

〈논 문〉 SAE NO. 97370080

## 분사노즐 형상 변화와 초음파 에너지 부가장치를 이용한 디젤기관의 성능특성( I )

Performance Characteristics of a Diesel Engine Using the Change of  
Injection Nozzle Type and Ultrasonic-Energy-Added System( I )

최 두 석\*, 류 정 인\*\*  
D. S. Choi, J. I. Ryu

### ABSTRACT

The objective of this study is to investigate the atomization characteristics and the performance characteristics of a C. I. engine by using the changes of the injection nozzle type and the ultrasonic-energy-added system.

In order to evaluate the effect of ultrasonic energy and of change of injection nozzle type on the performance characteristics of a diesel engine, measurements of droplet size of diesel fuel were carried out by using Malvern system. In all types of injection nozzles, SMD of the ultrasonic-energy-added diesel fuel was smaller than that of the conventional diesel fuel and the more injection pressure increased, the more SMD decreased. There was a small increase in SMD with the distance from injection nozzle under all conditions of the injection nozzle types. The minimum SMD was found in the injection nozzle of B type.

In the diesel engine test, there were three results about the engine performance. Compared with the injection nozzle of A type, B type had excellent effects in the engine performance. The most excellent effects about the engine performance were obtained in the case of ultrasonic-energy-added diesel fuel. In addition, the torque diagram in the case of ultrasonic-energy-added diesel fuel was more stable and periodical than others.

주요기술용어 : Atomization characteristics(분무특성), Performance characteristics(성능특성) Injection nozzle type(분사노즐 형상), Ultrasonic-energy-added system(초음파 에너지 부가장치), SMD(Sauter 평균직경)

\* 정회원, 천안공업전문대학 자동차과

\*\* 정회원, 충남대학교 기계공학과

1. 서 론

디젤기관은 연료의 경제성과 우수한 출력성능 때문에 자동차의 기관 및 고정용 동력원으로 사용이 증가되어 왔다. 그러나, 최근에 지구 환경보호를 위한 국제적인 노력이 전개되고 규제가 강화되고 있기 때문에 세계 각국의 자동차업계에는 자동차의 연비개선 방법과 유해배기가스 저감 방법 등의 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있다.<sup>1)</sup>

디젤기관에서 출력성능 향상과 유해배기가스의 저감은 서로 상반된 특성을 가지고 있다. 즉, 출력성능 향상을 위한 방안은 유해배기가스를 증가시키며, 역으로 유해배기가스의 저감은 출력성능을 감소시키고 있어, 이 두가지 특성을 동시에 향상시키기 위한 최적화가 연구되고 있다. 그러므로, 디젤기관이 갖는 특수성 즉 분사된 연료를 적절한 시기에 완전연소시키는 기술적인 문제가 요구된다.<sup>2)</sup>

디젤기관에서 분사노즐을 통하여 연소실에 분사된 연료는 우선 연료가 미립화된 상태이어야 하고, 그 미립화된 액적이 증발되어 공기와 균질한 혼합과정을 거쳐 착화되어야 한다.<sup>3)</sup>

따라서, 매 사이클마다 분사노즐로부터 분사된 연료의 분무특성이 매우 중요시 되며, 또한 연소실 내의 공기와 분사된 연료가 단시간에 균일 혼합, 분포되어야 한다.

초음파 분무는 액체에 초음파 에너지를 부가하는 것으로 다른 미립화 방법에 비해서 비교적 분열이 잘되고 분무량이나 입경의 제어가 용이하며, 장치가 간단하고 조용한 무화가 얻어지는 장점을 가지고 있다.<sup>3)</sup>

이와같이 디젤기관의 분무특성은 연소실내의 복잡한 연소에 가장 중요한 영향을 주는 요소이므로 분무특성을 개선하기 위해서 많은 연구가 수행되고 있으며<sup>4-9)</sup>, 이 분야에 대한 지속적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 디젤기관의 기관성능 향상을 위하여 기관에 적합한 간접 분사식 분사노즐을 설계, 제작한 후 초음파 에너지 부가장치를 이용한 연료분사장치를 이용하여 분무

연료의 미립화를 촉진함은 물론 현재 사용하고 있는 단일 연료분사장치에서의 초음파 에너지 적용 가능성 여부를 확인하고자 시도하였다. 나아가 초음파 에너지를 이용한 디젤기관에서의 간접 분사 및 초회박 기관의 가능성을 분석하고, 초음파 에너지 부가시 최적의 분무조건을 찾아 보다 나은 연소를 가능하게 하므로써 디젤기관의 성능 향상을 시도하는데 목적이 있다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 초음파 에너지 부가장치 및 부가방법

Fig.1은 초음파 에너지 부가장치의 개략도이며, 구성은 초음파 발전기와 연료에 초음파 에너지를 부가하는 장치로 이루어져 있다.

초음파 발전장치는 초음파 진동자에 전기신호를 가하여 요구하는 출력의 초음파 출력을 내기 위한 장치로서 28KHz의 주파수 발진을 하여 진폭부에 가해주는 발전부, 발진된 주파수를 진동자를 구동시킬 수 있는 전력으로 증폭해 주는 증폭부, 증폭된 구형파를 사인파로 바꾸어 임피던스를 정합하여 진동자에 가해주는 정합부로 구성되어 있다.

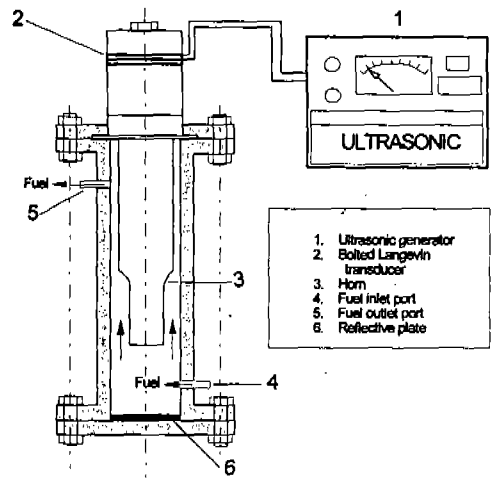


Fig. 1 Schematic Diagram of Ultrasonic Fuel Feeding System

또한, 초음파 에너지 부가장치는 연료의 무화를 최대화하기 위하여 연료에 공동현상이 극대화될 수 있는 구조로서 진동자, 혼 및 반사판으로 구성되어 있다.

연료에 초음파 에너지 부가방법은 전원 DC 12V로 초음파 발진기를 작동시키면 초음파 진동자가 28KHz로 진동하면서 연료에 초음파 에너지를 부가하게 된다.

2.2 분사노즐

Fig.2는 분무입경 측정과 기관성능 실험에 사용된 핀틀형 분사노즐의 니들밸브 형상을 나타낸 것이다. 기존의 핀틀형 분사노즐의 니들밸브는 Fig.2(a)와 같이 대부분 분사각이  $-10^\circ$  (이하는 A형이라고 부른다)인 형태를 사용하고 있는데, 개조한 분사노즐의 니들밸브 형상은 Fig.2(b), (c)에서 보듯이  $10^\circ$  (이하는 B형이라고 부른다),  $15^\circ$  (이하는 C형이라고 부른다) 기울어진 형태의 니들밸브를 설계, 제작하여 사용하였다. 개조한 분사노즐은 분무된 연료가 니들밸브에 강하게 충돌되도록 약간의 목(neck)을 가지도록 제작하였다. 개조한 분사노즐은 기본적으로는 핀틀형 분사노즐에 가까워졌으나 목을 지닌 점에서 확연히 스톱형과 구분된다.

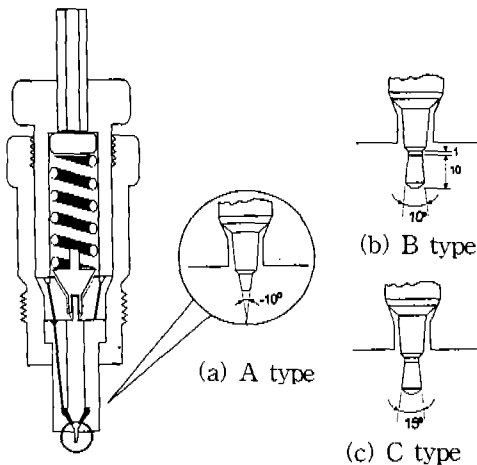
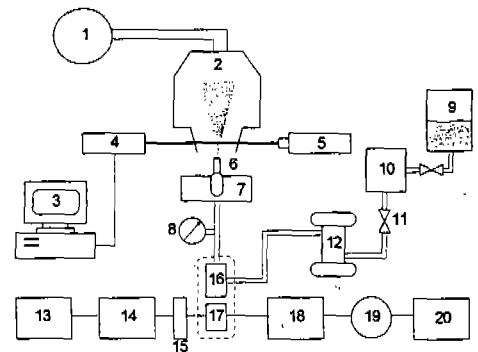


Fig. 2 Shape of Diesel Injection Nozzle

2.3 분무입경 측정장치 및 방법

분무입경 측정장치의 개략도는 Fig.3과 같으며, 구성은 크게 연료공급장치부와 분무입경 광학측정장치로 되어 있다.

연료의 분무는 캠-플런저 방식을 이용하였으며, 연료는 연료탱크에서 출발하여 연료휠터와 플런저 사이에 설치된 초음파 에너지 부가장치에서 초음파 에너지를 받은 후 가변형 전기모터장치에 의해 구동펌프가 작동되면 연료가 송압된 다음에 분사파이프를 거쳐 분사노즐에서 연료가 분사되고, 잔여연료는 리턴라인을 통하여 연료탱크로 돌아간다. 회전수는 캠에 설치한 포토센서에서 발생한 신호를 전자회로를 통하여 측정하였으며, 연료의 초음파 에너지 부가시간과 디젤기관의 공회전 속도를 고려하여 700rpm으로 고정하여 실험하였다. 분사노즐은 X-Y 테이블에 설치하여 분무실로 분무되도록 하였으며, 분무실은 부유하고 있는 미세한 미



- |                     |                                     |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. Exhaust fan      | 11. Valve                           |
| 2. Spray chamber    | 12. Ultrasonic energy adding system |
| 3. Computer         | 13. RPM measuring unit              |
| 4. Detector         | 14. Electric circuit                |
| 5. Laser source     | 15. Photo sensor                    |
| 6. Injection nozzle | 16. Plunger                         |
| 7. X-Y table        | 17. Gam                             |
| 8. Pressure gauge   | 18. RPM controller                  |
| 9. fuel tank        | 19. Motor                           |
| 10. Fuel filter     | 20. Power                           |

Fig.3 Schematic Diagram of Experimental Apparatus

립자가 보다 빨리 제거될 수 있도록 배기팬을 설치하였다.

연료의 분무입경 측정은 분무입경 광학측정 장치에 의해서 측정되며 그 변수는 다음과 같다. 분사노즐 A형, B형, C형에 대하여 연료에 초음파 에너지를 부가한 경우와 부가하지 않은 경우, 분사압력은 와류실식 연소실에 사용되는  $120\text{kg/cm}^2$ 와 그 보다 고압인  $170\text{kg/cm}^2$ 인 경우, 그리고, 측정위치는 보통 디젤분사노즐에서의 분열길이(break-up length)가 10~30mm로 보고되고 있으므로<sup>10)</sup> 분사노즐 팁 선단으로부터 40, 60, 80, 100mm 떨어진 곳에서 연료의 분무입경을 측정하였다.

분무입경의 측정은 한번 측정에 있어 2,000 데이터를 샘플링하여 10회 측정하여 평균한 SMD 값으로 채택하였다. 분무입경 광학측정장치는 영국 Malvern사의 미립자 해석기 2,600C를 사용하였다. 또한, 분무입경 측정에 사용된 광원은 He-Ne 레이저(2mW,  $\lambda=633\text{nm}$ )를 사용하였고, 빔 확장기(beam expander)는 9mm이다. 퓨리에 변환렌즈의 초점거리는 300mm이고, 렌즈와 분사노즐 중심축까지의 거리를 350mm로 하였으며, 사용 렌즈의 분무입경의 측정범위는  $5.8\sim 564\mu\text{m}$ 로 하였다.<sup>11,12)</sup>

2.4 기관성능 실험장치 및 방법

기관성능 실험장치의 개략도는 Fig.4와 같으며, 주요 구성은 동력계, 실험용 기관, 측정장치, 데이터 획득장치로 되어 있다. 실험용 기관은 수냉식 와류연소실식 4행정 4실린더 디젤기관이며, 그 기관의 주요제원 Table 1과 같다.

또한, 기관의 부하조정 및 동력을 측정하기 위하여 사용된 동력계는 맥동하는 자장의 저항을 제동력으로 변환시키는 방식인 와전류 동력계(eddy current dynamometer : Tokyo Meter Co., 100PS)를 사용하였으며, 실험용 기관의 운전조건은 분사노즐 A형, B형, C형 각각에 대하여 연료에 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우, 초음파 에너지를 부가한 경우 및 초음파 에너지를 부가하고 분사시기를 지연시킨 경우에 대하여 디젤기관의 스로틀 개도량이 50%,

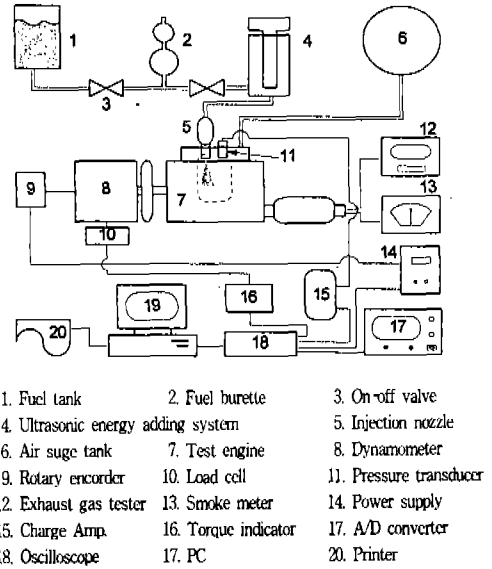


Fig.4 Schematic Diagram of Engine Test Equipments

Table 1 Specification of Test Engine

Items	Specifications
Type	Water cooled 4 stroke cycle 4 cylinder diesel engine
Combustion chamber type	Swirl combustion chamber
Valve mechanism	Overhead valve
Injection pump	Distributor type(Bosch VE)
Cylinder dia. x stroke (mm)	92 x 89
Total displacement (cc)	2,367
Compression ratio	21 : 1
Maximum power (ps/rpm)	78 / 4,200
Injection timing	BTDC 1.5' / Cam lift 1mm

75%, 100%(WOT)인 경우에 부하에 의해 기관의 회전수를 제어하는 방식으로 기관 회전수를 1,000rpm에서 각각 500rpm씩 증가시켜 3,500rpm까지 변화시켜 가면서 실험을 수행하였다. 이 실험조건에서는 각각의 변수에서 P-θ 선도, 토크 선도를 측정하여 비교 분석하였다.

연소실 압력 및 크랭크 각도는 압력 변환기와 로터리 엔코더를, 토크와 기관 회전수는 토

크 변환기와 RPM 변환기를 사용하여 검출하고, 검출된 신호를 각종 증폭기를 통하여 증폭한다. 증폭된 신호를 A/D 변환기를 통하여 디지털 신호로 바꾼 후 퍼스컴으로 불러들여 CPU의 주기억장치에 기억시킨 후 하드디스크에 저장하는 데이터 획득장치를 구성하여 측정되도록 하였다. 여기서, 신호수집방법은 퍼스컴의 키보드를 누르므로 첫 상사점(TDC) 마크에서 트리거(trigger)시켜 10kHz의 주파수로 10사이클 분을 수집, 저장하였다. 주요 측정장비의 제원은 Table 2와 같다.

Table 2 Specification of Measuring Equipment

Items	Specifications
Piezo electric pressure transducer	Kistler Co. Type 6061B
Charge amplifier	Kistler Co. Type 5011A
Oscilloscope	HP1222A
A/D converter	12bit 16channel(AT-MIO-16)
DC power supply	Newtronix 303D
Personal computer	AT(80486)
Rotary encoder	ENB-360-3-1
Load cell	Jungwoo Co. JW-1020

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 분무입경 분석

Fig.5는 분사노즐의 분사압력을 120kg/cm<sup>2</sup>로 하였을 때 분사노즐 팁선단으로 부터의 거리에 따른 SMD의 변화를 분사노즐 A형, B형, C형에 대하여 디젤연료에 초음파 에너지를 부가한 경우와 부가하지 않은 경우에 대하여 나타낸 것이다. 분사노즐 B형의 경우 SMD가 가장 작게 나타나며 A형보다 8~12% 작아졌다. 그 이유는 가장 알맞은 관통력을 유지시킨 효과에 의해 연료의 미립화가 개선되었기 때문이다.<sup>13)</sup>

또한, 분사노즐 선단으로 부터 거리가 멀어질수록 SMD는 약간씩 증가하는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 분사노즐 선단으로 부터 거리가 멀어질수록 관통력이 작아

져 다시 액적들이 응집되기 때문이다.<sup>14)</sup>

그러므로, 실험기관의 연소실 형상 및 연료 공급 조건 등에 따라서 분사노즐의 분사각 변화가 필요하다.<sup>13)</sup>

Fig.6은 분사노즐의 분사압력을 170kg/cm<sup>2</sup>로 하였을 때 분사노즐 팁 선단으로 부터의 거리

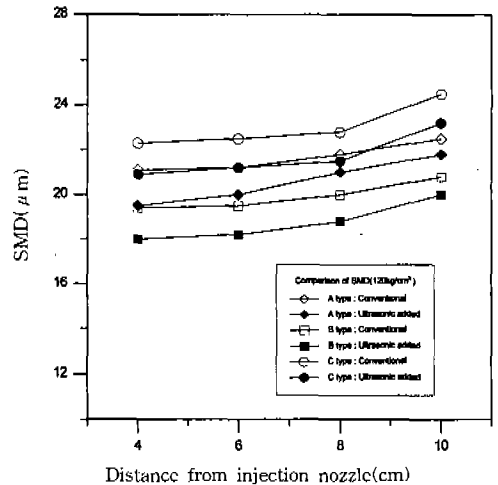


Fig.5 Comparison of SMD with the Type of Injection Nozzle and Distance From the Injection Nozzle(Inj. Pressure=120kg/cm<sup>2</sup>)

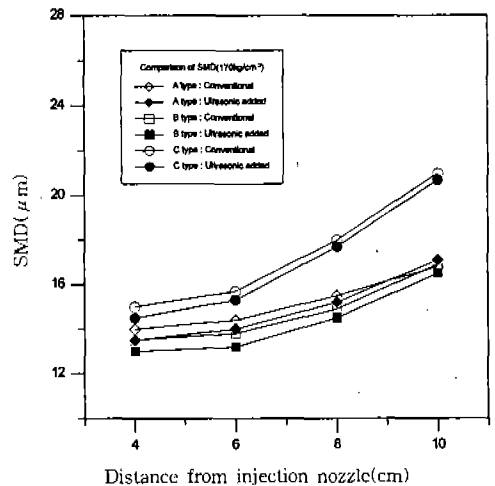


Fig.6 Comparison of SMD with the Type of Injection Nozzle and Distance From the Injection Nozzle(Inj. Pressure=170kg/cm<sup>2</sup>)

에 따른 SMD의 변화를 분사노즐 A형, B형, C형에 대하여 디젤연료에 초음파 에너지를 부가한 경우와 부가하지 않은 경우에 대하여 나타낸 것이다. 일반적으로 분사압력을  $120\text{kg/cm}^2$ 로 했을 때와 마찬가지로 전 영역에서 같은 경향을 보이고 있으며, 분사압력을  $120\text{kg/cm}^2$ 로 했을 때보다 분사압력이 높아지므로써 SMD가 15~30% 감소함을 알 수 있다. 그 이유는 분사압력이 증가할수록 관통력이 증가됨과 동시에 분출속도가 증가되어 이에 따른 전단력이 커지므로써 분산이 촉진되었기 때문이다.<sup>13)</sup>

Fig.7은 초음파 에너지 부가효과를 알아보기 위하여 분사노즐 A형, B형, C형에 대한 전영역에서의 평균 SMD를 나타낸 것이다. Fig.7(a)는 분사노즐의 분사압력이  $120\text{kg/cm}^2$ 인 경우, Fig.7(b)는 분사노즐의 분사압력이  $170\text{kg/cm}^2$ 인 경우를 나타낸 것이다.

Fig.7(a)에서 평균 SMD는 분사노즐 A형, B형, C형에서 모두 초음파 에너지를 부가하였을 때 5~10% 작아짐을 알 수 있다. 그 이유는 초음파 에너지를 연료에 부가함으로써 공동현상으로 화학적 변화를 가져와 연료의 분무입경이 작아진 것이다.<sup>4,8)</sup>

그리고, Fig.7(b)에서 평균 SMD는 분사노즐 A형, B형, C형에서 분사압력이 높아짐에 따라 24~32% 감소를 보이고 있음을 알 수 있지만, 초음파 에너지를 부가여부에 따른 차이는 분사압력이  $120\text{kg/cm}^2$ 인 경우의 차이 5~10%에

비하면 3~4%로 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 그 이유는 분사노즐의 분사압력이 어느 압력 이상이 되면 초음파 에너지 부가에 의한 분무의 물리적 특성변화는 한계에 도달하고 분무 특성은 분사압력에 의존하기 때문이다. 그러므로 분사압력이 증가하면 할수록 초음파 에너지 부가에 따른 영향보다는 분사압력 자체에 의한 분무액적 크기의 감소가 지배적이라고 생각된다.<sup>6)</sup>

3.2 기관성능 실험

Fig.8은 분사노즐 A형, 스톱 개도량 75%, 기관 회전수가 2,500rpm인 경우의 P-θ선도를 나타낸 것으로써 크랭크 각도 0°에서 상사점까지는 기관의 압축과정이며 연소실내의 압력은 모든 경우가 일치하고, 상사점 후의 연소실 압력은 모든 경우에 거의 동일하나 연소실 최고압력은 서로 차이가 있음을 알 수 있다. 연소실 최고압력은 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우보다 초음파 에너지를 부가한 경우가 약  $2\text{kg/cm}^2$  상승함을 알 수 있는데, 그 이유는 초음파 에너지를 연료에 부가함으로써 공동현상으로 화학적 변화를 가져와 연료의 분무입경이 작아져 연소가 향상되었기 때문이다.<sup>4,8)</sup>

또한, 연료 분사시기를 지연시킨 경우에는 약  $3\text{kg/cm}^2$  감소함을 알 수 있는데, 그 이유는 분사시기를 지연시키므로써 연료의 착화지연이 일어나 충분히 완전연소되는 시간이 부족하여 최고압력이 감소되었다고 사료된다.

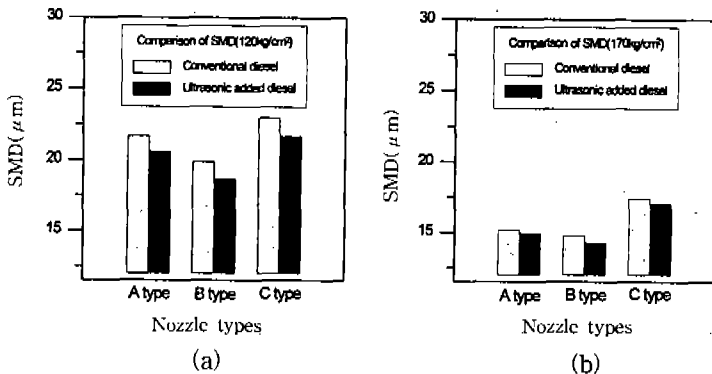


Fig.7 Comparison of SMD with the Type of Injection Nozzle

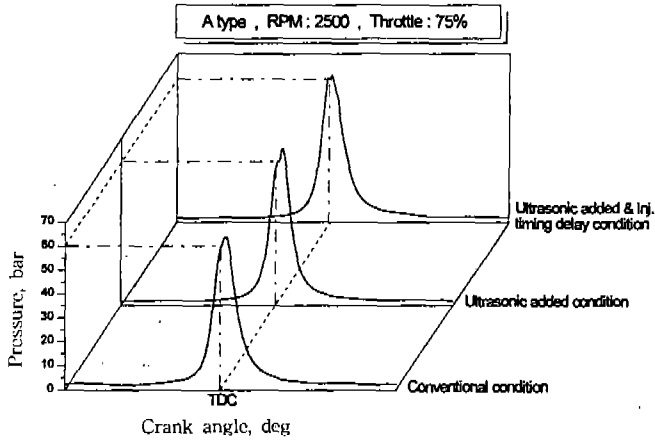


Fig.8 P- $\theta$  Diagram(A type)

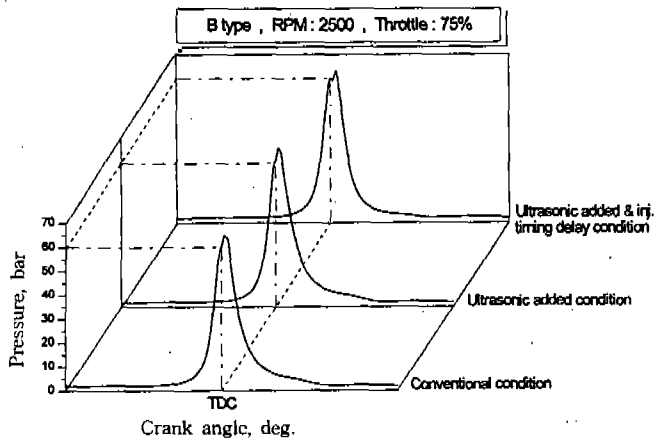


Fig.9 P- $\theta$  Diagram(B type)

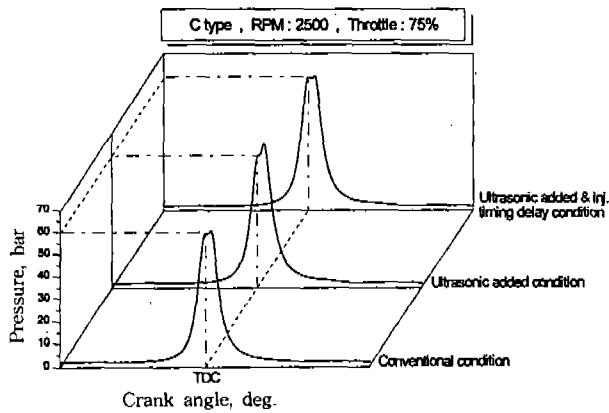


Fig.10 P- $\theta$  Diagram(C type)

Fig.9는 분사노즐 B형, 스톱틀 개도량 75%, 기관 회전수가 2,500rpm인 경우의 P- $\theta$  선도를 나타낸 것으로써 분사노즐 A형의 P- $\theta$  선도와 전과정이 같은 경향을 보이고 있으며, 연소실 최고압력은 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우보다 초음파 에너지를 부가한 경우가 약 2kg/cm<sup>2</sup> 상승함을 알 수 있다. 또한, 연료 분사시기를 지각시킨 경우에는 약 2kg/cm<sup>2</sup> 감소함을 알 수 있다.

Fig.10은 분사노즐 C형, 스톱틀 개도량 75%, 기관 회전수가 2,500rpm인 경우의 P- $\theta$  선도를 나타낸 것으로써 분사노즐 A형의 P- $\theta$  선도와 전과정이 같은 경향을 보이고 있으며, 연소실 최고압력은 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우보다 초음파 에너지를 부가한 경우가 약 5kg/cm<sup>2</sup> 상승함을 알 수 있다. 또한, 연료 분사시기를 지연시킨 경우에는 약 1kg/cm<sup>2</sup> 감소함을

알 수 있다. 그 이유는 모두 Fig.8에서 설명한 바와 같다.

Fig.11은 Fig.8, Fig.9, Fig.10의 P- $\theta$  선도에 대하여 분사노즐 A형, B형, C형을 서로 비교 고찰하기 위하여 나타낸 것이다. 전과정이 같은 경향을 보이고 있으며, 연소실 최고압력만 모든 경우에서 서로 차이를 보이고 있다. 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우는 분사노즐 A형을 기준으로 했을 때 분사노즐 B형은 약 1kg/cm<sup>2</sup> 상승을 보이며, C형은 약 3kg/cm<sup>2</sup> 감소를 보임을 알 수 있다. 그리고, 초음파 에너지를 부가한 경우는 분사노즐 A형을 기준으로 했을 때 분사노즐 B형은 거의 같은 압력을 보이며, C형은 약 1kg/cm<sup>2</sup> 감소를 보임을 알 수 있다. 또한, 연료에 초음파 에너지를 부가하고 분사시기를 지연시킨 경우에는 분사노즐 A형을 기준으로 했을 때 분사노즐 B형은 약 2kg/cm<sup>2</sup> 상승을 보이며, C형은 약 2kg/cm<sup>2</sup> 감소를 보임을 알 수 있다.

결과를 종합해보면 분사노즐 B형의 경우가 모든 경우에서 연소실 최고압력이 가장 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 그 이유는 연료분무입경 결과분석에서 밝혔듯이 분사노즐 B형의 경우는 주어진 연소실에 가장 알맞는 관통력을 유지시킨 효과에 의해 연료의 미립화가 개선되어 연소가 향상된 것으로 사료된다.

그러나, 분사노즐 C형의 경우 모든조건에서 연소실 최고압력이 매우 낮게 나타나고 있는데, 그 이유는 관통력이 작아져 분사노즐 선단으로부터 멀어질수록 다시 액적들이 응집되어 충분히 완전연소가 일어나지 않아 연소실 최고압력이 저하된 것으로 사료된다.

Fig.12는 동력계에 부착된 로드 셀, A/D 변환기와 퍼스컴으로 구성된 데이터 획득장치에 의하여 분사노즐 A형, B형, C형에 대하여 스톱틀 개도량 75%, 기관 회전수 2,500rpm일 때 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우에 기관으로부터 크랭크 각도에 따른 토크의 변화를 채취하여 퍼스컴으로 토크선도를 플로팅하여 나타낸 것이다.

분사노즐 A형, B형, C형 모두 일정한 주기를

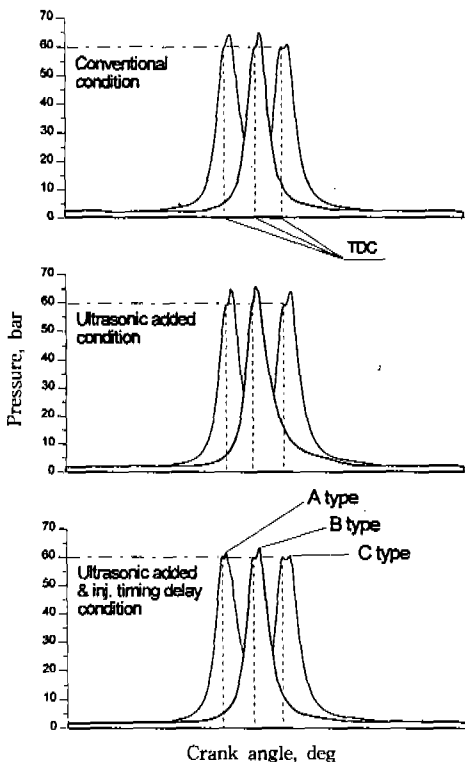


Fig.11 Comparison of P- $\theta$  Diagram with the Type of Injection Nozzle



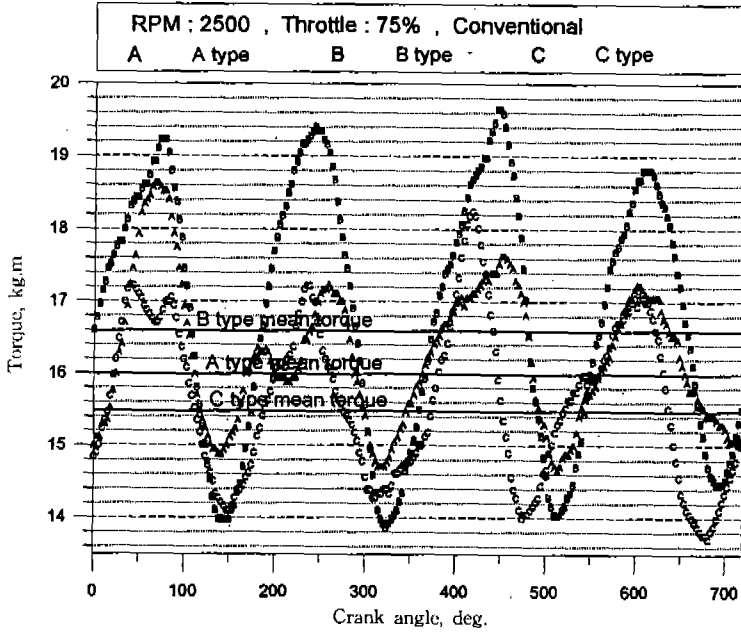


Fig.12 Comparison of Torque Diagram with the Three Different Injection Nozzle

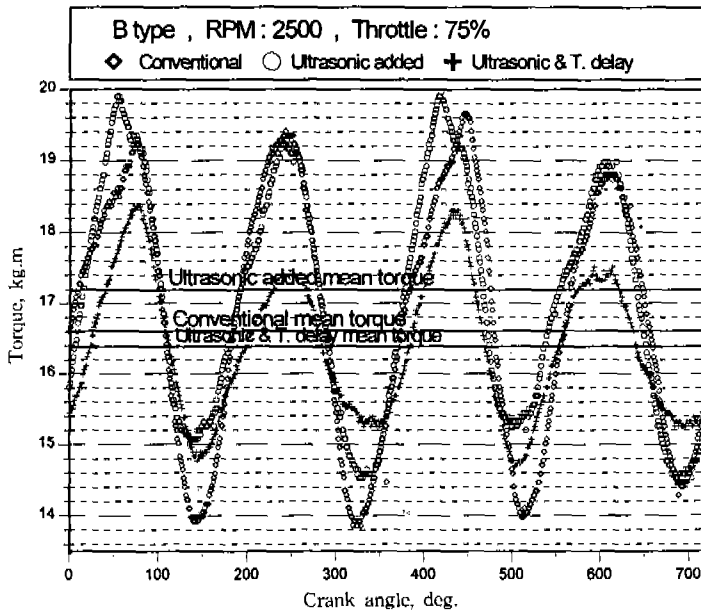


Fig.13 Comparison of Torque Diagram

보이고 있는데, B형의 경우가 가장 안정적인 진폭( $\pm 2.6\text{kg}\cdot\text{m}$ )을 가진 파형을 보이면서 평균 토크가  $16.6\text{kg}\cdot\text{m}$ 로 가장 높은 양질의 토크를 보이고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 연소실에 가장 알맞는 관통력을 유지시킨 효과에 의해 연료의 미립화가 개선되어 물리적 착화 지연 시간이 단축되고 매 연소시마다 연소특성이 균질하게 이루어졌기 때문이라고 사료된다.

Fig.13은 분사노즐 B형, 스로틀 개도량 75%, 기관 회전수 2,500rpm일 때 초음파 에너지를 부가하지 않은 경우, 부가한 경우, 부가하고 분사시기를 지연시킨 경우에 대하여 크랭크 각도에 따른 토크의 변화를 나타낸 것이다.

초음파 에너지를 부가하지 않은 경우, 부가한 경우, 부가하고 분사시기를 지연시킨 경우 모두 일정한 주기를 보이고 있는데, 초음파 에너지를 부가한 경우 가장 안정적인 진폭( $\pm 2.3\text{kg}\cdot\text{m}$ )을 가진 파형을 보이면서 평균 토크가  $17.2\text{kg}\cdot\text{m}$ 로 가장 높은 양질의 토크를 보이고 있음을 알 수 있다. 그 이유는 초음파 에너지를 연료에 부가함으로써 공동현상으로 연료의 분무입경이 작아져 연소가 향상되었기 때문이다.<sup>4,8)</sup>

#### 4. 결 론

본 연구는 디젤기관의 성능특성을 개선하기 위한 방법 중 분무특성의 개선에 주안점을 두고 디젤연료에 초음파 에너지를 부가하는 방법, 분사노즐의 니들밸브 형상에 변화를 주는 방법을 이용하여 연료의 분무입경 측정과 기관성능 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) SMD는 모든 분사노즐에서 시판 경유보다 초음파 에너지를 부가한 연료의 경우가 6~10%의 감소를 보였으며, 또한 분사압력이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.
- 2) 분사노즐 A형, B형, C형 중에 B형이 모든 조건에서 가장 작은 SMD를 나타내었다.

- 3) 모든 분사노즐에서 기관성능은 초음파 에너지를 부가한 경우가 우수하였으며, 분사노즐 B형이 가장 우수하였다.
- 4) 초음파 에너지를 부가한 경우 토크전도는 매우 안정적이며, 주기적인 파형을 나타내었다.

#### 참 고 문 헌

1. J. H. Johnson, et al ; "A Review of Diesel Particulate Control Technology and Emission Effects", SAE Trans. No.940233, 1994.
2. 김상환 ; "디젤자동차의 배기가스 저감 기술", 한국자동차공학회지, 15(3), pp.19~31, 1993.
3. 廣安轉之外 2人 ; "超音波噴射に關する研究", 日本機械學會紙(B編), 51卷 470號, 1985.
4. 류정인 ; "액체연료의 미립화 기술(2)", 한국자동차공학회지, 15(5), pp.31~34, 1993.
5. 최두석 외 2인 ; "초음파 연료공급장치용 디젤자동차의 성능향상에 관한 연구(I)", 한국자동차공학회 논문집, 2(1), SAE No.943700, 1994.
6. 류정인 외 2인 ; "초음파 연료공급장치용 디젤자동차의 성능향상에 관한 연구(II)", 한국자동차공학회 논문집, 2(6), SAE No.943768, 1994.
7. 최두석 외 2인 ; "초음파 연료공급장치용 디젤자동차의 성능향상에 관한 연구(III)", 한국자동차공학회 논문집, 3(4), SAE No.953745, 1995.
8. 최두석 외 2인 ; "초음파 에너지 부가 디젤연료의 화학적, 물리적 특성에 관한 연구", 한국자동차공학회 논문집, 4(3), SAE No. 96370059, pp.147~155, 1996
9. 배종욱 ; "디젤기관의 연료분무 특성에 관한 연구", 부산수산대학교 박사학위논문, 1990.
10. H. Hiroyasu, et al ; "Disintegrating Process and Spray Characterization of Fuel Jet Injected by a Diesel Nozzle", SAE Paper No.840275, 1984.

11. Reference Manual ; "System 2600-Instruction Manual", Malvern Instruments Ltd.
12. P. Meyer and N. Chigier ; "Droplet Measurement using a Malvern 2200 Particle Sizer", Atomization and Spray Technology, Vol.2, pp.261~298, 1986.
13. H. Hosoya, T. Obokata ; "Effects of Nozzle Configuration and Injection Conditions on Velocity and Droplet Size Distributions of Diesel Spray", Transaction of Society of Automotive Engineers of Japan, 25(3), pp.52~57, 1994.
14. T. Kamimoto, H. Yokota and H. Kobayashi ; "A New Technique for the Measurement of Sauter Mean Diameter of Droplets in Unsteady Dense Sprays", SAE Paper No.890316, 1989.