

碩士學位論文

분사초기 디젤분무의 미립화특성

濟州大學校 大學院



梁 相 基

2003年 12月

분사초기 디젤분무의 미립화특성

指導教授 許 鐘 哲

梁 相 基

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.



梁相基의 工學碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長	인
委 員	인
委 員	인

濟州大學校 大學院

2003年 12月

Atomization Characteristics of Diesel Spray in Initial Stage of Injection

Sang-Gi Yang

(Supervised by professor Jong-Chul Huh)



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

December 2003

목 차

SUMMARY	i
I. 서 론	1
II. 실험장치 및 방법	5
2-1. 실험장치	5
2-2. 실험 방법 및 조건	10
III. 실험결과 및 고찰	15
3-1. 분위기압력이 분무선단도달거리에 미치는 영향	15
3-2. 노즐형상비가 분무선단속도에 미치는 영향	18
3-3. 디젤분무 초기의 미립화과정 관찰	21
3-4. 디젤분무 초기의 분무원추각	24
VI. 결 론	29
V. 참고문헌	30

summary

The experimental investigation carried out to reveal the atomization process of the diesel spray. The spray injected through a single hole nozzle was taken by a camera on the opposite side of the stroboscope for macroscopic observation or nanolite for microscopic observation. The effect of nozzle aspect ratio was analyzed with disintegration phenomena of the diesel spray. Based on the enlarged spray photograph, atomization process as well as spray cone angle was observed in detail. In order to clarify atomization characteristics of diesel spray in early stage of injection, the spray photograph for penetration behavior and the enlarged photograph of initial spray were taken using stroboscope light or nanolite. The spray tip velocity was calculated, and atomization process of initial spray was observed in detail. The results are as follows.

1. The spray injected through the nozzle of $L/D = 3.33$ disintegrates earlier than that of $L/D = 2.22$.
2. The diesel spray in initial stage of injection is rarely atomized around nozzle tip region and spray head region, but mainly atomized in spray periphery region.
3. The spray cone angle is nearly constant under the pressurized condition, while it is decreased with elapsing time under the atmospheric condition.

I. 서 론

디젤기관은 커먼 레일 분사펌프(common rail injection pump)가 개발되고 실제 기관에 적용됨에 따라 디젤기관에서 배출되는 유해가스는 보다 더 감소되고, 저소음으로 정속한 운전이 가능해졌다. 하지만 질소산화물(NO_x)과 입자상 물질 같은 유해가스 배출의 문제는 아직도 남아있다.

디젤기관으로부터 배출되는 질소산화물을 포함하는 배기가스의 배출량은 운전조건에 따라 달라지며 공회전 할 때, 감속 할 때에 가솔린 기관의 약 2배가 배출된다. 세계적으로 배기가스에 대한 규제가 강화되고 있는 추세에 비추어 볼 때, 디젤기관에서의 배기가스 저감기술을 개발하는 것은 매우 시급한 당면 과제가 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 기관 내에서 연소에 영향을 미치는 인자들을 연구할 필요성이 있으며, 연료 분사장치의 특성, 흡기 포트와 연소실 형상에 따른 연소실 내에서의 공기유동 특성 및 연소실 내에 분사되는 연료분무의 형태 등이 연소특성에 영향을 미친다.

디젤분무의 형태는 노즐형상과 분사압력 및 분위기압력에 의해 크게 좌우되며, 또한 이들은 디젤분무 연소에 영향을 미치는 많은 변수, 즉 분무의 분열길이, 분무 입경 분포, 분무각 및 분무선단도달거리 등에 큰 영향을 미친다. 따라서 디젤분무 형태를 최적화시킴으로써 연소효율을 향상시키고 배기가스를 저감시킬 수 있다(명,1995).

단공노즐을 채용하는 디젤기관에 있어서 고압의 연료는 미세한 오리피스를 통과하여 연소실에 분사되는 순간에 압축에너지가 운동에너지로 변환됨으로써 미세한 액적을 생성시키고 이는 공기와의 접촉면적을 증가

시킨다. 또 이렇게 분사된 연료가 공기와 혼합하여 자연발화가 시작되기까지는 분사 후 약 1ms의 시간이 걸린다. 이 경우 연료 분무는 적당한 관통도와 미립화된 입자를 가져야만 연소실내에서 공기와 골고루 혼합되어 양호한 혼합기를 형성하게 된다. 그러나 분사 직후 분무는 미분열 액주의 상태이며, 또한 시간이 경과함에 따라서 액주가 분열하여 미립화되는 복잡한 과정을 거치기 때문에 양호한 연료분무를 얻는 것은 아토마이저(atomizer) 설계의 핵심과제이다.

그러므로 디젤기관 연소실내에서 보다 효율적인 연소를 이루기 위해서는 착화지연 기간동안 분무의 분열 및 발달 과정을 명확히 구명하고 해석하는 것은 매우 중요하며, 그 분무의 발달과정과 생성된 액적의 크기 및 분산 등을 적절히 제어하여야 한다.

디젤분무의 분열은 비정상상태의 유체의 운동이므로 일반적인 해석이 곤란하고, 분무현상이 고속이면서 순간적으로 이루어지기 때문에 미립화과정의 관찰이나 측정이 어렵다는 문제점이 있다. 뿐만 아니라 미립화시스템 설계에 적용하기 위해서는 실험적이고 경험적인 자료를 필요로 하고 있다.

지금까지의 연구 진행을 보면 미립화 과정은 크게 두 단계로 나뉘어진다. 첫 번째 단계는 연료의 분사 압력, 노즐의 개방 특성 및 노즐의 틱형상 등의 노즐 설계요소에 의해 영향을 받는 노즐 출구부근에서 발생하는 초기 미립화 과정이고, 두 번째 단계는 분무가 주위 기체를 관통하고 성장하는 동안 주위 기체의 유동과 연료 액적들의 상호작용에 의존하는 미립화 과정이다.

디젤분무에 관한 종래의 연구 중에서 본 연구와 관련된 분야의 연구

동향을 개괄하면 다음과 같다.

디젤기관에서의 분무도달거리에 관한 연구로써, Schweizer (1937), Wakuri et al. (1960) 및 Dent (1971) 의 상관함수는 도달거리가 분사시작으로부터 시간의 제곱근에 비례하는 것을 보였다. 모든 실험적 연구는 분사의 초기 단계, 즉 분사 시작으로부터 약 1ms까지의 시간에 대해서는 관련연구가 부족한 실정이다. Reitz (1978)는 제트 미립화에 대한 광범위한 사진촬영을 이용한 연구에서 초기 분사 시 연료제트의 속도가 일정하다고 보고하였다.

연료제트 도달거리에 대한 연구는 Hiroyasu et al. (1978)에 의해 행하여졌다. 그는 분무 개시 시 분무 도달거리의 기울기가 1이나, 짧은 시간이 경과한 뒤에는 기울기가 0.5로 변한다고 밝혔다. 또한 Hiroyasu 그룹(Hiroyasu et al., 1982; Shimizu et al., 1983; Arai et al., 1984) 은 노즐과 분무제트 내에 위치한 미세한 와이어 스크린 검지기와 노즐 사이의 전기저항을 측정함으로써 분무 유동 영역에서의 붕괴 길이(break-up length)를 측정하였다.

하 (1984)는 분위기 압력의 변화에 따른 분무 특성을 순간 광원을 이용한 직접 사진 촬영법에 의해 분무선단도달거리와 분무각을 측정하여 분무발달 과정을 구명하였고, 열선 유속계를 사용하여 성장과정의 분무 주위에 유동분포를 연구하였다.

Zanelli (1988)는 노즐직경을 일정하게 하고 오리피스 길이를 변화시켜 노즐내 유동에서의 속도 재구성 분류의 초기 교란에 영향을 미쳐 결국 완전히 발달된 분무의 상태가 달라지며, 노즐 형상비에 따른 교란되지 않은 미분열 액주를 계측하였다. 그리고 연료분사 시 노즐 내 니이

들 양정의 변화가 연료의 유도단면을 변화시켜 분류가 가속, 감속되는 분사계 천이를 확인하였다.

허 등 (1996)은 분위기압력이 디젤분무 특성에 미치는 영향을 규명하기 위해 단공노즐(L/D=3.89)을 사용하여 일정압력으로 연료를 분사시켜 연료의 분사압력과 질소가스로 충전된 공간에서의 분위기압력을 변수로 하여 나노라이트(nanolite)와 스트로보스코프(stroboscope) 광원으로 사용한 이중광원(double flash)에 의해 분무선단 도달거리, 분무 선단속도 및 분무 원추각 등을 직접 측정하고 분위기압력이 디젤분무에 미치는 영향을 규명하였다.

실용 디젤기관의 연료 분무는 비정상 간헐분무이므로 연료 분무의 일관성 있는 해석을 위해서는 분사율이 시간에 따라 일정한 정상분무로 유지되어야 한다. 이 상태를 실현하기 위하여 축압실을 설치할 필요가 있으며 연료가 분사되는 동안 설정압력이 강하할 때 분사 맥동을 줄여 연료 분무의 해석을 용이하게 하여야 한다.

본 연구에서는 관측창이 있는 압력용기에 노즐직경이 0.45mm, 그리고 노즐 형상비(L/D)가 각각(2.22, 2.78, 3.33)인 단공 노즐을 사용하여 디젤연료를 일정 압력으로 분사시켜 대기압과 일정 분위기압력 하에서 노즐 형상비에 따른 디젤분무특성을 스트로보스코프(stroboscope) 또는 나노라이트(nanolite)에 의한 사진촬영을 행하여 가시화하였다. 이러한 연구를 통하여 분무선단도달거리, 분무선단속도 및 분무원추각 등을 직접 측정하였고 분무의 초기 발달과정, 천이점 해석 및 분열 기구를 보다 정량적으로 해석하고 확대사진촬영을 통해 디젤분무초기의 미립화 과정을 규명하고자 한다.

II. 실험장치 및 방법

2-1. 실험 장치

본 연구에 사용된 연료 분사 시스템은 차량용 6기통 디젤기관에 사용되는 직렬형 연료분사펌프, 연료분사 제어장치, 신호지연장치 및 스트로보스코프(stroboscope)와 나노라이트(nanolite)를 광원으로 하는 사진 촬영장치로 구성하였다.

본 실험에 사용한 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같다.

분사펌프는 가변모터를 연결하여, 150 rpm에서 1,800 rpm까지 회전수를 변동시킬 수 있게 제작하였으며, 6개의 플런저 펌프중에서 1개는 연료의 가압장치로 사용하고 나머지 5개는 다시 연료탱크로 복귀시켰다.

연료탱크 내의 필터를 통과한 후 분사펌프에 의해 가압된 연료는 분사펌프와 분사노즐 사이에 설치된 제 1 및 제 2 축압실에 저장된다. 축압실은 가압된 연료가 연료분사장치의 최종기구인 노즐(7)을 거쳐 분사되는 동안 시간경과에 따른 분사율을 일정하게 유지시키는 역할을 한다. 제 1 축압실은 내압이 30MPa, 내부용적 5.11 ℓ 이며 주로 플런저 펌프에서 고압 연료라인을 거쳐 나오는 관 내 맥동을 줄여 주는 역할을 하고, 분사노즐 입구에 설치된 제 2 축압실은 최종적으로 디젤연료가 노즐에서 분사되는 동안의 설정압력을 유지하여 압력강화와 맥동을 감소시키는 역

할을 한다.

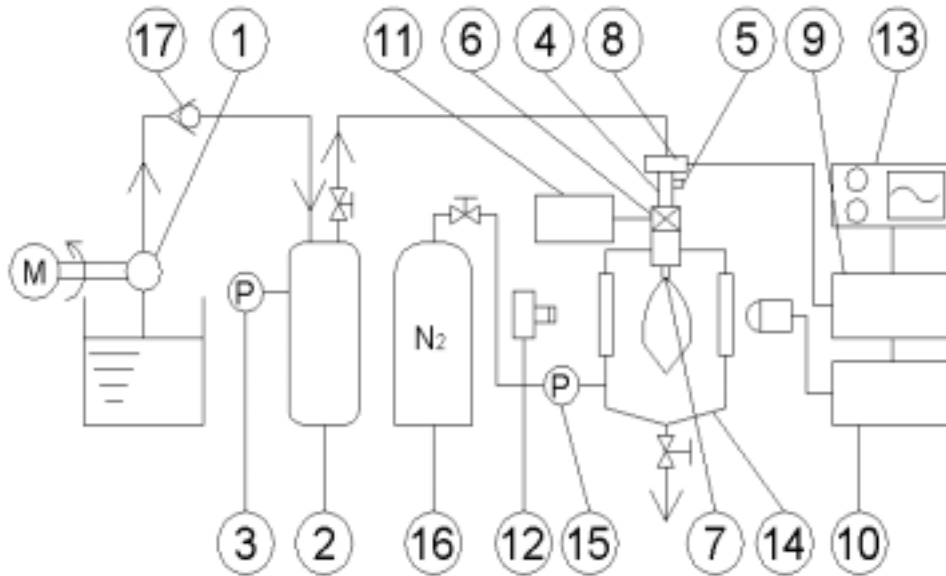
본 실험에 사용한 연료분사 제어장치는 노즐홀더 상부에 솔레노이드(6)를 부착한 전자제어 분사시스템이다. 연료분사는 솔레노이드를 작동시키지 않은 상태에서 노즐 구동장치에 의하여 통전시키면 자화된 솔레노이드가 노즐의 니어들에 압착하고 있는 스프링들의 상부판을 끌어 당기게 되며, 노즐 제어장치에 설정된 시간동안 연료가 분무관측용 용기내로 분사된다. 분무관측용 고압용기(14)는 내부직경 196mm, 길이 500mm로 양측면에 사진촬영이 가능하도록 길이 230mm, 폭 130mm, 두께가 19mm인 강화유리 관측창을 부착하였으며, 용기 내 분위기압력을 3MPa까지 상승시키기 위하여 질소가스(16)를 충전하여 사용하였다.

또한 연료 분사압력은 노즐홀더의 연료 입구측에 부착된 압력변환기(5)로부터 디지털 지시기에 의해 계측되며 축압실과 분사노즐 사이에 아나로그 압력계를 부착하여 분사압력을 보다 정확하게 조정하였다.

그리고 플러저펌프와 제 1 축압실 사이에 체크 밸브(17)를 설치하여 분사압력을 14MPa로 상승시킬수 있도록 구성하였다.

Fig. 2는 본 실험에서 사용한 노즐직경이 0.45mm이고 노즐형상비가 (L/D) 각각 2.22, 2.78 및 3.33인 단공노즐의 상세도이다.

Fig. 3은 전자밸브의 작동시간을 제어하기 위한 노즐 구동장치의 제어회로도이다. 노즐구동장치의 제어는 분사시간을 설정한 후에 작동스위치를 누르면 구동장치를 거쳐 솔레노이드 밸브에 전류가 흘러 작동되도록 하였으며, 이 때 연료가 분사된다.



- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1. Plunger pump | 10. Stroboscope or Nanolite |
| 2. 1st accumulator | 11. Solenoid driving circuit |
| 3. Pressure gauge | 12. Camera |
| 4. 2nd accumulator | 13. Oscilloscope |
| 5. Pressure transducer | 14. Pressure chamber |
| 6. Solenoid valve | 15. Pressure gauge |
| 7. Fuel injection nozzle | 16. N ₂ Gas bomb |
| 8. Photo-interrupter | 17. Check valve |
| 9. Delay circuit | |

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

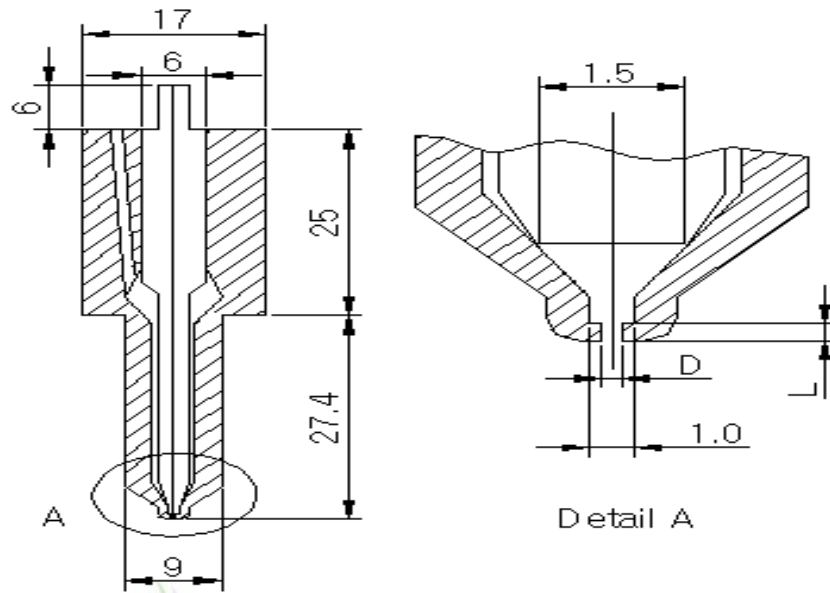


Fig. 2 Design of single hole nozzle with
 0.45mm diameter($L/D=2.22, 2.78, 3.33$)

2-2. 실험 방법 및 조건

디젤 연료의 미립화현상을 가시화하는 방법에는 shadow graphic법, 홀로그래픽법 및 슈리렌사진법 등이 있으나 본 연구에서는 투과광에 의한 shadow graphic에 의해 분무의 미립화 현상을 가시화하여 해석하였다.

노즐을 통하여 분사된 분무가 분사직후로부터 임의시간 경과 후까지의 분무형상을 촬영하기 위한 분사개시 신호는 노즐 니들(nozzle needle)의 상단부와 접촉하고 있는 전자밸브의 스피들(spindle) 상단사이에 위치한 광센서(photo-interrupter)의 신호를 이용하였다. 노즐 제어장치에 의해 전자밸브가 작동하면 스피들 상단이 상승하여 광센서의 빛을 차단하는 순간에 분사개시신호가 발생하게 되어 Fig. 4에 표시한 회로로 입력된다.

Fig. 4는 분사개시 초기신호 발생장치로써 광센서의 감광부와 수광부 사이에 전자밸브의 스피들에 의해 초기신호가 발생하게 되면 구형파의 신호를 발생시키는 전기 회로도이다. 이 미약하고 불안정한 초기신호는 회로 중의 트랜지스터와 슈미트 트리거소자를 지나면서 증폭되어 보다 정확한 레벨의 신호로 바뀐 후 Fig. 4에 도시된 신호발생 지연회로에서 재증폭되고 설정된 시간만큼 지연된 후에 스트로보스코프(stroboscope)와 나노라이트(nanolite)에 입력되어 적정 노출광량을 순간 발광시킨다. 이 때 카메라는 B-셔터 상태이므로 이 순간광을 받아들여 분무의 형태가 카메라에 의해 촬영된다.

Photo. 1은 펄스가 두 번 발생하는 오실로스코프의 사진이다. 사진에서

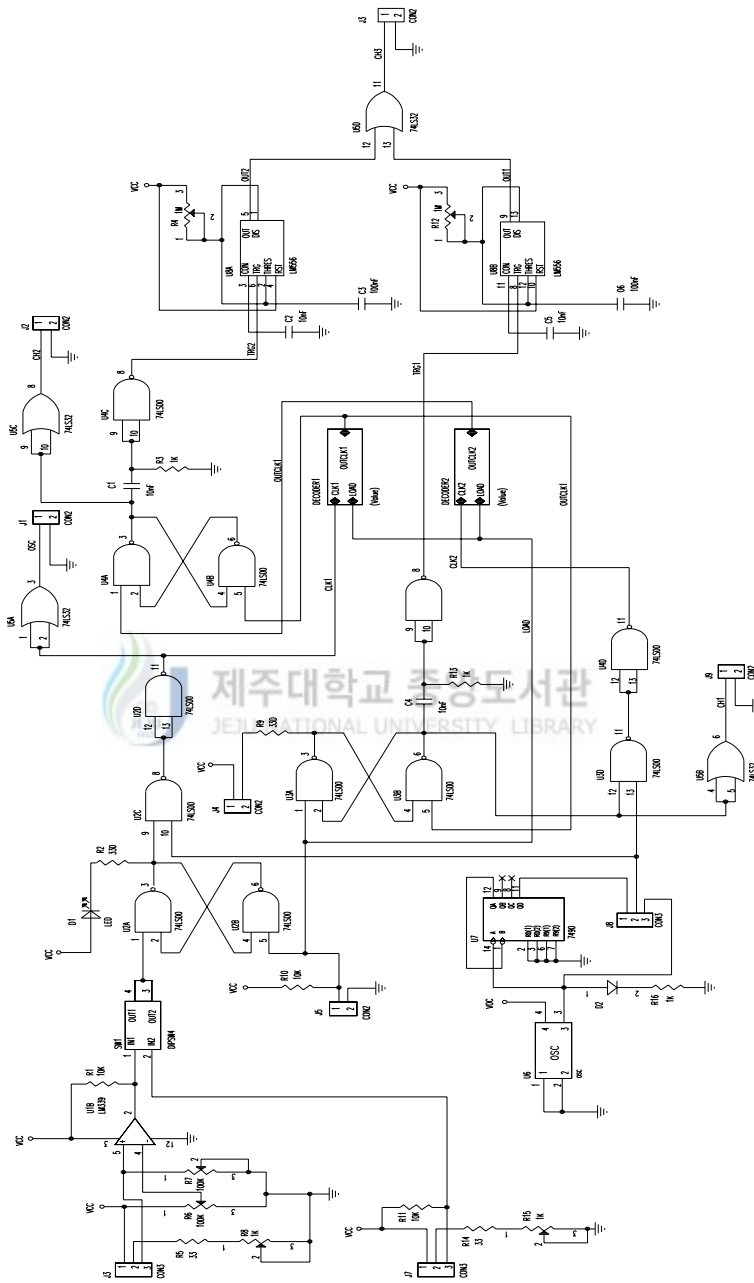


Fig. 4 Double pulse generator delay circuit

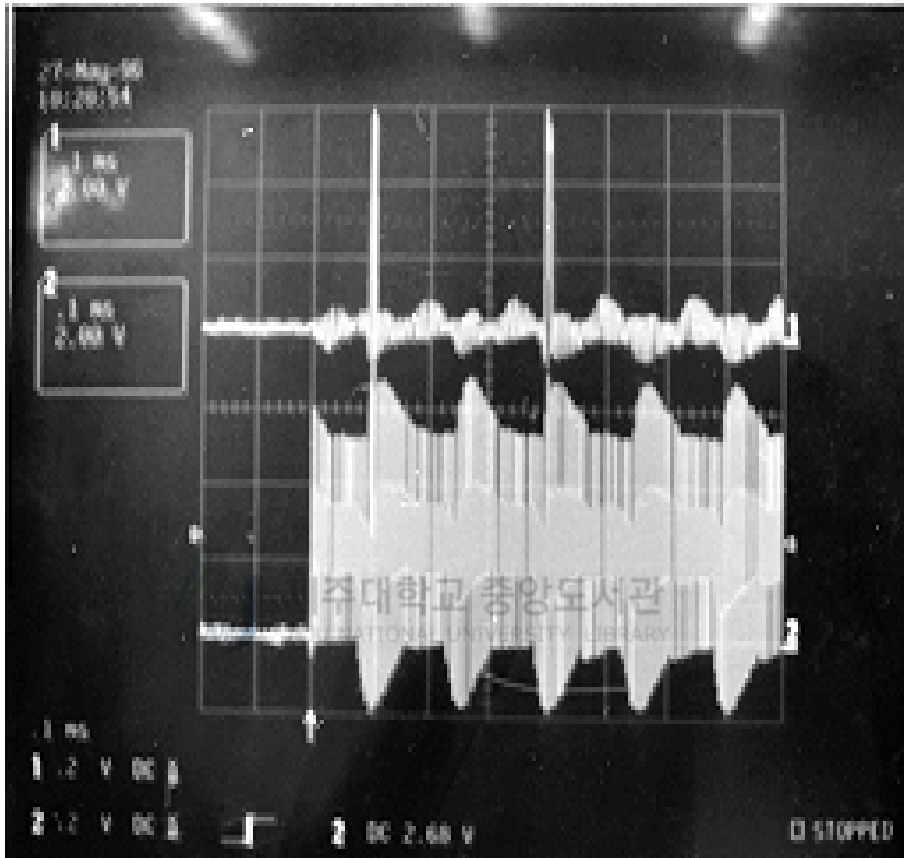


Photo. 1 Photograph of double pulse signal from delay circuit

하단펄스는 분사개시와 함께 발생된 발진신호이며, 상단펄스는 그 신호를 받아서 지정된 시간만큼 두 번 지연되는 펄스이다.

디젤분무는 분사속도가 고속이므로 정지된 상을 촬영하기가 상용 μs 단 위 스트로보스코프(stroboscope) 광원으로는 곤란하므로 본 연구에서는 발광시간이 17ns인 나노라이트(nanolite)를 분무확대 사진촬영에 이용하였고, 카메라는 디지털 카메라를 사용하였다.

촬영방법은 촬영될 분무가 통과할 지점에 집광렌즈로 나노라이트(nanolite)빛을 균일한 조도로 조사한 후 카메라 초점을 맞추고, 카메라는 B-셔터 상태로 하여 나노라이트(nanolite)가 신호지연장치로부터 입력신호를 받아 발광되는 순간 분무가 파일에 저장되게 하였다. 또한 촬영된 분무사진은 같은 비례척으로 촬영된 스케일로 분무선단도달거리 및 분무속도 등을 직접 측정하고 분석하였다.

사진촬영 및 실험조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Experimental conditions

Discriptions	Conditions
Injection press. (MPa)	14
Ambient press. (MPa)	0.1, 1, 2, 3
Ambient temperature	Room temperature
Ambient gas	N ₂ gas
Fuel	Low sulfur diesel oil (S = 0.84)
Nozzle type	Single hole
Nozzle diameter (mm)	0.45
Nozzle aspect ratio(L/D)	2.22, 2.78, 3.33
Lens	105mm Micro, Telemicrolens (Magnification : X 4.5)
Camera	Digital camera
Spark light sources	Strobo (Pulse duration : 20 μs) Nanolite (Pulse duration : 17 ns)

III. 실험결과 및 고찰

3-1. 분위기압력이 분무선단 도달거리에 미치는 영향

Fig. 5는 분사압력이 14MPa이고, 노즐형상비(L/D)가 2.22일때 분위기압력을 0.1, 1, 2 및 3MPa로 변화시킬 때, 분위기압력에 따른 분무선단 도달거리를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분무선단도달거리는 0.5ms까지는 분위기 압력의 영향이 작기 때문에 그 차이가 미세하지만, 0.5ms를 경과한 후 분위기 압력의 증가에 따라 분무선단도달거리는 감소하고 있다. 또한 분위기 압력하에서는 1ms 부근에서 분위기 압력의 증가에 따라 분무선단도달거리가 감소하지만, 대기압하에서는 계속 증가하고 있다.

Fig. 6은 분사압력이 14MPa이고, 노즐형상비(L/D)가 3.33, 분위기압력이 0.1, 1, 2, 3MPa 일 때, 분위기 압력에 따른 분무선단 도달거리를 나타낸 그림이다.

Fig. 5와 Fig 6에 나타낸 바와 같이 노즐형상비가 2.22에서 3.33으로 변화할 때 분무선단도달거리가 명확해지며, 또한 분위기 압력의 증가에 따라 분무선단도달거리도 서서히 감소함을 알 수 있다. 또한, 이 그림들로는 분무의 천이점을 확인하기가 쉽지 않다. 즉, 분사개시후 몇 ms 이후에 완전히 발달된 분무가 되는지 확실하지 않기 때문에 이 데이터를 기초로 분무선단속도를 구했다.

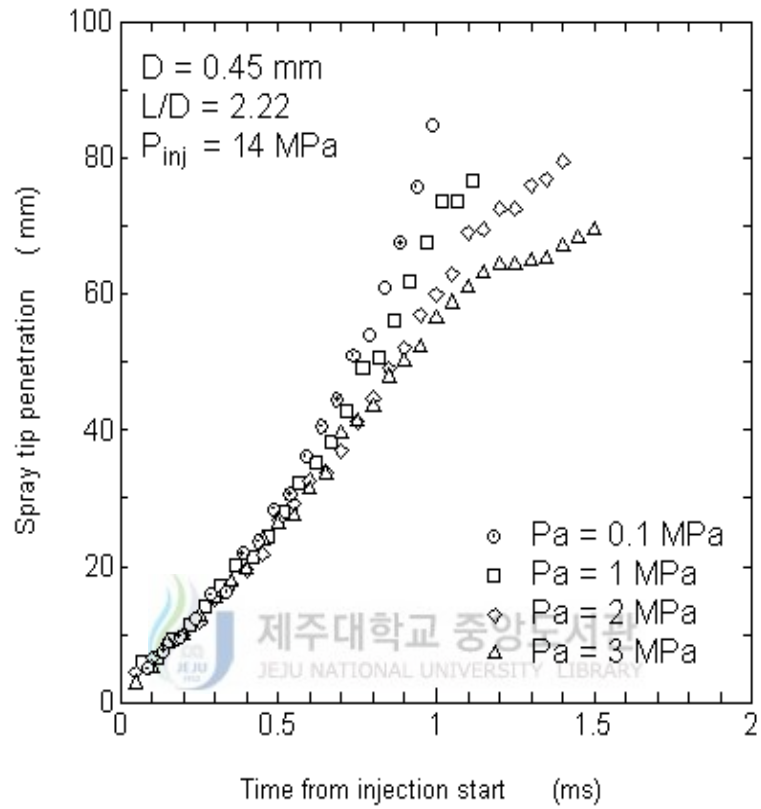


Fig. 5 Variation of Spray tip penetration distance with 2.22 aspect ratio under various ambient pressures

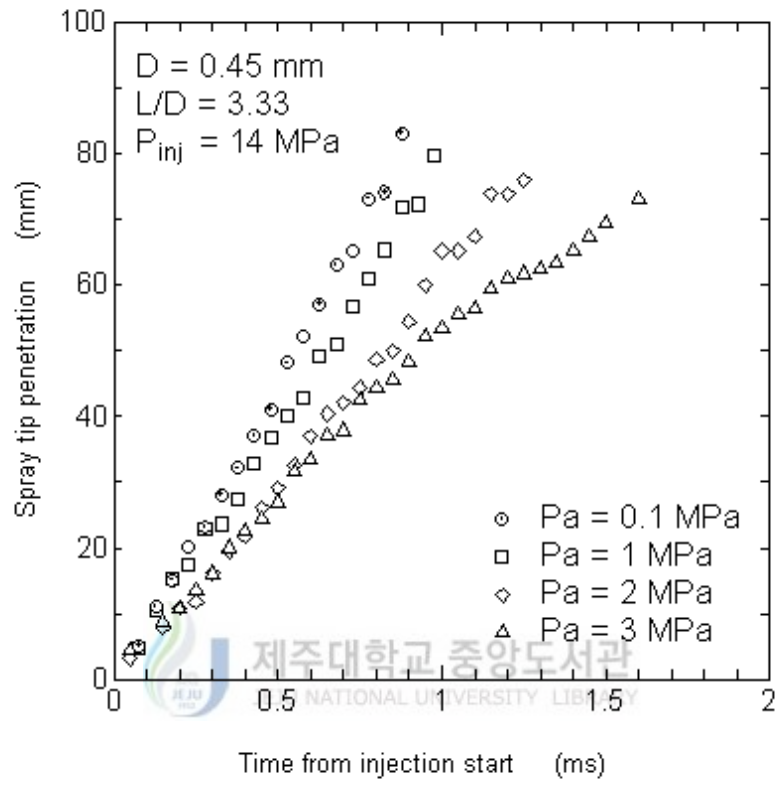


Fig. 6 Variation of Spray tip penetration distance with 3.33 aspect ratio under various ambient pressures

3-2. 노즐형상비가 분무선단속도에 미치는 영향

분무선단 도달거리만을 가지고 분무의 분열시간이나 천이점을 파악하기는 부족하기 때문에 다음과 같이 분무속도를 계산하였다.

Fig. 7은 분사압력이 14MPa이고, 분위기압력이 2MPa일 때 노즐형상비에 따른 분무의 속도의 변화를 나타내고 있다. 노즐형상비(L/D)가 2.22인 노즐의 경우, 분무속도는 0.9ms부근까지 증가하다가 그 후 급격히 감소하였다.

노즐형상비(L/D)가 3.33인 노즐의 경우에는 분무속도가 0.5ms까지 일정한 속도를 유지하다가 그 후 서서히 감소한다. 분무속도는 주위기체의 압력저항에 의해 감소하는 것으로 속도가 감소된 분무에는 주위기체가 유입되고, 액적과 주위기체 사이의 운동량 전달에 의해 연료액적의 미립화는 활발히 진행되는 것으로 나타났다. 즉, 분무속도가 감소한다는 것은 분무가 분열된다는 것을 의미한다. Fig 7에서 볼 수 있는 바와 같이 노즐형상비(L/D)가 3.33일 경우가 더 일찍 천이점이 발생하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 8은 Fig 7과 같은 분사압력인 분사압력 14MPa에서 분위기압력을 3MPa로 변화시켰을 때, 노즐형상비(L/D)에 따른 분무속도의 변화를 나타내고 있다. 노즐형상비(L/D)가 2.22인 노즐의 경우, 0.7ms 부근에서 천이가 일어나고, 노즐형상비(L/D)가 3.33인 노즐의 경우에는 0.5ms 부근에서 천이가 일어났다.

Fig. 7와 Fig 8에서 살펴 본 바와 같이 분위기 압력이 각각 2MPa 및 3MPa 일 때 분무속도를 해석해 본 결과 분위기 압력에 관계없이 노즐형상비(L/D)가 3.33인 노즐이 2.22보다 분열이 일찍 일어나는 것을 알 수 있다.

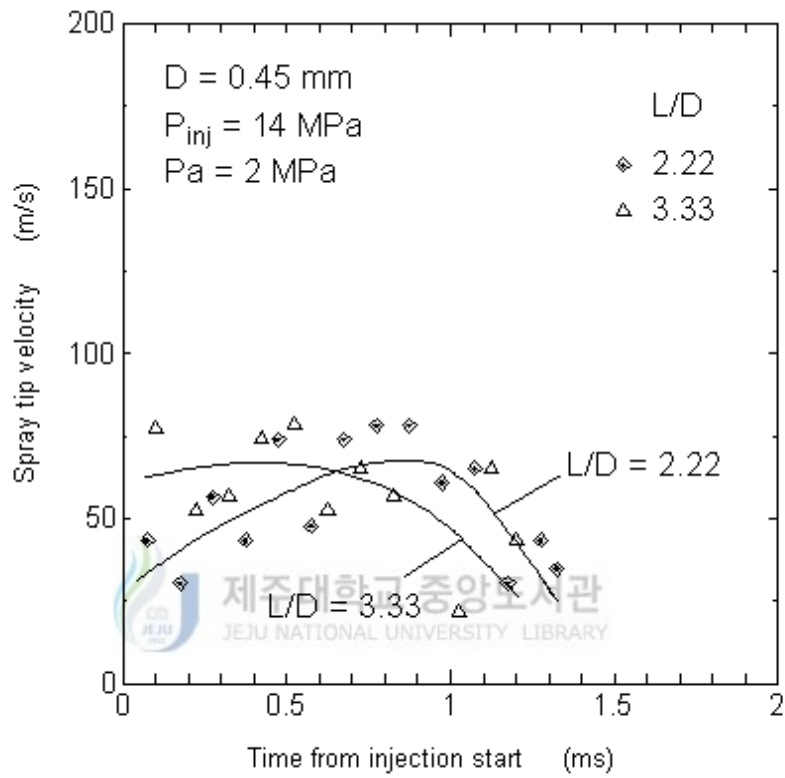


Fig. 7 Variation of spray tip velocity with time from injection start.
 (Pa= 2MPa)

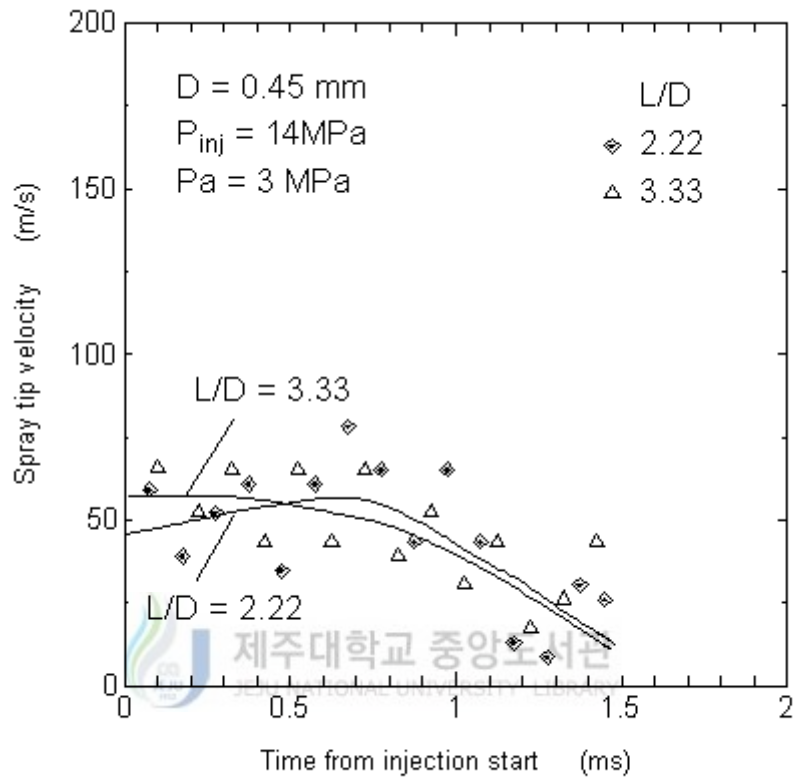


Fig. 8 Variation of spray tip velocity with time from injection start.
($P_a=3\text{MPa}$)

3-3. 디젤분무 초기의 미립화과정 관찰

Photo. 2는 노즐직경이 0.45mm이고 노즐형상비(L/D)가 2.78인 노즐에서 분위기 압력이 1MPa과 3MPa일 때 미립화 과정을 나타낸 사진이다.

분사개시 후 0.1ms까지의 분무의 초기상태를 촬영한 확대 사진이고, 사진의 전체 실제길이는 5.2mm이다. 본 연구에서는 분위기압력이 1.0MPa인 경우의 첫 번째 사진에서 나타낸 바와 같이 분사각(Cone angle)을 노즐 출구에서부터 교란되지 않은 분무의 각으로 정의하였다.

Photo 2의 분위기압력 1.0MPa에서 분사후 0.01ms의 분사특성을 살펴보면, 노즐 출구 부분(약 0.1mm)과 분무선단부근에서는 액사와 액적이 관찰되지 않는다. 그러나 0.1mm가 지난 액주의 주변에는 약간의 액사와 액적을 관찰할 수 있다. $t = 0.04\text{ms}$ 부터 $t = 0.1\text{ms}$ 까지는 원주주변에 많은 수의 불규칙한 액사와 액적을 확인할 수 있다. 분위기 압력 1MPa에서는 연료의 점성과 표면장력으로 인해 분열되지 않고 길고 많은 수의 액사가 관측되었다. 이러한 액사는 결국 시간이 경과함에 따라 분열된 액적이 될 것으로 추정된다.

분위기압력이 3.0MPa인 경우의 사진을 보면 $t = 0.01\text{ms}$ 와 $t = 0.02\text{ms}$ 에서는 액사와 액적이 많지 않지만 액주주변에 비교적 안정된 표면파가 관찰된다. 이것은 분위기 압력이 1MPa인 경우와 비교해보면 주위기체의 높은 공기저항에 의한 영향으로 볼수 있다. 노즐출구 약 1mm까지와 분무 선단은 액사와 액적이 거의 없지만 원주주변에 많은 수의 액사와 액적이 관측된다.

따라서 분사초기의 분무는 노즐근방과 분무선단에서는 미립화가 거의 진행되지 않고, 주로 분무의 원주영역에서부터 미립화가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있었다.

Photo. 2에서 알 수 있는 바와 같이 같은 분사압력에서 분위기압력은 증가시켰지만 디젤분무의 미립화는 감소됨을 알 수 있다. 따라서, 디젤분무의 미립화는 분위기 압력보다는 분무속도가 더 많은 영향을 주는 것으로 사료된다.



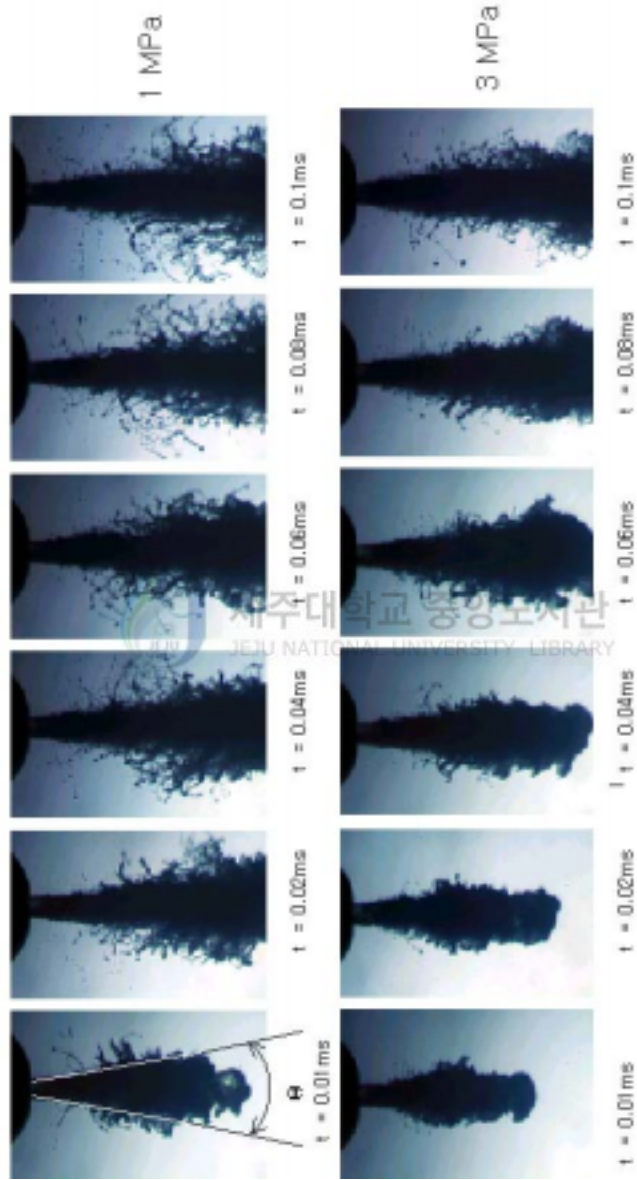


Photo. 2 Atomization process under the ambient pressure of 1MPa (upper series) and 3MPa (under series) in the case of $D = 0.45\text{mm}$ and $L/D = 2.78$

3-4. 디젤분무 초기의 분무원추각

Fig. 9는 노즐형상비(L/D)가 2.78이고 대기압하에서 시간경과에 따른 분무원추각의 변화이다. 분사개시 후 시간경과에 따라 분무원추각이 감소함을 알 수 있다. 이것은 주위압력이 약하기 때문에 분무속도는 축방향으로 증가되고, 반경방향으로는 감소하기 때문이다.

Fig. 10은 노즐형상비(L/D)가 2.78이고 분위기 압력이 1MPa일 때 시간경과에 따른 분무원추각의 변화를 나타낸 그림이다. 약간의 변동은 있지만 평균 약 9.3°로 일정하다.

Fig. 11은 노즐형상비(L/D)가 2.78이고 분위기 압력이 2MPa일 때 시간경과에 따른 분무원추각이 변화이다. 조금 오차는 있지만 평균 약 9.48로 일정하다.

Fig. 12은 노즐형상비(L/D)가 2.78이고 분위기 압력이 3MPa일 때의 분무원추각이다. 평균적으로 약 9.83°로 일정한 값을 나타내고 있으며, 분위기압력이 1MPa과 2MPa인 Fig. 10, Fig. 11과 비교하였을 때 분무원추각이 조금 더 크다. 이것은 분위기압력이 증가하면 주위기체의 저항으로 인해 축방향으로 속도가 감소되어 반경방향으로 속도가 증가하기 때문이다. 따라서, 분무원추각은 분위기압력이 커질수록 증가한다.

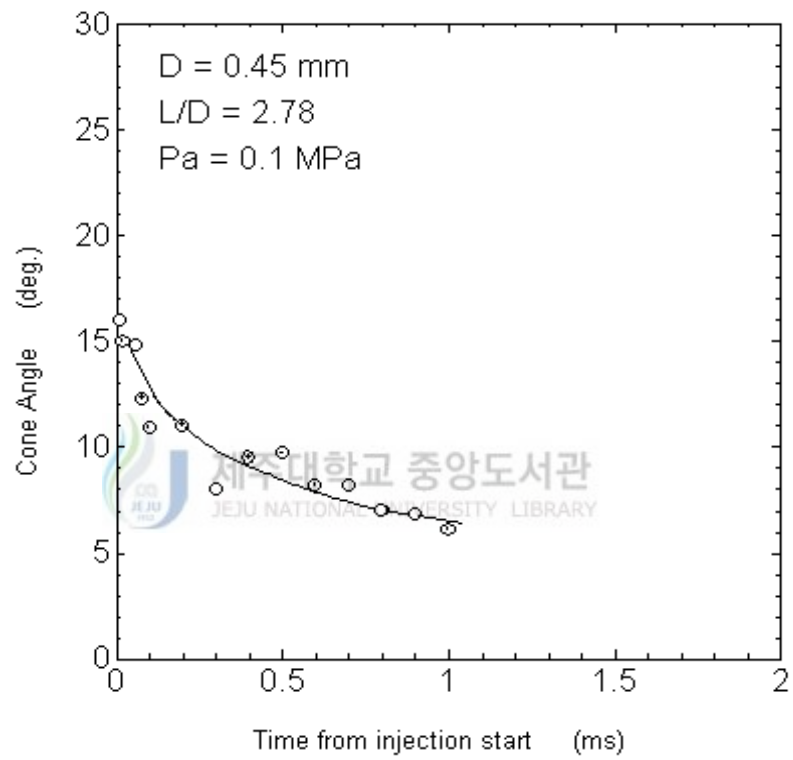


Fig. 9 Spray cone angle variation with time from injection start
 at 0.1MPa chamber pressure

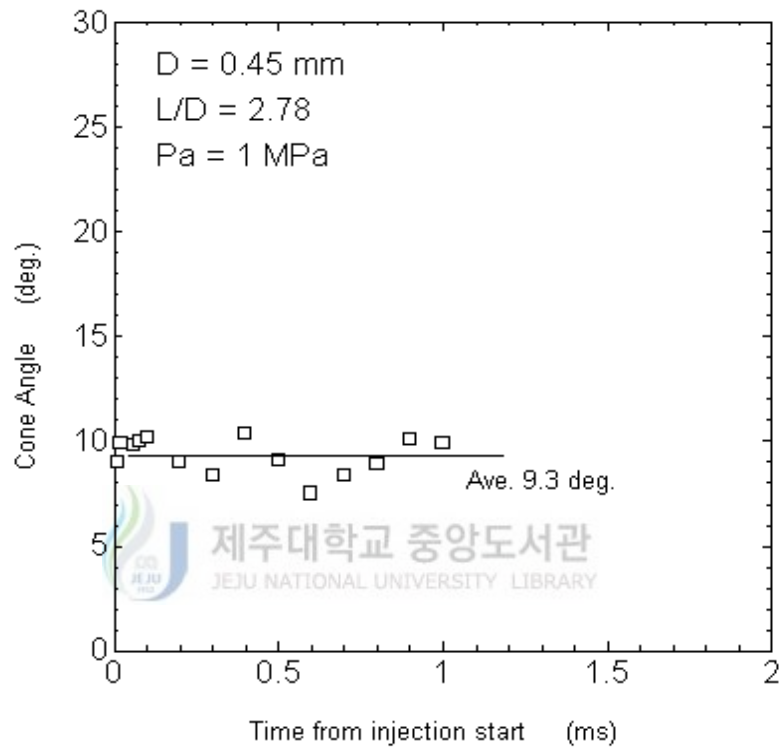


Fig. 10 Spray cone angle variation with time from injection start at 1.0MPa chamber pressure

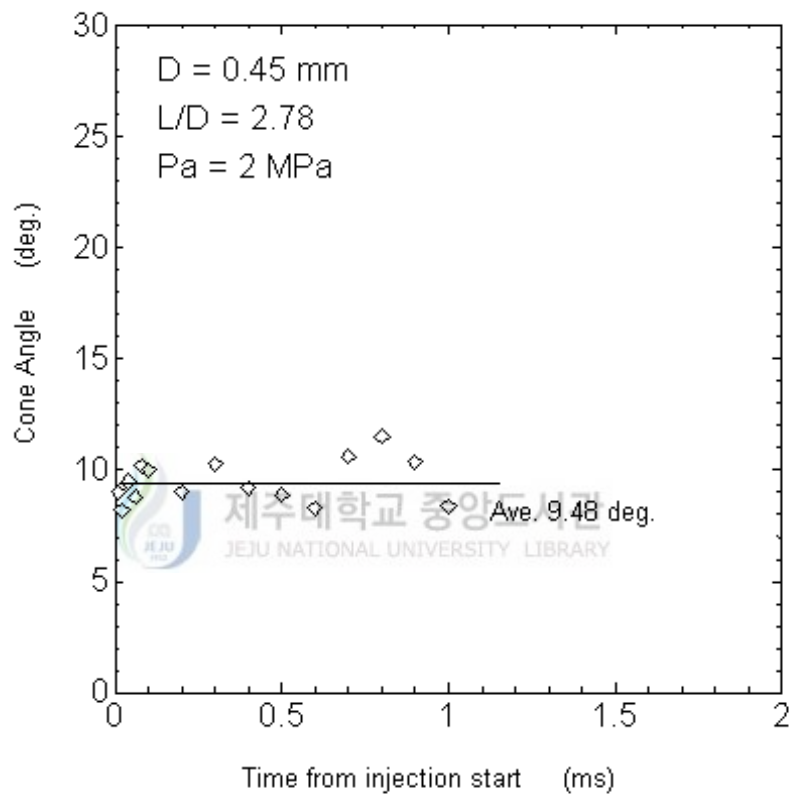


Fig. 11 Spray cone angle variation with time from injection start
 at 2.0MPa chamber pressure

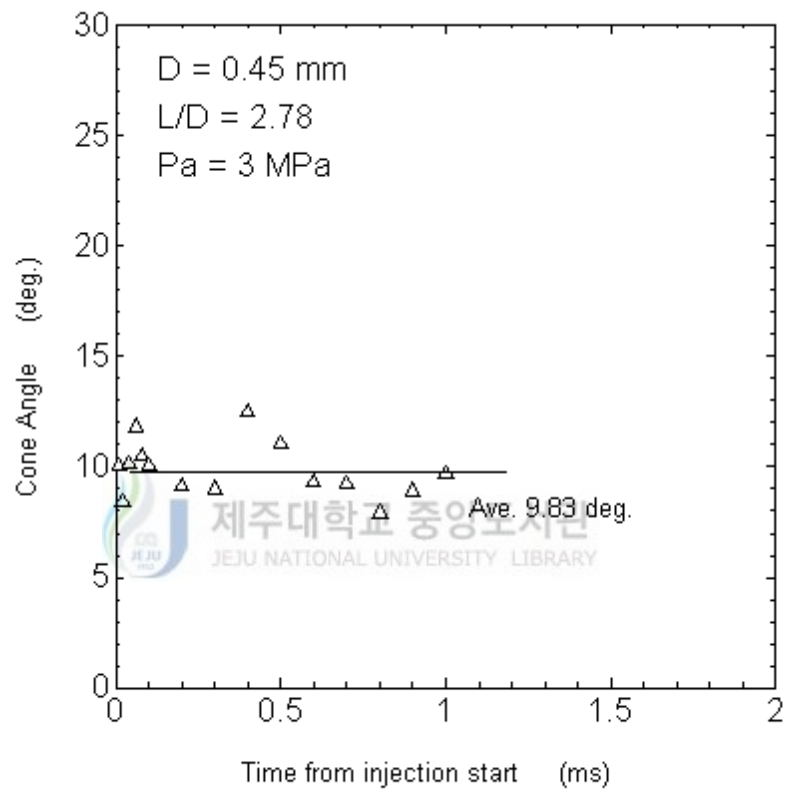



Fig. 12 Spray cone angle variation with time from injection start at 3.0MPa chamber pressure

VI. 결 론

본 연구는 노즐 직경이 0.45mm이고, 노즐 형상비(L/D)가 2.22, 2.78 및 3.33인 단공노즐을 사용하여 분사압력이 14MPa일때, 분위기 압력을 0.1, 1, 2 및 3MPa로 변화시키고, 분무의 천이점 변화 및 분사 초기에서 디젤분무의 미립화 과정을 shadow graphic법으로 사진촬영하여, 디젤분무의 미립화 특성을 규명하였다. 그 결과는 다음과 같다.

- 
1. 분사개시 후 분무는 노즐 형상비가 2.22인 노즐보다 3.33인 노즐에서 보다 빨리 분열된다.
 2. 분무초기에 디젤분무의 미립화는 노즐근방과 분무선단에서는 거의 진행되지 않고, 주로 분무의 원주영역으로부터 진행된다.
 3. 분무원추각은 대기압하에서 시간이 경과함에 따라 감소하지만 분위기압력 하에서는 거의 일정하다.
 4. 분무원추각은 분위기압력이 커질수록 증가한다.

V. 참고문헌

- 명현국, 1995, “디젤엔진의 분무형태에 따른 연소 및 배기 특성에 관한 연구”, 국민대학교 자동차공학과.
- Dent, J. C., 1971 “A basis for Comparision of Various Experimental Methods for Studying Spray Penetration”, SAE Paper, No.710571.
- Hiroyasu, H, 1991, “Similarity between the Break-up Lengths of a High Speed Liquid Jet in Atmospheric and Pressurized Conditions”, ICLASS-91, pp. 563-570.
- Reitz, R. D., 1978, “Atomization and other Breakup Regimes of a Liquid Jet”, Ph. D. Thesis, Princeton University.
- Tamaki, N. Shimize, M. and Hiroyasu, H. 2000, “Enhanced Atomization of a Liquid Jet by Cavition in Nozzle Hole”, ICLASS-2000, pp. 292-299.
- Senda, J. et al., “Visualization of Evaporative Diesel Spary Impinging upon Wall Surface by Exciplex Fluorescence Method”, SAE Paper No. 920578, pp. 1-10, 1992
- Arai, M., Tabata, M. Hiroyasu, H. and Shimizu, M. 1984, “Disintegrating Process and Spray Characteristics of Fuel Jet by a Diesel Nozzle”, SAE Paper, No. 840275.
- 허종철, 구자왕, 이규영, 양옥룡, 1991, “디젤분무의 초기분산과정에 관한 실험적 연구”, 한국자동차공학회 논문집, 제13권, 제2호, pp.42-49.

- Huh, J. C., Lee, G. Y. Yang, O. Y. 1991, "An Experimental Study on Initial Behavior of Diesel Fuel Spray Characteristics", ICLASS-91, pp. 283-290.
- Zanelli, S., 1988, "Behavior of a Liquid Jet Near the Nozzle", ICLASS-88, pp. 1-14.
- 허종철, 고경남, 1996, "분위기 압력이 디젤분무특성에 미치는 영향", 제주대학교 산업기술연구소 논문집, 제7권, 제1호 pp. 35-44.
- 許鐘哲, 1992, "單孔 디젤 노즐의 微粒化 形成機構에 關한 實驗的 研究", 仁荷大學校 工學博士學位論文.
- 현기수, 1992, "노즐形狀비가 디젤 噴霧의 分散過程에 미치는 影響", 仁荷大學校 工學碩士學位論文.
- 구자예, 정홍철, 1994, "노즐부근에서의 비정상분무 거동", 한국자동차공학회논문집, Vol 2, pp. 100-111.
- Arai, M. 1994, "Break-up Mechanisms of Speed Liquid Jet and Control Method for a Spray Behavior", International Symposium on Advanced Spray Combustion, pp. 11~24.
- Hiro Hiroyasu, "Structures of Fuel Spray in Diesel Engines", 1995년도 한국액체미립화학회 학술강연회 논문집, pp. 7~22.
- 이상용, 1996, "액체미립화", 대우학술총서.
- 이봉수, 구자예, 이장희, 1998, "디젤 분무의 초기 미립화 특성", 1998년도 한국액체미립화학회 학술강연회 논문집, pp. 63~69.
- 河鐘律, 1984, "ディーゼル噴霧の形式およびその周圍氣體の流動と着火れとの關係に關する研究", 慶應義塾大學 工學博士學位論文.

감 사 의 글

본 논문이 완성되기까지 끊임없이 지도하여 주시고 격려하여 주신 허중철 지도교수님께 깊은 감사를 드리며, 바쁘신 와중에도 많은 시간을 할애하시어 논문심사를 하여 주신 권기린 교수님, 박윤철 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 친절히 가르쳐 주시고 많은 이해와 관심으로 돌봐주신 김귀식 교수님, 현명택 교수님, 조경호 교수님, 임종환 교수님, 정동원 교수님, 최경현 교수님, 강철웅 교수님, 김상재 교수님, 께 감사드립니다.

본 연구의 실험기간 중 실험 및 자료정리 등 많은 도움을 주고 같이 고생을 한 고경남 박사, 이창수 군, 양윤석 군에게 감사를 드리며, 자료정리를 도와준 변수환, 강문중, 고영준 군에게도 고마움을 전합니다.

또한 논문이 완성되기까지 많은 협조를 해준 서귀포산업과학고등학교 자동차과 선생님들에게도 고마움을 전합니다.

끝으로, 이 논문이 있기까지 관심과 사랑으로 보살펴 주신 장모님께 깊은 감사의 마음을 전하며, 묵묵히 격려를 해준 동생 문수내외와 조카들, 그리고 처남 재관내외와 조카들에게도 고맙다는 말을 전한다.

어려움을 참고 견디며 항상 밝은 마음으로 충고와 격려를 해준 사랑하는 아내 복자와 곁에서 힘이 되어준 사랑하는 딸 지숙과 아들 시영이와 함께 기쁨을 나누고 싶습니다.

2003. 12 양 상 기