

<논 문> SAE NO. 96370034

# 전자유압식 분사계에 의한 초고압 디젤분무의 거동에 관한 연구

## Behaviour of Ultra-High Pressure Diesel Spray on Electronic Hydraulic Fuel Injection System

장 세 호\*, 김 준 효\*\*, 안 수 길\*\*\*  
S. H. Jang, J. H. Kim, S. K. Ahn

### ABSTRACT

Behaviour of ultra-high pressure diesel spray and its structure in a constant-volume pressure chamber were studied with injection pressure ranging from 35 to 110MPa. Sprays were observed by using the back illumination scattering method and righ angle scattering method. The spray process mechanism were investigated with both photographs. as a result, The spray angle and air entrainment angle was larger as injection pressure and back pressure increase. It becomes clear that mean air-fual ratio is increased by increasing the injection pressure.

주요기술용어 : Ultra-High Pressure Diesel Spray(초고압 디젤분무), Spray Structure(분무구조), Spray Tip Distance(분무선단도달거리), Spray Angle(분무각), Jet Angle of Spray(분사각), Back Illumination Photo(배경광 사진) Right Angle Photo(측면광 사진)

### 1. 서 론

디젤기관은 열효율과 신뢰성이 높을 뿐 아니라 사용되는 연료의 가격이 저렴하기 때문에 상용차, 선박 및 건설용의 원동기로서 많이 사용되고 있다. 그러나 유해배출가스인 Soot 및 NOx의 배출과 소음이 사회적 문제로 되어있다. 이러한 문제들은 주로 실린더내의 연소에 의해 일어나

로, 이들을 해결하기 위해서는 먼저 연소에 영향을 미치는 인자에 대해 연구할 필요가 있다.

디젤기관의 연소과정에 큰 영향을 미치는 인자는 혼합기의 형성과정이며, 이것은 연료 분사계의 특성과 흡기포트와 연소실형상에 따른 연소실내에서의 공기유동특성 및 연소실내에 분사되는 연료분무의 형태 등에 좌우된다. 이 중에서 디젤분무의 형태는 노즐 형상과 분사압력, 배압 및 분사유에 의해 크게 좌우되며, 이들은 분무의 분열길이, 분무입경분포, 분무각, 도달거리 등에 큰 영향을 미친다.

최근에는 NOx와 Soot의 배출을 저감시키면서

\* 정희원, 부산수대 대학원  
\*\* 정희원, 부산수산대학교 시간강사  
\*\*\* 정희원, 부산수산대학교 공과대학 제어기계공학과

연료소비율과 출력을 개선시키기 위해, 전자제어 연료분사장치에 의한 연료의 분사시기, 분사기간 및 분사압력을 제어하여, 종래의 보쉬식 연료분사장치의 문제점을 해결하려는 연구가 진행 중이다.<sup>(1)(2)</sup> 전자유압식 분사계에는 분사압력이 15~30MPa인 Bosch형 연료분사장치보다 수 배 높은 100MPa 이상의 초고압분사장치가 연구되고 있으며, 이러한 초고압분사에 의해 NOx의 저감 등 연소개선의 유효성이 확인되고 있다.<sup>(3)(4)</sup> 그러나 보쉬식 분사계를 이용한 분무특성의 연구는 많이 진행되어 왔지만, 전자유압식 분사계를 이용한 초고압분무의 특성을 연구한 예는 많지가 않다. 따라서 앞으로 초고압분사에 의한 연소개선을 도모하기 위해서는 초고압분사에 관한 분무 특성 등의 기초적인 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구에서는 전자유압식 분사장치를 제작하여 종래의 분사압력 영역에서부터 초고압 분사압력에 걸쳐서 연료를 정용용기내에 분사시킬때, 비증발 디젤분무의 거동에 대해서 조사했다.

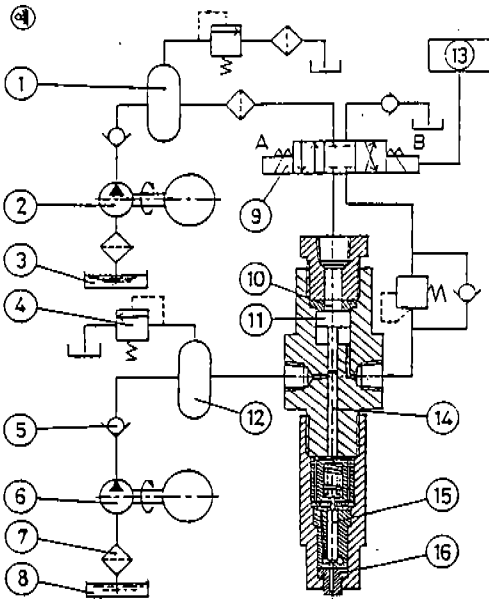
2. 실험장치 및 방법

Fig.1은 전자유압식 분사장치에 의한 분사계를 나타낸다.

분사계는 Hydraulic Line(①, ②, ③)과 Fuel Line(④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧)으로 구분되어 있으며, 유압 펌프, 연료 펌프, 어큐무레이터, 릴리프 밸브, 체크 밸브, 솔레노이드 밸브, 그리고 노즐 등으로 구성되어 있다.

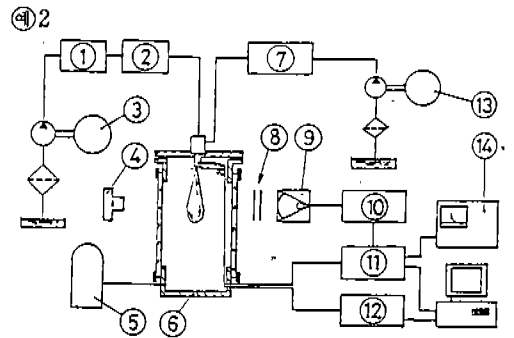
유압펌프의 용량은 3.5cc/rev, 정격사용압력은 25MPa이고, 솔레노이드 밸브의 최고사용압력은 17.5MPa이다. 그리고 노즐 플라저의 면적비는 12.8 : 1이다.

전자유압식 분사장치의 작동원리는 다음과 같다. 먼저 유압펌프로써 유압유를 압축시켜 어큐무레이터에 저장시킨 다음, Solenoid Valve Controller⑬에 의하여 4-Way 솔레노이드 밸브 ⑨의 "A"축 솔레노이드 밸브를 ON시키면, 어



- |                       |                               |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1. Oil accumulator    | 9. Solenoid valve             |
| 2. Hydraulic pump     | 10. Low pressure area         |
| 3. Hydraulic oil tank | 11. Plunger                   |
| 4. Relief valve       | 12. Fuel accumulator          |
| 5. Check valve        | 13. Solenoid valve controller |
| 6. Fuel pump          | 14. High pressure area        |
| 7. Filter             | 15. Needle valve              |
| 8. Fuel oil tank      | 16. Nozzle                    |

Fig.1 Schematic arrangement of high pressure injection equipment



- |                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| 1. Oil accumulator  | 8. Diffusion screen        |
| 2. Solenoid valve   | 9. Lamp                    |
| 3. Hydraulic pump   | 10. Stroboscope            |
| 4. Camera           | 11. 2ndary pulse generator |
| 5. Air tank         | 12. Strain gauge amplifier |
| 6. Pressure vessel  | 13. Fuel pump              |
| 7. Fuel accumulator | 14. Oscilloscope           |

Fig.2 Schematic diagram of experimental apparatus

큐레이트에 저장되어 있던 압축유압유에 의해 플랜저 ①는 하강되고, 이때 플랜저하부에 유입되어 있는 연료가 플랜저에 의해 압축되어, 압력은 급격히 상승하고, 개변압이상이면 노즐을 통하여 분사된다. 그리고 일정시간 경과 후 4-Way 솔레노이드 밸브의 "B"측 솔레노이드 밸브가 ON되면 플랜저 하부에 압축유압부가 유입되어 플랜저를 상승시킴으로써 1회의 분사는 종료된다.

Fig.2에 실험장치의 개략도를 나타낸다. 고압 정용용기는 가로 150mm×세로 150mm, 높이 300mm의 사각형으로 되어 있으며, 앞면과 배면 및 측면에 폭 50mm, 높이 250mm의 강화유리창을 설치하여 분무의 관측이 가능하도록 하였다. 정용용기내의 노즐중심과 평행하게 투명한 셀로판 눈금자를 설치하여 분무와 함께 촬영함으로써 분무 거동을 계측할 수 있도록 하였으며, 정용용기내의 벽면에서 빛이 반사되는 것을 방지하기 위하여 정용용기내의 벽면에 먹지를 부착하였다. 광원으로써 사용된 스토로보 램프의 발광시간은 2 μs이고, 필름은 Kodak Tri-X 400 흑백 필름을 사용하였다.

실험방법은 고압정용용기내에 전자유압식 분사장치에 의해 연료를 분사시킬 때, 노즐선단에 설치되어 있는 포토커플러에서 연료의 분사개시를 감지하여 2차 Pulse Generator를 동작시키고, 소정의 시간만큼 지연된 2차 Pulse Signal이 스토로보스코프를 작동시켜, 분사개시 후 소정의 시간만큼 지연된 시간대의 분무를 촬영할 수 있도록 하였다.

분무의 촬영에는 2가지 방법을 사용하였다. 첫 번째 방법은 스토로보 램프앞에 2장의 산란막을 설치하여 광을 다중 산란시키고, 램프의 맞은편에서 분무를 통과한 배경산란광을 촬영하였다. 그리고 두 번째 방법은 램프와 카메라를 90°로 설치하여, 스토로보 광에 의한 측면산란광을 이용한 촬영법이다. 촬영된 분무화상은 digital image processing system을 이용하여 도달거리, 분무체적 및 분사각 등을 측정하였다.

분사시 분사압력의 측정은 Needle Valve Seat 상부의 외측을 가공하고, 스트레인게이지를 부착

하여 측정을 했으며, 연료의 분사율은 Bosch법으로써 측정하였다. 분사압력과 분사율의 DATA는 각각 컴퓨터를 이용하여 0.05ms 간격으로 처리하였다.

실험에 사용한 분사노즐은  $\phi=0.25\text{mm}$ 인 단공노즐을 사용하였고, 분사압력은 35MPa, 70MPa, 110MPa로 조정하였으며, 고압정용용기내의 분위기 공기압력은 1.0MPa, 1.5MPa, 2.0MPa로 변화시켰다. 이때의 주위공기밀도와 연료액체의 밀도비( $\rho_a/\rho_l$ )는 각각  $1.388 \times 10^{-2}$ ,  $2.08 \times 10^{-2}$ ,  $2.78 \times 10^{-2}$ 이다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Fig.3에 전자유압식 분사장치에 의해 분사되는 분무의 분사압력을 나타낸다. 분사량은 분사압력에 관계없이 65mg으로 일정하게 하였으며, 본 장치를 이용해서 얻어지는 분사압력의 압력상승은 거의 직선적으로 나타나고 있다. 분사압력은 35MPa, 70MPa, 110MPa이며, 분사압력이 높을수록 압력상승율이 높으며, 분사시간은 짧았

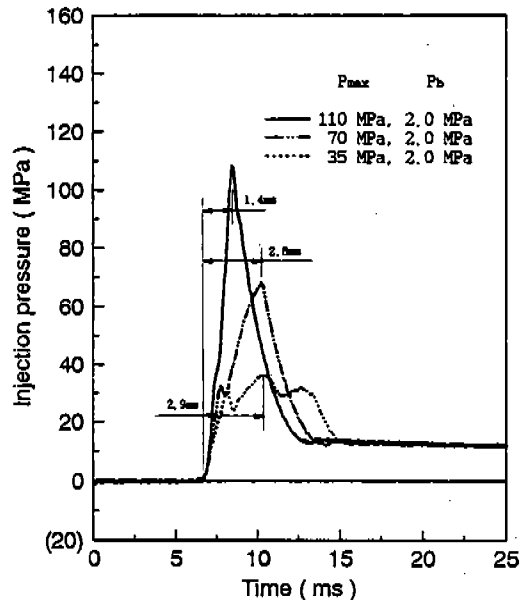


Fig.3 Injection pressure

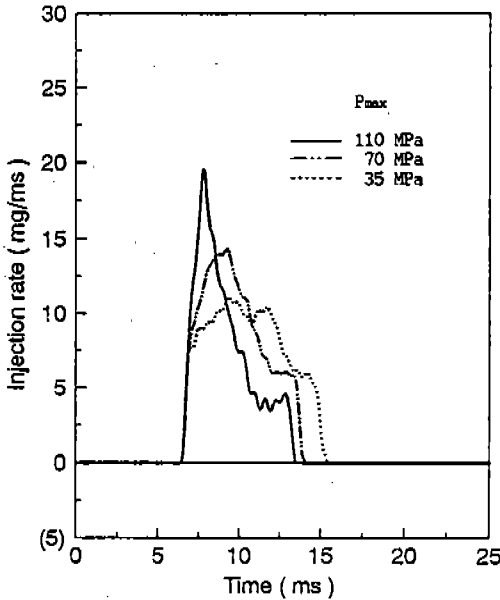


Fig.4 Injection rate

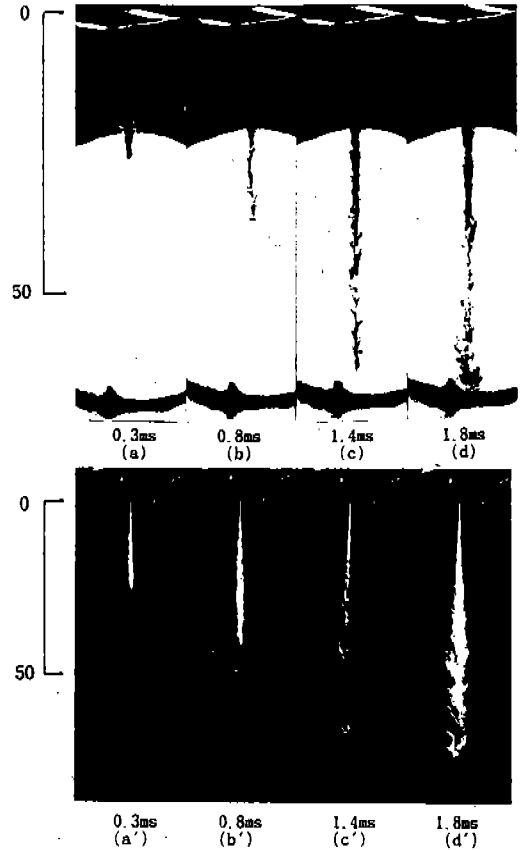
다. 한편 Fig.4는 분사압력 변화에 따른 분사율을 나타낸 것으로, 분사압력이 35, 70, 110MPa 일때의 최고분사율 시점은 분사개시후 각각 2.9ms, 2.8ms, 1.4ms로서 분사압력이 높을수록 최고분사율에 도달하는 시간은 빨랐으며, 초기 분사량은 많아졌다.

3.1 분무의 가시화

Photo.1은 종래의 보쉬식 연료분사계를 이용하여 분사압력이 20MPa이고 분위기압력이 2.0MPa일때의 일반적인 디젤분무를 2가지 촬영 기법으로 촬영한 분무사진의 한 예이다.

(a)-(d)는 배경광에 의한 분무를 확대 촬영한 사진이고, (a')-(d')는 측면 광원에 의한 분무의 산란광에 의해 촬영된 사진이다.

먼저 2가지 촬영기법을 비교해보면, 배경광으로써 촬영한 분무사진에서는, 아주 작은 입자로 미립화된 액적들은 광의 산란, 흡수, 반사 및 광간섭 등에 의해서 잘 나타나지 않고, 다만 미립화되기전의 액주와 비교적 입자의 직경이 큰 액적군들이 사진에 나타나고 있다. 반면에 측면광에 의한 사진에서는 분무의 외피부분의 미립화된 작은 액적들의 산란광에 의한 분무사진이 선명하



(a) -(d) : Back-illumination photo  
 (a')-(d') : Right angle-illumination photo  
 Photo.1 Photographs of spray( $p_{max}$  : 20MPa,  $P_b$  : 2MPa)

게 나타나 있으므로 분무의 윤곽을 보다 선명하게 관찰 할 수 있다. 따라서 분무의 거시적 관찰 즉 분무의 분사각, 분무각, 분무선단도달거리, 분무체적 및 공기과잉율 등을 조사하는데 있어서는 측면광에 의한 분무의 관찰이 유효하고, 분무 분열시의 내부구조를 이해하는데 있어서는 배경광에 의한 방법이 더 적절하다고 판단된다.

한편, 이들의 사진에 의해 시간경과에 따른 분무특성을 살펴보면,

(1) 분사초기의 분무는 (a) 및 (a')에 나타난 바와 같이 모양이 서로 거의 유사한 형태를 갖는 것으로 보아, 아직 분열은 일어나지 않았으며, 분무의 외형은 매끈하게 나타나 있다.

(2) 분무의 성장 단계에서는 (b)에 나타난 바와 같이 노즐선단에서부터 안정된 듯이 곧은 액주 부분이 존재하고, 이어서 일부분이 분열되어 가늘어진 액주가 불안정해지면 흔들리는 부분이 나타나며, 액주선단에서는 액주가 휘날리며 미립화되는 부분이 관찰된다. 이러한 현상은 분무가 성장하면서 연료와 주위 공기와의 공기역학적 상호작용에 의하여 미립화가 일어남으로써 액주가 가늘게 되어 불안정하게 되고, 미립화는 촉진된다고 생각된다. 그러나 (b')에서는 분무의 외피에 미립화된 작은 액적들까지 촬영되어 분무의 외피까지 매끈하게 관찰되며, 분무선단은 분사초기(a')와 동일하게 마치 창과 같이 뾰족한 형상을 하고 있다.

(3) 분무가 성장한 단계인 (c)에서는 분무내부까지 공기역학적상호작용이 작용하여 분무중심부로 공기가 유입되는 현상을 관찰 할 수 있고, 액주부는 마치 가시가 가지런히 돋은 가시나무형상을 하고 있다. 그러나 그림 (c')에서는 그림 (b')에서와 같이 분무외피 및 선단에서의 미

립화 액적들에 의해 분무의 윤곽이 확실하며, 이 윤곽이 반경방향으로 흩어져 나가는 것을 관찰할 수 있다. 이는 공기의 도입에 의한 분무체적의 증가에 의한 것이라 생각된다.

(4) 다음은 미립화가 활발히 일어나는 단계로써 (d)에 나타난 바와 같이 분무액주 선단부가 와해되면서 좌우로 휘날린다. 이는 분무선단에서 미립화가 활발히 일어나 액적의 크기가 매우 작아지므로 액적은 관통력을 잃게되어 분무선단은 와해되면서 분무중심축의 반경방향과 분무흐름의 역방향으로 휘날리게 된다고 생각된다. 따라서 분무의 체적은 더욱 증가하고, 상대적으로 분무의 농도분포는 균일해 지리라 예측된다. 한편 분무중심부에는 공기의 유입이 활발해져 가시와 같은 형상들의 길이가 더욱 길어지고 복잡해지며 끝부분이 휘날리면서 큰 액적군들이 떨어져 나가고, 큰 액적군들은 더욱 미립화되어 작은 액적으로 소멸해가는 모습을 관찰할 수 있다. 그리고 분무형상(d')는 (c')와 비슷하지만, 분무의 체적은 더욱 커짐을 알 수 있다.

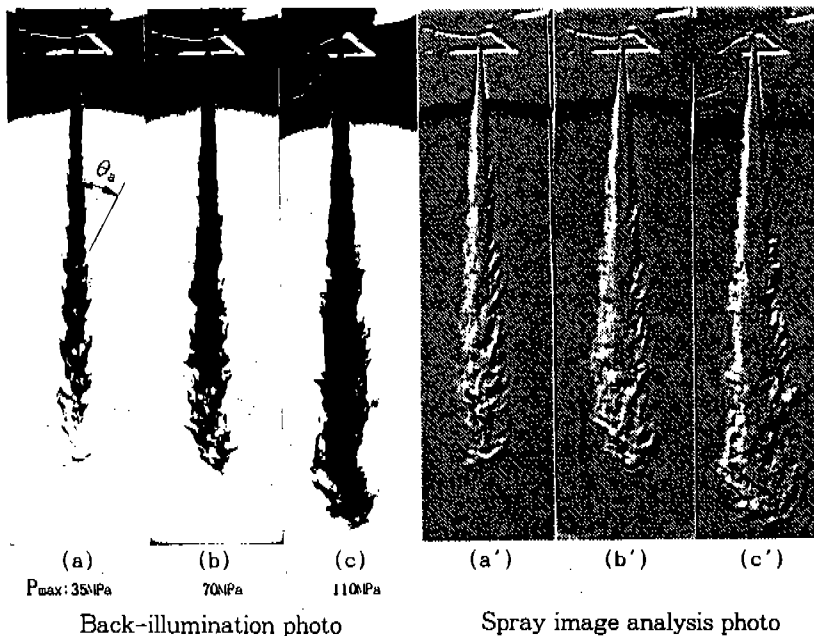


Photo.2 Photographs of spray according to injection pressure and its image analysis images at 1.2ms after injection

Photo.2는 전자유압식 분사계에 의한 분무의 배경광 사진으로서, (a), (b), (c)는 분사압력이 각각 35, 70, 110MPa이고 분위기압력이 2.0MPa인 경우의 분사개시후 1.2ms 일때의 분무를 촬영한 사진이고, (a'), (b'), (c')는 (a), (b), (c)를 화상해석장치를 이용하여 600ppi (pixel per inch)로써 256단계의 회색 음영 (Grayscale)으로 컴퓨터에 입력시키고, 회색 음영을 다시 8단계로 나누어서 엠보싱 형태로 나타낸 것이다.

분무사진에 의하면, 분사압력이 35MPa일때는 분무내의 가시와 같은 가지런한 형상들이 보쉬식 분사계에 의한 저압분사의 분무형태와 비슷하나 분사압력이 높을 수록 불규칙적이고 서로 엉킨 형상을 하고 있다.

이들을 image processing한 (a'), (b'), (c')에 있어서 불룩한 부분이 상대적으로 당량비가 높은 곳, 즉 연료가 농후한 것을 나타내고, 오목한 부분은 연료가 희박한 부분을 나타낸다. 분사압력이 낮은 (a')에 있어서 분무중심부에 불룩한 부분이 집중되어 있으므로 연료농도가 매우 짙게 나타나는 반면에 초고압으로 분사된 (c')

에서는 연료농도 분포가 균일함을 알 수 있다. 따라서 연료를 초고압으로 분사시키면 분무의 미립화가 활발하여 분무전체의 농도가 균일해지고, 분무내의 공기과잉율은 높아진다고 생각된다.

3.2 분무선단도달거리 및 분사각, 분무각

Fig.5와 Fig.6은 분사압력과 배압을 변화시켰을 때의 분무선단도달거리를 각각 나타낸 것이다. 분사개시 직후에는 그 기울기가 매우 크며, 점차 완만해 짐을 알 수 있다. 분무선단 도달거리는 분사압력이 높을 수록, 배압이 낮을 수록 증가하였다. 이는 분사압력이 높을 수록 노즐에서의 분출속도가 증가하기 때문에 분무선단도달거리는 증가하고, 또한 배압이 낮을 수록 분위기공기의 밀도가 낮기 때문에 분무성장방향의 반대방향으로의 공기저항이 작아서 분무선단도달거리는 증가한다고 생각된다.

Fig.7은 배압이 일정한 경우 분사압력의 변화에 따른 분무각과 분사각을 시간 경과에 따라 나타낸 것이다. 여기서 분사각은 노즐에서 분출되는 제트의 접선이 서로 이루는 각을 나타내고, 난류화산부의 접선이 서로 이루는 각을 분무각으

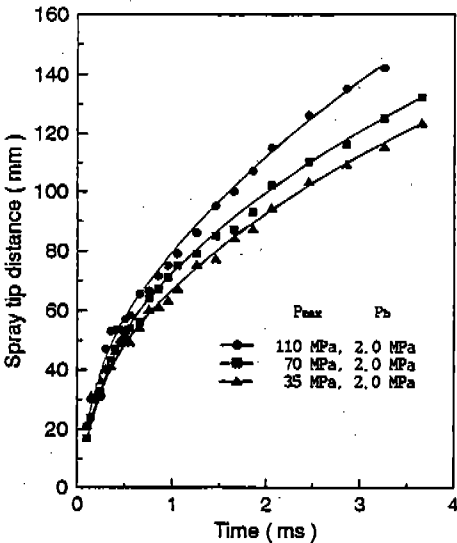


Fig.5 Effect of injection pressure on spray tip distance

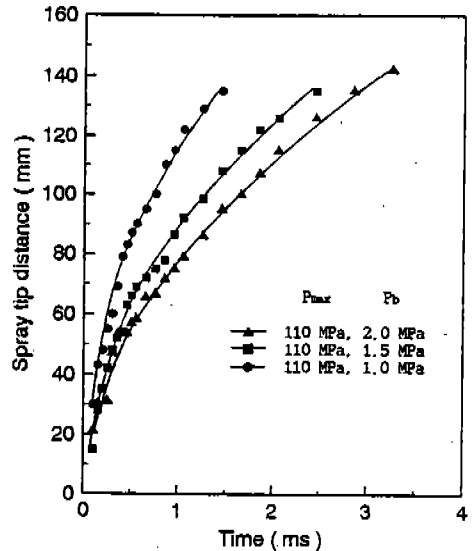


Fig.6 Effect of back pressure on spray tip distance

로 각각 정의하였다. Fig.7에 의하면 분무각은 분사초기부터 점차 증가하다가 어느 시점에 최대 분무각을 갖고, 약간 감소하여 일정하게 유지되는 경향을 나타내고, 분사압력이 높을 수록 증가함을 알 수 있다. 이는 분사압력이 높을 수록 분무의 운동량이 커져서 주위기체와의 마찰에 의하여 분무의 미립화가 촉진되어 분무각이 증가된다고 생각된다.

한편 분사각은 분사압력이 높을 수록 약간 크게 나타나고, 분사압력이 일정일 경우는 분사 초기에는 약간 크게 나타나고 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

Fig.8은 배압이 일정한 경우 분사압력의 변화에 따른 평균분무각과 평균분사각을 나타낸 것으로 평균분사각은 분사압력이 증가함에 따라 완만히 증가하는 반면, 평균분무각은 현저히 증가함을 알 수 있다. 그리고 Fig.9는 분사압력이 110MPa과 35MPa의 경우 배압의 변화에 따른 평균분무각과 평균분사각을 나타낸 것으로 Fig.8과 비교할때 분무각과 분사각은 배압의 영향을 크게 받음을 알 수 있으며, 분무각이 분사각보다 배압의 영향을 많이 받아 분무각은 배압의 증가

만큼 증가하여 분사각의 약 2배가 됨을 알 수 있다. Fig.8, 9의 DATA를 압력과 밀도에 대해서 무차원화하여, 분사각과 분무각의 실험식을 구하

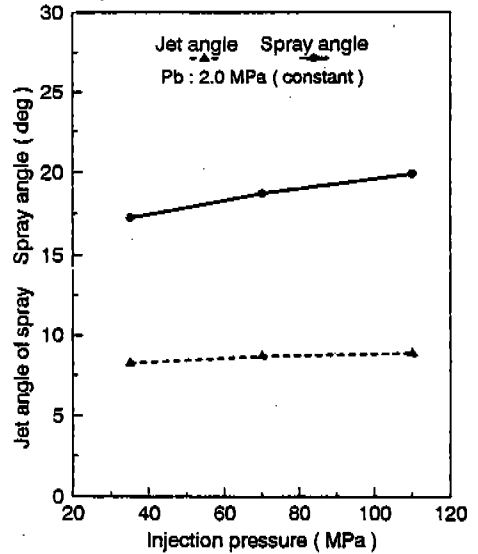


Fig.8 Effect of injection pressure on mean spray angle and mean jet angle of spray

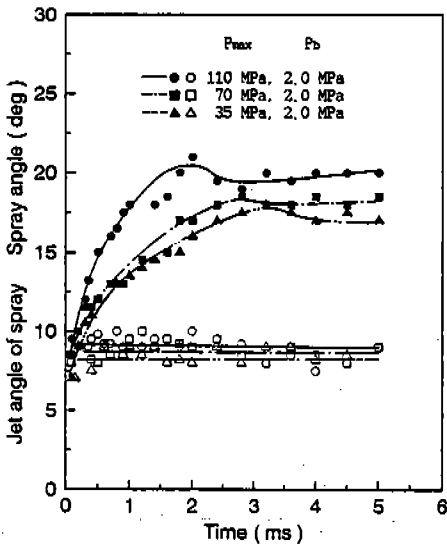


Fig.7 Variation of spray angle and jet angle according to injection pressure

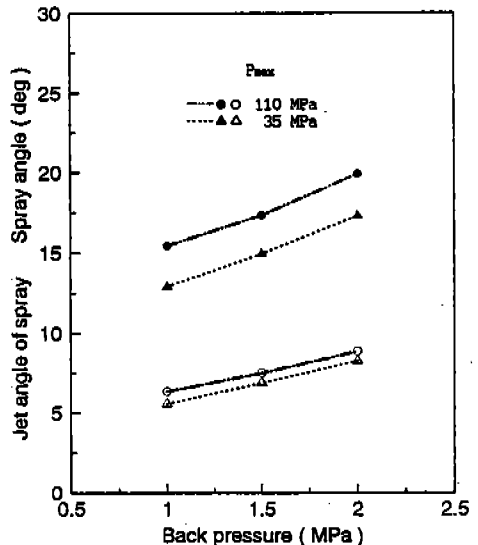


Fig.9 Effect of back pressure on mean spray angle and mean jet angle of spray

면 각각 다음과 같다.

$$\tan\left(\frac{\theta_j}{2}\right) = 0.519 \left(\frac{P_i}{P_b}\right)^{0.032} \cdot \left(\frac{\rho_a}{\rho_f}\right)^{0.238} \quad (1)$$

$$\tan\left(\frac{\theta_s}{2}\right) = 0.266 \left(\frac{P_i}{P_b}\right)^{0.055} \cdot \left(\frac{\rho_a}{\rho_f}\right)^{0.182} \quad (2)$$

(여기서,  $\theta_j$ 는 분사각,  $\theta_s$ 는 분무각,  $P$ 는 분사압력,  $P_b$ 는 배압을 나타낸다.)

식 (1), (2)에서 압력비( $P_i/P_b$ )의 지수와 밀도비( $\rho_a/\rho_f$ )의 지수를 서로 비교해보면, 밀도비( $\rho_a/\rho_f$ )의 지수가 큼을 알 수 있다. 따라서 분사각( $\theta_j$ )과 분무각( $\theta_s$ )은 분사압력보다 연료와 주위 기체와의 밀도비에 더 의존성이 있음을 알 수 있다.

### 3.3 분무체적 및 공기과잉률

Fig.10은 배압이 일정한 경우 분사압력의 변화에 따른 분무체적을 나타낸 것으로써 분사압력이 높을 수록 분무체적은 커지고, 분사압력이 110MPa에서는 급격히 증가함을 알 수 있다. 그

리고 분사개시후 같은 시간대에서 35MPa로 분사된 분무체적과 110MPa로 분사된 분무의 체적을 비교하면, 그 비율이 110MPa일때가 35MPa일때보다 분사초기에서부터 점차적으로 커지다가 약 1ms이후부터는 2.35배로 일정하게 유지되었다. 따라서 초고압분사로 인하여 분무의 미립화가 급격히 일어나고, 분무내로의 공기유입이 활발해져서 분무의 체적이 급격히 증대됨을 알 수 있다.

Fig.11은 배압이 일정한 경우 분사압력의 변화에 따른 분사량에 대한 분무체적을 나타낸다. 단, 여기서 분사량은 분사울곡선에서 구한 값이다. 분사된 연료량이 같을때, 분사압력이 높을 수록 분무체적이 커짐을 알 수 있고, 특히 110MPa로 분사된 분무의 체적은 크게 증가하여 35MPa로 분사했을때 보다 약 1.35배로 증대하였다. 따라서 같은 연료량을 초고압으로 분사시키면, 분무의 체적이 증가하며, 공기과잉율은 커짐을 알 수 있다.

Fig.12는 분사압력의 변화에 따른 분무내로 유입된 공기량( $M_a$ )과 그 때까지 분사된 연료량( $M_f$ )과의 비( $M_a/M_f$ ) 즉 분무의 평균공연비를

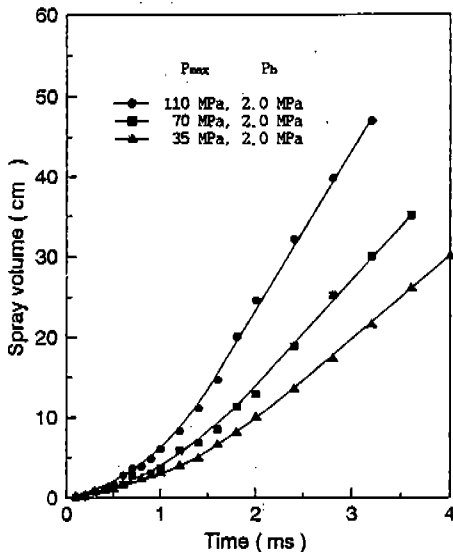


Fig.10 Effect of injection pressure on spray volume

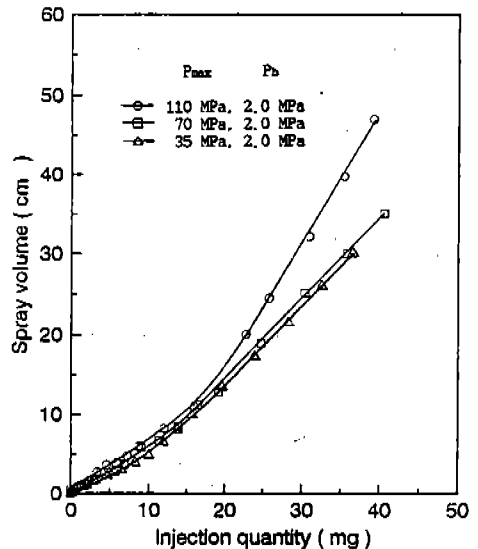


Fig.11 Effect of injection pressure on spray volume according to injection quantity



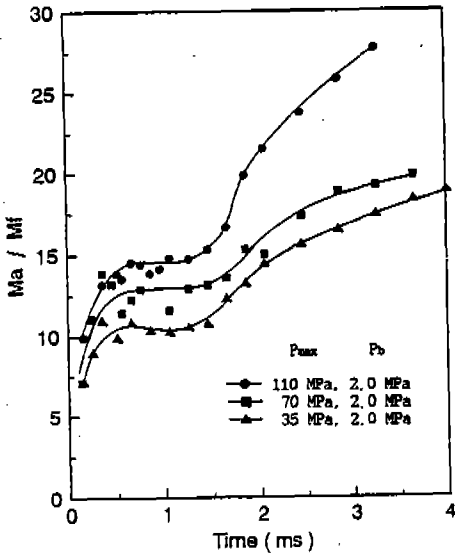


Fig.12 Effect of injection pressure on  $M_a/M_f$

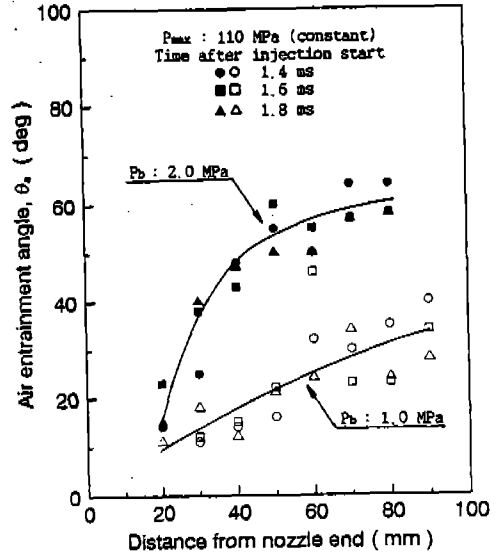


Fig.14 Air entrainment angle according to distance from nozzle end

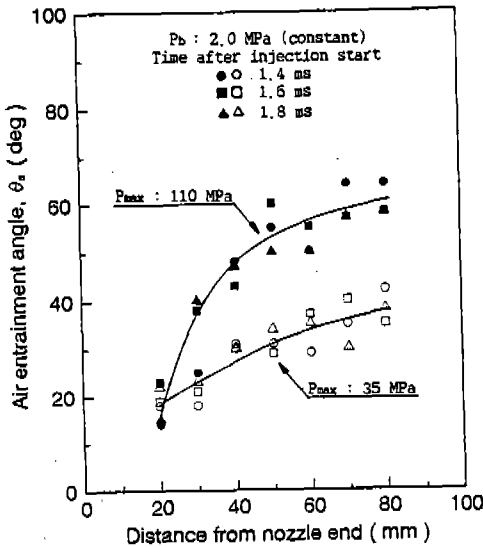


Fig.13 Air entrainment angle according to distance from nozzle end

나타낸다. 분사초기에는 분사압력에 관계없이 급격히 증가하다가 일정하게 유지된 후, 약 1.7ms 부터 다시 급격히 증가하고 있다. 여기서 1ms 전 후에서 평균공연비가 일정하게 나타나는 것은 분사울곡선에서 초기분사율이 높기 때문이라 생각

된다. 그리고 분사압력이 높을 수록 분사 전기간에 걸쳐 분무의 평균공연비는 크게 나타나고 있다. 따라서 연료를 초고압으로 분사시키면 연료의 혼합기 형성이 향상됨을 알 수 있다.

### 3.4 분무의 공기유입각

Fig.13과 Fig.14는 분사압력을 110MPa과 35MPa, 배압을 2.0MPa과 1.0MPa로 각각 변화시켰을때, 분사개시후 1.4, 1.6, 1.8ms일때의 배경산란광 분무사진으로부터 노즐 끝에서 10mm 간격으로 분무내로 유입되는 공기의 유입각을 측정 한 것이다. 여기서 공기유입각은 분무의 가시형상 사이의 틈새가 분무축방향과 이루는 각을 공기유입각으로 정의하였다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 배압에 관계없이 노즐 끝에서 멀어질수록 공기유입각은 점차 커지는 경향을 나타내었다. J.Y.Ha 등<sup>(5)</sup>에 의한 분무주위기체의 유동분포의 계측에 의하면, 노즐선단부에서 주위기체의 유입유동속도가 크고, 노즐선단부에서 멀어질수록 유입속도가 점차 작아지며, 분무선단부에서는 유입속도 방향이 반전하고 있음을 확인하였다. 따라서 노즐선단에서의 분출속도는 큰 반면, 분무선단부로 갈수록 분무속도가 떨어지기 때문

에 분무선단으로 갈수록 분무주위공기의 유입속도는 점차 작아지고 유입각은 커진다고 생각된다. Fig.13, 14에서 분사압력과 배압이 높을수록 공기유입각은 전반적으로 커지는 경향을 나타내었다. 여기서 배압은 일정하고 분사압력이 높으면 연료의 분출속도는 커지고, 주위공기와의 상대속도도 커지므로 분무진행에 대한 공기의 저항이 커지기 때문에 분무반경방향으로의 운동량은 저압분사시보다 상대적으로 커지게 된다. 또한 분무와 분위기공기와의 상대속도의 증가로 분무와 분위기공기와의 공기역학적상호작용에 의하여 분무의 미립화가 더욱 촉진되고, 공기유입각은 커진다고 생각된다.

한편, 분사압력은 일정하고 배압이 높으면 분위기공기의 밀도가 높기 때문에 분무진행에 대한 분위기공기의 저항은 증가하게 되고, 따라서 분무축방향의 운동량은 감소하는 반면에, 분무의 반경방향으로의 운동량은 오히려 증가하게 되어 공기유입각은 상대적으로 커진다고 생각된다.

#### 4. 결 론

전자유압식 분사장치를 제작하여 연료를 고압 분사시킬때, 배경광과 측면광에 의한 촬영으로 분무의 구조와 거동을 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 분무선단도달거리, 분무각, 분사각, 분무체적 등, 분무의 거동을 조사하는데는 측면광에 의한 관찰이 더 정확하다고 생각된다.
- 2) 분무선단도달거리는 분사압력이 높을수록, 배압이 낮을수록 현저히 증가하였다.
- 3) 분무각과 분사각은 분사압력과 배압이 높을수록 증가하였으며, 그 증가율은 배압

이 높을수록 현저히 증가하였다.

- 4) 분무체적은 분사압력이 높을수록 현저히 증가하였다.
- 5) 분무내로 유입되는 공기유입각은 노즐끝에서 멀어질수록, 분사압력과 배압이 높을수록 커졌다.

#### 후 기

본 연구는 한국학술진흥재단의 1994년도 학술연구조성비에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. L. A. Reams, T. A. Wiemero, "Capabilities of Diesel Electronic Fuel Control", SAE Paper 820449, 1982.
2. R. Racine, M. Miettaux, "Application of a High Flexible Electronic Injection System to a Heavy Duty Diesel Engine", SAE Paper 910184, 1991.
3. Shinji Kobayashi, "NOx Reduction from Diesel Combustion Using Pilot Injection with High Pressure Fuel Injection", SAE Paper 920461, 1992.
4. Haruyuki Yokota, "Fast Burning and Reduced Soot Formation via Ultra-High Pressure Diesel Fuel Injection", SAE Paper 910225, 1991.
5. J. Y. Ha, H. Tanabe, G. T. Sato., et al., "Similarity law of Entrainment into Diesel Spray and Steady Spray", SAE Paper 900447, 1990.