변부보다 높고, 노즐출구에 가까울수록 수밀도는 현저히 증가한다.
- 5) 분사펌프 회전수의 증가에 따른 수정 Sauter 평균입경의 변화는 거의 없고 액적의 평균 속도는 분무중심부에서 증가한다.

참 고 문 헌

1. Varde, K.S. and Popa, D.M., "Diesel Fuel Spray Penetration at High Injection Pressures", SAE paper 830448, 1983.
2. Bower, G.R., Chang, S.K., and Corradini, M.L., "Physical Mechanisms for Atomization of a Jet Spray : A Comparison of Models and Experiments", SAE paper 881318, 1988.
3. Hiroyasu, H. and Arai, M., "Fuel Spray Penetration and Spray Angle in Diesel Engines", Trans. of JSAE, Vol 21, pp.5, 1980.
4. Hiroyasu, H., Kadota, T. and Tasaka, S., "Study on the Penetration of Diesel Spray", Trans. of JSME, No 44-385, pp.3208, 1978.
5. Hiroyasu, H. and Kadota, T., "Fuel Droplet Size Distribution in Diesel Combustion Chamber", SAE paper 740715, 1974.
6. Tanasawa, T. and Hiroyasu, H., "Measurement of Size Distribution of Sprayed Drops by Means of Molton Wax", Trans. of JSME, No 26-162, pp.224, 1969.
7. 竹内, 村山, 千田, 山田, "定壓容器内の ティーゼル噴霧の 粒度分布について, 日本機械學會文集, Vol.48, No.433, pp.1801-1810, 1982.
8. Azzopard, B.J., "Measurement of Drop Sizes", Journal of Heat & Mass Transfer, Vol.22, pp. 1245-1279, 1979.
9. Sangeorzan, B.P., and Uyehara, O.A. "Time-Resolved Drop Size Measurements in an Intermittent High-Pressure Fuel Spray", SAE paper 841361, 1984.
10. Fujimoto, H. and Sato, G., "Heat Release Model Based on Combustion Phenomena", COMODIA, pp.383-392, 1985.
11. Koo, J.Y. and Martin, J.K., "Ambient Gas Density Effects on Droplet Diameter and Velocity in a Transient Diesel Fuel Spray", COMODIA, pp.225-230, 1990.
12. Obokata, T., Hashimoto, T. and Takahashi, H., "LDA Analysis of Diesel Spray and Entrainment Air Flow", COMODIA, pp.231-236, 1990.