

디젤 분무내의 혼합기 농도 측정 기술

Mixture Concentration Measurement in a Diesel Spray using Laser Diagnostic Technique

이 기 형*
K. H. Lee

1. 서론

디젤 엔진은 1893년 Rudolf Diesel에 의하여 발명된 이래 1세기를 지나는 동안 많은 변화를 겪어오면서 착실하게 진보되고 있다. 수마력에 서 수십만 마력에 이르기까지 폭넓은 출력 범위를 가지고 있을 뿐만 아니라 연료 경제성면에서도 우수하기 때문에 현재의 원동기로서의 지위를 확보하고 있는 상태이다.

그러나 최근 지구 환경 파괴 문제가 심각하게 대두됨에 따라 디젤 엔진에 대하여도 유해 배출 물질의 저감 요구가 강화되고 있다. Fig.1⁽¹⁾은 EPA(미국 환경 보호청)에서 규정한 디젤엔진의 배기 가스 규제의 추세를 나타낸 그림이다.

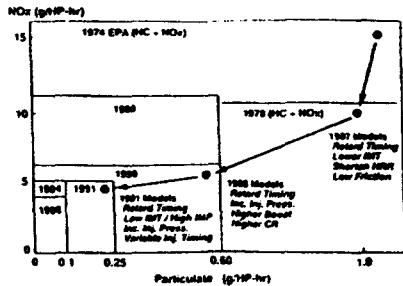


Fig.1 EPA에 있어서의 디젤 배기가스 규제

그림에서 알 수 있는 바와 같이 분사 시기 지연, 고압 분사동에 의하여 규제치를 어느 정도 만족시켜 오고 있지만, 향후 더욱 강화되는 배기 규제에 대응하기 위하여는 디젤 엔진의 연소에 관련된 연소실내 현상에 관한 기초적인 연구가 강력하게 추진되어야 할 것이다.

이러한 과제를 해결하기 위하여는 디젤 엔진 연소실내의 혼합기 형성과정과 연소 과정의 정확한 파악이 무엇보다도 중요하며, 특히 연소실내의 연료-공기의 혼합기 형성 과정은 엔진 성능과 배기 특성에 큰 영향을 미친다는 사실이 잘 알려져 있다. 그러나 그 현상 자체가 워낙 복잡하여 수많은 연구가 수행되고 있음에도 불구하고 아직 불명확한 점이 많이 남아 있는 실정이다. 이러한 혼합기 형성 과정은 연소실내에 있어서의 연료 분무 특성, 공기 유동 특성 및 연소실 형상의 3가지 요소에 크게 좌우되므로, 혼합기 형성 과정에 미치는 연료 분무 특성과 공기 유동 특성 및 연소실 형상의 영향을 서로 관련시켜 정량적으로 해명할 필요성이 증대되고 있다.

연소실내에 있어서의 연료 분무의 거동과 연료-공기의 혼합기 형성 상태를 정량적으로 해석하는 방법으로서, 예전부터 많은 계측법이 제안되어 왔다^{(2),(3)}. 그러나 이러한 방법들은 분무내의 연료 액적과 연료 증기를 동시에 분리하여 측정하기가 불가능하다는 점과 분무의 내부구조의 3차원적 연료 농도 분포의 해석이 어렵다는 점등 많은 문제점을 내포하고 있다. 따라서 디젤 연소에 관한 궁극적인 해명을 위하여는 종래의 계측법이 가진 결점을 보완할 수 있는 새로운 계측법의 개발이 필요 불가결하다고 여겨진다.

본 해설 기사에서는 최근 급속히 발달되고 있는 레이저를 응용하여, 고온 고압하에서 분사된 증발과정 중의 비정상 디젤 분무내의 연료 증기 농도 및 액적 농도 분포를 분리하여 정량적으로 해석할 수 있는 새로운 계측 기술

* 정회원, 한양대학교 기계공학과

인기·액 분리 계측법에 대하여 설명하고자 한다.

2. 디젤 엔진의 연소 과정 및 분무 특성

디젤 엔진의 연소에서는 간헐적이며 비정상적인 연료의 미립화가 진행되어 진다. 이러한 간헐적인 연료 분사에 의한 분무의 형성과 발달 과정은 다음 과정인 가연 혼합기의 형성과 착화에 중요한 영향을 미친다⁽⁴⁾. 따라서 분무의 형성과 발달 과정에 지배적인 역할을 하는 분무 도달 거리, 분무각, 평균 입경등과 같은 분무 특성에 대한 계측이 시도되고 있다.

2.1 디젤 엔진의 연소에 영향을 미치는 인자

디젤 연소는 액체 연료를 0.1~0.4mm의 직경을 가진 분사 노즐에 의하여 분사 압력이 30~100MPa 또는 그 이상의 고압으로 고온의 공기 분위기 중에 간헐적으로 분사함으로써 미립화과정을 거친 후 증발, 혼합기 형성, 착화, 연소, 배기 작용으로 이행되는 현상이다. 이러한 연소 현상은 비정상 상태이며, 또한 수십 ms정도의 순간적인 분무 연소이고, 엔진 연소실내의 체적, 압력, 온도가 수시로 변화하기 때문에, 연소실내의 연료 분무 거동과 연료 증기와 공기의 혼합기 형성 과정 및 연소 과정은 상당히 복잡한 양상을 보이고 있다. Fig.2⁽⁵⁾는 디젤 연소에 관련되는 많은 인자들과 이러한 인자들의 상호 연관성을 나타내고 있다.

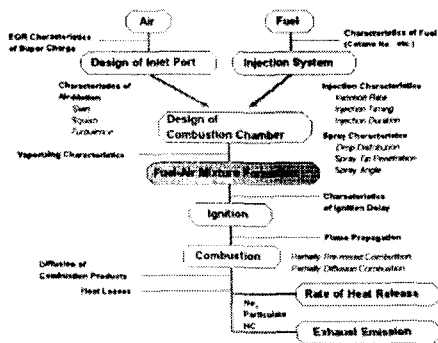


Fig.2 직접분사식 디젤 엔진의 연소과정

이 그림을 통하여 디젤 연소를 지배하는 제 1의 요인은 연소실 내에 있어서의 연료 분무의 기하학적 형상과 국부적인 연료와 공기와의 혼합기 형성 과정임을 알 수가 있다.

2.2 분무의 형상 및 내부 구조

연소실내의 혼합기 형성은 분무 외연부의 연료와 연소실 벽면 충돌 후의 부착 및 비산 연료에 의하여 진행되어 지므로, 혼합기 형성을 기본적으로 지배하는 인자로서 연료 분무가 중요하다고 여겨진다. 따라서 디젤 연소의 연구에 있어서는 디젤 분무 자체의 형상에 주관을 둔 분무 특성 및 혼합기 형성에 관한 연구가 많이 수행되고 있다. 충분히 발달한 비정상 자유 분무의 외부 형상과 내부 구조의 모델은 Fig.3⁽⁶⁾과 같다.

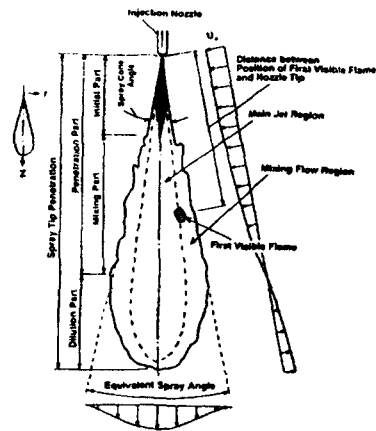


Fig.3 비정상 자유분무의 외부 형상 및 내부 구조

지금까지는 이와 같이 시시각각 장소에 따라서 그 상황이 변화하는 비정상 분무의 계측이 매우 곤란한 상태였으나, 최근 레이저와 화상처리 장치의 진보에 의하여 고속으로 변동하는 극히 복잡한 현상이 정확하게 측정될 수 있는 단계에까지 도달하고 있다. 이러한 비접촉이며 온도와 압력의 영향을 받지 않는 측정 방법인 광학적인 계측 수법이 분무 형상 해석을 위한 측정기술의 주류를 이루고 있다.

3. 디젤 분무내의 연료 증기·액적 농도 분포의 분리 측정 기술

3.1 기·액 분리 측정법의 원리

기상과 액상에서 흡수 스펙트럼의 최대 (peak) 파장이 서로 다른 물질을 디젤 경유 대신 실험 연료로 사용하여, 기상과 액상 각각에 대한 흡수 스펙트럼의 파장특성을 가진 레이저 광을 투과시킨다. 각 파장에 있어서의 레이저 광의 감쇠율 $\log(I_0/I)$ 를 측정함으로써 분무내의 연료 증기와 액적의 투과광 감쇠율을 구하고, 이 측정값에 광흡수 이론, 광산란 이론을 적용하여 디젤 분무내의 연료 증기의 농도와 액적 농도를 분리할 수 있도록 하는 것이 기상과 액상 분리 측정법의 기본적인 원리이다.

우선 다음 (i)에서 (vi)와 같은 4가지 경우에 대하여 고찰하여 보면, 파장이 다른 4종류의 레이저광 λ_{w1-4} 를 분무에 투과시키면 각 파장마다 얻어지는 투과광 감쇠율 $\log(I_0/I)_{1-4}$ 는 다음과 같은 정보를 포함하고 있다.

- (i) λ_{w1} : 기상과 액상 두 경우 모두 흡수하지 않는 파장

$$\log(I_0/I)_1 = \frac{\log(I_0/I)_{Lacc}}{\text{액적의 산란}}$$

- (ii) λ_{w2} : 액상 특유의 흡수 스펙트럼의 최대 파장

$$\log(I_0/I)_2 = \frac{\log(I_0/I)_{Lacc} + \log(I_0/I)_{Labs}}{\text{액적의 산란} \quad \text{액적에서의 흡수}}$$

- (iii) λ_{w3} : 기상 특유의 흡수 스펙트럼의 최대 파장

$$\log(I_0/I)_3 = \frac{\log(I_0/I)_{Lacc} + \log(I_0/I)_{Vabs}}{\text{액적의 산란} \quad \text{증기에서의 흡수}}$$

- (iv) λ_{w4} : 기상과 액상에서 동일한 흡수 스펙트럼의 최대 파장

$$\log(I_0/I)_4 = \frac{\log(I_0/I)_{Lacc} + \log(I_0/I)_{Labs}}{\text{액적의 산란} \quad \text{액적에서의 흡수}}$$

$$\frac{+ \log(I_0/I)_{Vabs}}{\text{증기에서의 흡수}}$$

이상과 같은 4경우에 대한 측정 결과를 이용하여, 기·액 농도의 분리 측정을 수행하기 위하여는 다음과 같은 3종류의 물질을 연료로 사용할 수가 있다.

- (1) 기상과 액상에서 흡수 스펙트럼 파장이 다른 물질의 경우 (2파장 : $\lambda_{w1}, \lambda_{w3}$)

- 액적의 산란만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Lacc} = \log(I_0/I)_1$$

- 증기의 흡수만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Vabs} = \log(I_0/I)_3 - \log(I_0/I)_1$$

- (2) 기상과 액상에서 흡수 스펙트럼 파장이 동일한 물질의 경우 (3파장: $\lambda_{w1}, \lambda_{w2}, \lambda_{w4}$)

- 액적의 산란만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Lacc} = \log(I_0/I)_1$$

- 증기의 흡수만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Vabs} = \log(I_0/I)_4 - \log(I_0/I)_2$$

- (3) 액적에서의 흡수를 무시한 경우 (2파장 : $\lambda_{w1}, \lambda_{w4}$)

- 액적의 산란만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Lacc} = \log(I_0/I)_1$$

- 증기의 흡수만에 의한 투과광 감쇠율

$$\log(I_0/I)_{Vabs} = \log(I_0/I)_4 - \log(I_0/I)_1$$

이상으로부터 (1)에 나타난 기상과 액상에서 흡수 스펙트럼이 다른 액체를 시험 연료로 사용하여 각각의 파장에 의한 투과광 감쇠율을 측정하면 기·액 농도의 분리 측정이 가능하다. 그러나 실제로 기상과 액상에서 흡수 스펙트럼이 다른 액체로서 물성치가 실제 연료인 경유와 비슷한 액체는 존재하지 않는다. 또한 (2)와 같이 동시에 3파장의 레이저광을 조사하는 것도 시스템면에서도 곤란하다. 따라서 (3)에 나타난 방법을 채용하여, 기상에서 흡수하는 파장의 레이저광은 액상에서 흡수되지 않는다는 가정하에 기상에서 흡수하는 파장과 기상에서 흡수하지 않는 파장인 2 파장의 레이저광

을 분무에 동시에 투과함으로써 기·액 농도의 분리 계측을 시도하는 방법이 주로 사용되고 있다.

파라핀, 오레핀등 각종 성분으로 구성된 경유에 대하여 흡수광 광도법을 이용하면 각 성분에 의한 흡수 파장이 다르기 때문에 정확한 농도 측정은 곤란하다. 따라서 시험 연료로서 실제 연료인 경유와 물성치가 비슷하고 흡수 스펙트럼의 최대 파장이 단일인 순물질이 적합하다고 판단된다.

3.2 α -메틸나프탈렌 (α -methyl naphthalene)

최근 디젤 경유와 성상이 비슷하고, 실온에서 액체이며 자외 영역에서 흡수 스펙트럼을 가지는 순물질인 α -메틸나프탈렌[C₁₀H₇(CH₃)]이 시험연료로서 주목을 받고 있으며, 이 α -메틸나프탈렌은 디젤 경유의 세탄가를 측정할 때 사용된다. 디젤 경유중에는 α -메틸나프탈렌과 같은 고비등점 성분인 방향족 성분이 30~40% 포함되어 있다.

Fig.4⁽⁷⁾는 α -메틸나프탈렌의 흡수 스펙트럼의 측정결과를 나타낸 그림이다.

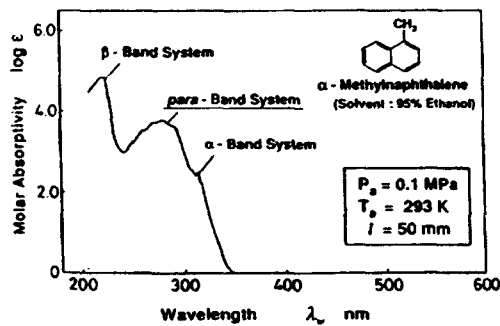


Fig.4 α -메틸나프탈렌의 흡수 스펙트럼

이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 자외 영역의 중심 파장 $\lambda_w=220,280,320\text{nm}$ 부근에 에너지 흡수에 위한 흡수 스펙트럼이 확인되고 있으며, 이 결과는 Friedel, R.A.등⁽⁸⁾의 결과와 일치한다. 또한 Table 1은 α -메틸나프탈렌의 각 물성치⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾에 대하여 경유와 비교한 표이며, 두 경우는 비교적 근사한 값을 나타내고 있다. 이러한 검토 결과에 의하여 가시 영역에서 흡수 스펙트럼의 최대파장을 가지며, 실제 연료

Table 1 α -메틸나프탈렌의 물성치

Properties	Fuel	α -Methyl naphthalene	Diesel Fuel JIS No.2
Molecular Weight		142.2	180(mean)
Density	kg/m ³	1.016×10 ³	0.831×10 ³
Kinetic Viscosity	m ² /s	2.58×10 ⁻⁶	3.82×10 ⁻⁶
Surface Tension	N/m	38.6×10 ⁻³	28.2×10 ⁻³
Boiling Point	K	517.8	546.0
Critical Temperature	K	772.0	743
Critical Pressure	MPa	3.45	1.50
Refractive Index		1.6149	-

와 성상이 비교적 근사하기 때문에 시험 연료로서 α -메틸나프탈렌을 이용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

3.3 자외·가시광 2 파장 흡수·산란 광도법

Fig.5는 최근 SUZUKI등⁽⁹⁾이 개발한 자외광과 가시광의 2파장 레이저광에 의한 광흡수와 산란이론을 응용한 연료 분무내의 연료 증기, 액적 분포의 분리 계측법에 대한 흐름도이다.

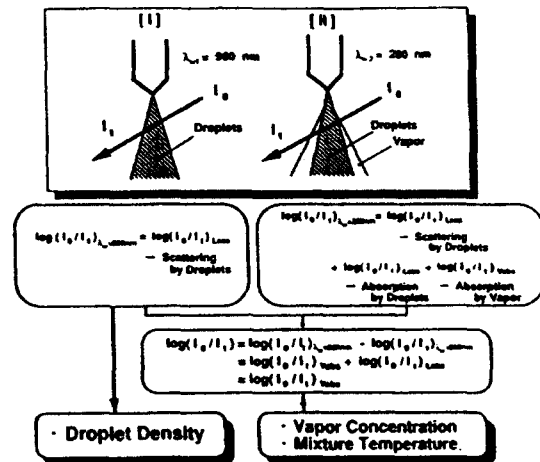


Fig.5 연료 증기·액적 농도 분포의 분리 계측 흐름도

기상과 액상 둘 다 흡수되지 않는 파장($\lambda=560\text{nm}$:가시광)을 분무에 투과시키면 다음식과 같이 연료 액적(liquid droplets)의 산란만에 의한 투과광 감쇠 $\log(I_o/I_t)_{Lsc}$ 가 발생한다.

$$\log(I_o/I_t)_{\lambda=560\text{nm}} = \log(I_o/I_t)_{Lsc} \quad (1)$$

또한 기상과 액상에 동일한 흡수 스펙트럼의 최대 파장($\lambda=280\text{nm}$:자외광)을 투과한 경우 투과광 감쇠율은 다음 식과 같이 연료 액적의 사란 $\log(I_0/I_t)_{Lsc}$ 과 흡수 $\log(I_0/I_t)_{Labs}$ 및 증기의 흡수 $\log(I_0/I_t)_{Vabs}$ 의 합이 된다.

$$\log(I_0/I_t)_{\lambda=280\text{nm}} = \log(I_0/I_t)_{Lsc} + \log(I_0/I_t)_{Labs} + \log(I_0/I_t)_{Vabs} \quad (2)$$

여기서 식(2)의 우변 제2항인 연료 액적에 의한 자외광의 흡수 $\log(I_0/I_t)_{Labs}$ 가 문제이다. 증발과정에 있는 메탄올의 정상 분무내의 연료 농도 측정에 적외선 흡광 광도법을 적용한 연구보고⁽¹⁰⁾에 의하면, 액적의 흡수에 의한 적외광($\lambda=3.7\mu\text{m}$)의 투과광 감쇠율 $\log(I_0/I_t)_{Labs}$ 는 연료 증기에 의한 적외광의 흡수광의 감쇠율 $\log(I_0/I_t)_{Vabs}$ 에 대하여 수%이내라는 사실이 알려져 있다.

따라서 다음에 나타낸 식(3)과 (4)를 이용한 다. 우선 입사광 파장 $\lambda_w=560\text{nm}$ 에 있어서의 측정 결과에 의하여 연료 액적의 산란만에 의한 투사광 감소를 $\log(I_0/I_t)_{Lsc}$ 이 구해지고, 다음으로 입사광 파장 $\lambda_w=280\text{nm}$ 에 있어서의 측정 결과로부터 $\lambda_w=560\text{nm}$ 에 있어서의 측정 결과를 빼게 되면 분무내의 증기의 흡수만에 의한 투사광 감소를 $\log(I_0/I_t)_{Vabs}$ 가 구해진다. 이러한 측정 방법을 증발과정에 있는 디젤 분무에 적용하여 분무내 연료 증기·액적 농도 분포를 측정할 예를 소개하도록 한다.

$$\log(I_0/I_t)_{Lsc} = \log(I_0/I_t)_{\lambda=560\text{nm}} \quad (3)$$

$$\log(I_0/I_t)_{Vabs} = \log(I_0/I_t)_{\lambda=280\text{nm}} - \log(I_0/I_t)_{\lambda=560\text{nm}} \quad (4)$$

3.4 기·액 분리 계측용 광학 시스템

연료 증기와 액적 농도를 분리하기 위하여 구성한 광학 시스템은 Fig.6⁽¹¹⁾과 같다.

Q-Switched Nd:YAG 레이저(Continuum사 제품 : NT-61-10, 출력 300mJ/6ns)를 여기 레이저로 사용하고, 색소 레이저(Lambda Physik 사 제품 : LPD 3002, 색소 : Rhoamine 6G)에

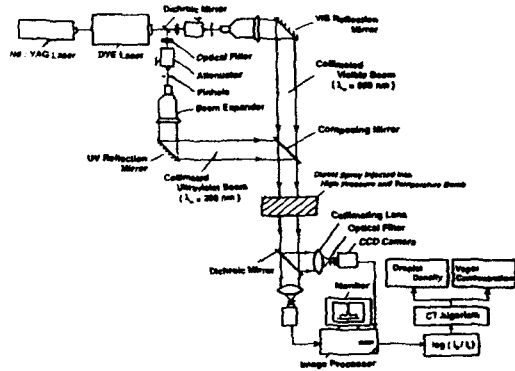


Fig.6 기·액 분리 계측용 광학계 구성도

의하여 자외광 레이저 빔($\lambda=280\text{nm}$)과 가시광의 레이저 빔($\lambda=560\text{nm}$)이 동시에 발진된다. 색소 레이저로부터 발진된 2 파장의 레이저 빔은 Fig.6과 같은 파장 투과 특성을 가진 dichroic 거울에 의하여 자외광과 가시광으로 분리되고 각각 band path 필터를 통과한 후 빔 팽창기(expander)에 의하여 직경 $\phi=100\text{mm}$ 의 평행광으로 된다. 그 후 재합성 거울을 통하여 자외·가시광의 평행 광속이 동시에 분사된 디젤 분무에 투과된다. 증발과정에 있는 디젤 분무내의 연료 증기 및 액적의 흡수, 산란에 의하여 감쇠된 레이저 광은 다시 dichroic 거울에 의하여 자외광, 가시광으로 분리되어 집광되어 진다. 각각의 파장에 대한 화상 데이터는 2대의 CCD 카메라 시스템(Photometrics사 제품 : Star 1, 화소수 : 384×576 , 분해능 : $23\mu\text{m} \times 23\mu\text{m}/\text{pixel}$)에 의하여 획득되며, 이러한 화상 데이터는 카메라 시스템의 컴퓨터내에서 화상 처리되어, 연료 증기와 액적 농도 각각에 상응하는 투과광 감쇠율 분포가 재측되어 있다.

4. 디젤 분무내의 연료 농도 분포 측정 결과 예

4.1 자유 분무의 측정 결과

이상과 같은 측정 시스템을 이용하여 동일 분사 조건하에서 분사한 벽면에 충돌시킨 수직 충돌 분무($L=25\text{mm}$)와 벽면이 없는 자유 분무($L=\infty$)에 대하여 분사 개시로부터 동일 시간 $t=1.2\text{ms}$ 에서의 분무 중심축을 포함하는 2차원 수직 단면에 있어서의 공기과잉을 분포를 비교

한 결과를 Fig.7에 나타내었다⁽¹²⁾. 자유 분무의 경우, 분무 선단부에 형성되는 큰 스케일의 와 (vortex)에 의하여 분위기 도입이 활발하여 연료 액적의 증발이 활발하게 되는 위치에서 공기과잉율이 높은 값을 나타내고 있는 반면, 충돌 분무에서는 벽면상의 분무 선단 영역의 연료 증기 농도가 높은 위치가 아니라 벽면상의 분무 상부위치에서 공기과잉율이 높은 것을 보이고 있다.

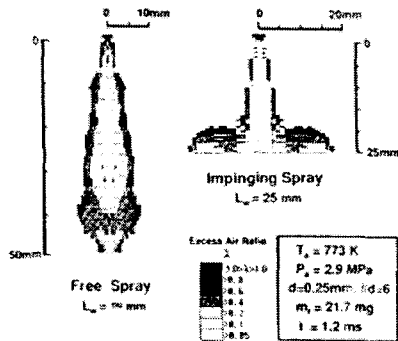


Fig.7 자유 분무와 수직 충돌 분무의 공기과잉율 분포 비교

4.2 연소실내의 연료 액적 및 증기의 거동 특성

4.2.1 모델 연소실의 개략 및 해석 원리

디젤 엔진의 경우, 연소실내에 분사된 분무내의 연료 액적의 분산 및 증발, 연료 증기의 확산, 공기와의 혼합기 형성과정이 엔진 성능과 배기 성능에 큰 영향을 미치고 있다는 사실이 잘 알려져 있으나, 디젤 분무의 연료 증기 거동에 대하여는 현상이 복잡하고 측정이 곤란하므로 상세한 해석이 거의 이루어지고 있지 못한 실정이다. 3절에서 설명한 해석방법을 이용하여 실제 엔진의 연소실 형상을 모사한 모델 연소실을 고온 고압 분위기 중에 설치하여 연소실내로 분사된 디젤 분무내의 연료 액적과 연료 증기의 거동을 2차원적으로 해석한 결과를 소개하고자 한다. Fig.8은 디젤 분무의 거동을 파악하기 위하여 사용한 모델 연소실의 개략을 나타낸 그림이다. 분사노즐 선단부로부터 실린더 벽면까지의 거리를 실린더 반경 $D_c/2$, 분사노즐 선단부로부터 캐비티(cavity) 벽면까지의 거리를 캐비티 반경 $d/2$, 분무축과 노즐선

단으로부터 실린더헤드에 평면으로 그은 직선과의 각도를 분무 충돌 각도 α , 실린더 헤드로부터 노즐 선단까지의 거리를 노즐 들출량 $2n$, 피스톤 헤드와 실린더 헤드와의 간격을 Top clearance δ 로 하여, 각각을 임의로 변화시킬 수 있는 구조로 하였다. Fig.9는 해석 원리를 나타낸 그림으로 α -메틸나프탈렌 [$C_{10}H_7(CH_3)$]을 실험 연료로 사용하였고, 두 종류의 레이저 파장($\lambda=560nm$; 가시광, $\lambda=280nm$; 자외광)으로 투과시켰을 경우에 투과광 감쇠율 분포를 동시에 측정하였다. 3절에서 설명한 바와 같은 기·액 분리 측정법에 의하여 액적과 증기의 투과광 감쇠율 분포가 구해진다. 이러한 측정에 의하여 구해진 투과광 감쇠율 분포는 레이저 광로상의 적분값이며, 분무내의 국부적인 값은 아니다. 따라서 이와 같은 해석 결과는 연소실내의 연료 액적과 증기의 거동을 모델 연소실 측면으로부터 2차원적으로 구해진 정성적인 표현이라고 할 수 있다.

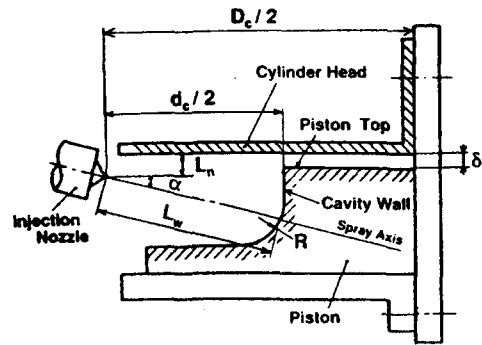
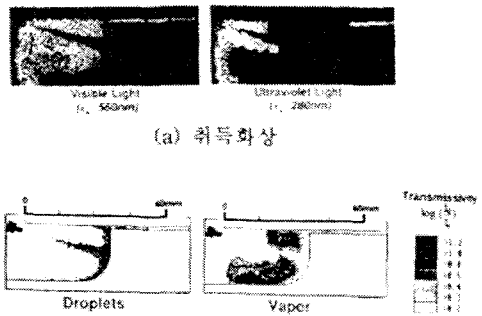


Fig.8 모델 연소실의 개략도⁽¹¹⁾



(b) 투과광 감쇠율 분포

Fig.9 해석 원리⁽¹¹⁾

4.2.2 연료 거동의 측정 결과

Fig.8과 같은 모델 연소실에 있어서의 연료 액적과 연료 증기의 2차원 거동에 미치는 연료 분사 압력의 영향에 대하여 해석한 결과를 Fig.10⁽¹²⁾에 나타내었다. Fig.10에 나타난 $t=2.0\text{ms}$ 에 있어서의 분무 거동을 살펴보면 분사압력의 상승과 더불어 피스톤 캐비티 벽면상의 연료 액적량은 감소하고, 캐비티내의 연료 증기는 광범위하면서도 농후하게 분포하고 있음을 알 수 있다. 또한 Top clearance부에 있어서의 분사 압력이 $\Delta P_i=56.68\text{MPa}$ 에서 연료 액적이 상당히 농후하며 연료 증기는 존재하지 않지만, $\Delta P_i=85\text{MPa}$ 에서는 Top clearance부에서 연료 액적의 증발이 진행되어 연료 증기가 존재하게 되는 현상을 보이고 있다. Fig.11⁽¹²⁾에 나타낸 분무 외형 형상의 시간적 변화를 살펴보면 분사 압력이 높을수록 연료 액적의 성장 속도는 캐비티 벽면 충돌 후 작아지는 반면, 연료 증기는 성장 속도 뿐만아니라 존재 범위도 증가하는 결과를 나타내고 있다. 이상과 같은 기·액 분리 계측 기술을 이용한 측정 결과로부터, 연료 분사 압력의 고압화에 의하여 캐비티내 및 Top clearance에 있어서의 연료 액적의 증

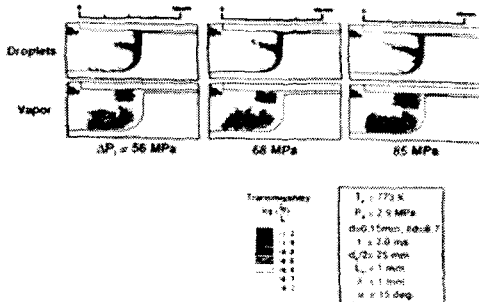


Fig.10 분무거동에 미치는 분사차압의 영향 ($t=2.0\text{ms}$)

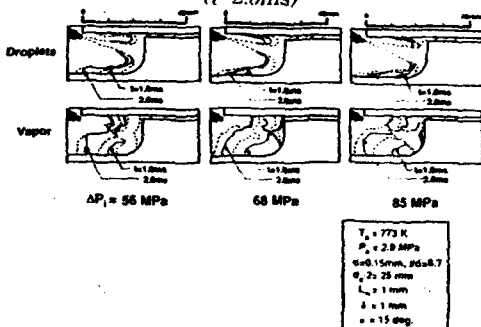


Fig.11 분무 형상에 미치는 분사차압의 영향 ($t=0.5\sim 2.5\text{ms}$)

발 및 분위기의 도입이 촉진되어, 혼합기 형성이 개선되고 있다는 사실을 파악하였다.

5. 맺음말

지금까지 디젤 엔진의 분무 해석에 도움이 된다고 생각되어지는 최신의 광용량 계측 기술을 소개하였다. 현재 당면하고 있는 엄격한 배기 규제의 대응과 연비 향상을 도모하기 위하여는 디젤 엔진내의 연소 현상 규명을 통한 보다 효율 높은 엔진 개발에 대한 요구가 높아지고 있으며, 이와 관련하여 현재의 계측기술에 만족하지 않고 보다 차원성과 시간 분해능이 우수한 계측법의 개발이 요구되어지고 있다. 따라서 사용 목적에 적합한 연소 계측 기술의 개발과 실용 엔진에의 적용기술을 확립하기 위하여 더욱 많은 노력이 필요시 되고 있다.

참고 문헌

1. Primus, R., Presented at the DOE Diesel Working Group Meeting, 1992
2. 廣安 他2名, 日本機械學會論文集, Vol.44, No.385, pp.3208~3215, 1979
3. Gray, J.T. et al., SAE No.660748, 1966
4. 伊藤, 日本機械學會論文集, Vol.36, No.285, pp.759~766, 1970
5. Hiroyasu, H., COMODIA '85, pp.53~60, 1985
6. Fujimoto, M., et al., 14th CIMAC(Helsinki), D-38, 1981
7. Suzuki, M., Nishida, K. and Hiroyasu, H., Translations of JSME, Vol.59, No.558, B, pp.329~337, 1993
8. Friedel, R.A. and Orchin, M. "Ultraviolet Spectra of Aromatic Compounds", JohnWiley & Sons, Inc., 1951
9. Suzuki, M., Nishida, K. and Hiroyasu, H., SAE No.930863, 1993
10. Drallmeier, J.A. and Peters, J.E., Atomization and Sprays, Vol.1, pp.63~69, 1991
11. Suzuki, M., Nishida, K. and Hiroyasu, H., COMODIA '94, pp.199~204, 1994
12. 鈴木, 博士學位論文