

# 전자 제어식 가솔린 엔진의 벽류 생성 요인에 관한 연구

김봉규\* · 이기형\*\* · 이창식\*\*  
(1998년 2월 5일 접수)

## A Study on the Factors of Fuel-Film Formation in an EGI Gasoline Engine

Bong-Gyu Kim, Ki-Hyung Lee and Chang-Sik Lee

**Key Words:** EGI(전자제어식 연료 분사), Fuel-Film(벽류), Liquid-Fuel(액상 연료), SMD(sauter 평균입경), PMAS(분무 해석 장치), Spray Characteristic(분무 특성), Diffusion Flame(확산 화염)

### Abstract

Mixture formation is one of the significant factors to improve combustion performance of an spark ignition engine. This is affected by spray and atomization characteristics of injector. In the case of EGI system, air-fuel mixing period is so short that a lot of fuel-film and liquid-fuel flow into cylinder. Since this fuel-film is not burnt perfectly in cylinder, it is exhausted in the form of HC emission. In this paper, three measurement techniques were utilized to measure spray characteristics and the amount of fuel-film in the cylinder. At first, PMAS was used to measure the spray characteristics such as size distributions, SMD, and spray angle. Secondly the amount and distribution of fuel-film which flow into through intake valve could be measured quantitatively using the fuel-film measuring device. And lastly, by optical fiber type spark plug used to detect the diffusion flame, the amount of unburned HC was measured. As the result of these experiments, the information of optimal spray characteristics and injection condition to minimize fuel-film could be built up.

### 1. 서 론

최근 자동차의 배기가스에 의한 환경오염 문제가 날로 심각해짐에 따라 세계 각국에서는 배기 규제 및 연비규제가 한층 강화되고 있다. 특히 최대의 자동차 수출대상국인 미국에서는 1990년 대기정화법이 대폭 개정되어 4단계의 엄격한 배기 규제가 단계적으로 실시되고 있는 실정이다<sup>(1)</sup>. 따라서 자동차의 수출경쟁력을 강화시키기 위해서는 배기가스에 대한 저감대책이 절실하게 요구되고 있다.

Beuber<sup>(2)</sup>의 보고에 따르면 1987년 이후부터 전자제어식 다점 분사시스템(MPI)의 보급이 급격

히 증가되기 시작하여, 미국, 일본, 유럽등에서는 MPI 방식이 가솔린 엔진 중 85%이상을 차지하고 있는 실정이다. 이와 같은 MPI 가솔린 엔진의 연소현상은 연료분무의 미립화상태와 수송과정 및 연소실내에서의 분무 확산 상태등과 같은 혼합기 형성과정에 지배적인 영향을 받는다고 판단되며, 이러한 혼합기 형성과정에는 분무각도와 분무입경 및 벽류등과 같은 분무특성의 영향이 대단히 크다고 할 수 있다. 그러나 MPI 분사방식의 경우 흡기포트내에서의 연료와 공기가 혼합할 수 있는 시간적 여유가 부족하므로 불균일한 혼합기가 형성되기 쉬울 뿐만 아니라 연료의 분사방향과 분사 시기에 따라서는 분사된 연료가 흡기관의 내벽, 흡기 밸브 및 연소실 벽에 부착될 수도 있다. 이와 같이 벽류로 부착된 연료는 불완전 연소를 초래하여 미연 탄화가스(UHC)상태로 배출되어 공해를 유발하게 되므로, 저공해 및 저연비

\* 회원, 한양대학교 대학원 기계공학과

\*\* 회원, 한양대학교 기계공학과

엔진개발을 위하여는 인젝터의 분무 특성에 관한 개선 기술이 필요함과 동시에 벽류량을 최소화시킬 수 있는 연료 공급 기술 개발이 요구되고 있다<sup>(3,4)</sup>.

본 연구에서는 MPI 가솔린 엔진에 많이 이용되고 있는 핀틀(pintle)형, 2공2분무(2hole-2spray)인젝터 및 공기 보조식 미립화 인젝터 등 세 종류의 인젝터형식을 선정하여 각각의 인젝터에 대한 분무특성을 파악하였고, 흡입유동을 발생시킬 수 있는 정상유동 실험장치를 제작하여 분무특성에 대한 주위 공기유동의 영향과 벽류 발생량을 측정하였다. 또한 광파이버 부착 점화 플러그를 제작하여 분사방식에 따른 실제 연소실 내의 확산 연소 상태를 측정함으로써 벽류에 대한 흡기온도나 분사방향의 영향을 분석하였고, 이러한 벽류와 HC 배출의 인과관계를 해명하였다. 이러한 결과들을 토대로 MPI 가솔린 엔진의 벽류 발생 요인을 파악하였고, 이와 같은 벽류를 저감시킬 수 있는 최적한 연료 분사 조건과 분사 시스템에 관한 기초자료를 구하였다.

2. 실험 장치 및 측정 방법

2.1 분무 해석 장치

본 실험에 사용된 분무 해석 장치의 하드웨어를 구성하는 개략도를 Fig. 1에 도시하였다.

이 시스템의 주요 구성품은 광원부, CCD 카메라, 105mm 렌즈, 스파크 광원 구동부 그리고 이미지 보드와 제어용 보드를 탑재한 컴퓨터등이다. 광원부는 발광 지속 기간이 짧게(50ns) 설계되어 있으며, CCD 카메라는 촬상소자의 면적이 7.95(H)×6.45(V)mm이고 유효 화소(pixel)수는 768(H)×494(V)이다. 또한 화상 획득 장치(frame grabber : Matrox RGB board)의 분해능은 640(H)×480(V)이고 8bit로 계조값(gray level)

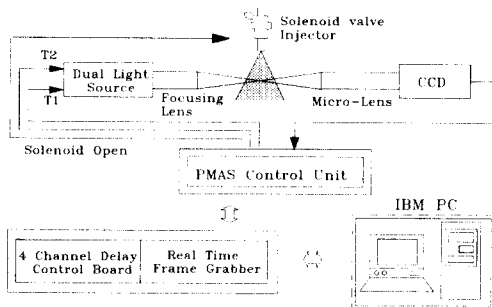


Fig. 1 Block diagram of PMAS.

분해능을 갖고 있다. 수광용 렌즈로는 Nikon 105mm 확대기 렌즈를 이용하였고, 장과장광을 차단하기 위하여 Nikon B12 필터를 -렌즈앞에 부착하였다. 컴퓨터에 내장되어 있는 제어용 보드에 의하여 인젝터의 솔레노이드 밸브와 스파크 광원부 그리고 화상 획득 장치를 제어한다.

이와 같은 실험장치들을 통해 얻은 분무 입자들의 화상들에 대하여 화상 처리를 수행하여 입경을 구하게 되는데 이때의 입자가 차지하는 화소수와 입경의 관계는 Fig. 2에 나타낸 바와 같으며, 계측 정도는 Fig. 3에서 알 수 있듯이 25μm 이상의 입경인 경우는 오차가 최대 5%이내에 존재하므로 비교적 큰 입경들이 분포하는 가솔린 인젝터의 실험에 적합하다고 할 수 있다.

2.2 벽류량 측정 장치

본 실험에서는 흡기관 벽면을 통하여 연소실내로 유입되는 벽류량의 분포뿐만 아니라 정량적인

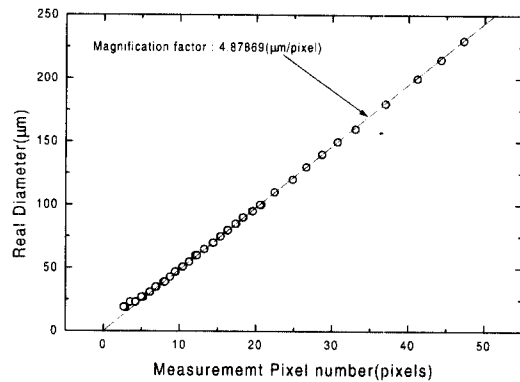


Fig. 2 The relation of pixel number and real diameter.

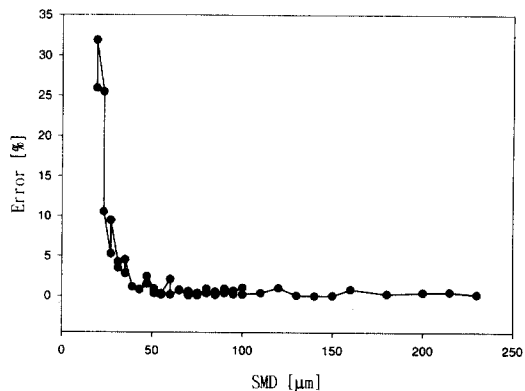


Fig. 3 The relation of error percentage and diameter.

유량까지 측정할 수 있도록 Fig. 4에 나타낸 것과 같은 벽류량 측정 장치를 제작하였다. 또한 이 벽류량 측정 장치를 실제 실린더 헤드에 장착하여 흡기 매니폴드를 통하여 유입되는 공기량과 공기 온도 및 인젝터 부착 각도와 인젝터의 종류에 따라서 벽류량이 어떻게 달라지는가를 조사하였다.

벽류량 측정 방법은 그림과 같은 벽류 측정 장치를 실제 엔진의 밸브 시트를 제거하여 대신 장착하고, 측면부에 관통된 24개의 구멍에 외경 4mm, 내경 3mm의 호스를 삽입한 후, 이 호스를 통하여 흘러나오는 벽류를 24개의 내경 6mm의 유리관으로 채집하여 그 부피를 측정하였다. 이 경우 벽류 측정용 호스의 외부 도출 문제와 부압으로 인하여 호스내로 벽류가 유입되지 않는 사실을 감안하여 Fig. 5과 같이 흡기관에서 실린더내로 공기를 송출하는 방식을 사용하여 실험 장치를 구성하였다.

인젝터의 연료 분사 압력은 2.5bar로 고정하였고, 유입 공기의 유속은 0m/sec, 2m/sec, 3m/sec 세가지 경우로 변화시켰으며, 흡기관내 공기의 온도는 30℃, 60℃, 90℃ 세가지, 그리고 인젝터는 3가지 형식을 사용하였다. 이러한 인젝터를 구동시키기 위한 구동회로를 제작하였고, 인젝터의 구동신호는 100Hz, 분사기간은 5ms로 설정하여 연료를 분사하였다.

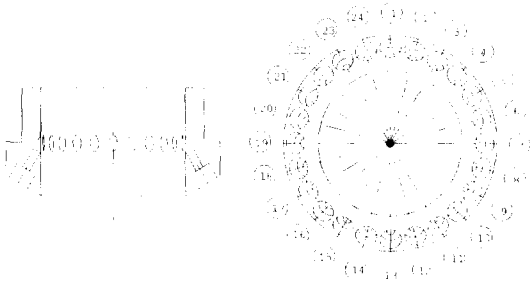


Fig. 4 Measurement device for the wall fuel film.

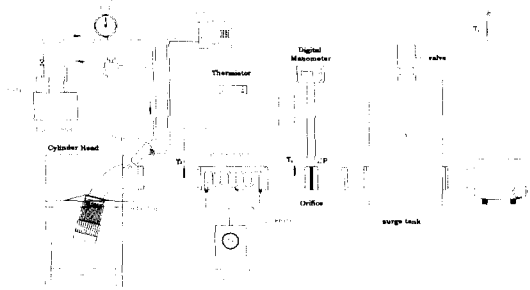


Fig. 5 Schematic diagram of experimental apparatus.

### 2.3 확산 화염 측정 장치

유해 배출 가스 중 HC의 발생 원인으로는 흡기 포트벽과 실린더 내벽에 부착되어 연소되지 않고 배출되는 벽류의 영향이 크다는 사실이 잘 알려져 있다<sup>(5,6)</sup>. 이러한 현상은 연료가 완전히 기화하지 못하고 큰 입자로 공기와 혼합되어 연소실내에 유입되면 예혼합 연소가 아닌 확산 화염을 일으켜 실린더내에 그을음을 남기며, 또한 불완전 연소상태이므로 미연 가스의 형태로 HC가 배출되고 있기 때문이라고 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 연소실 내의 확산 연소 상태를 검출함으로써 HC발생의 정도를 추측하는 계측 기술을 확립하였다. 확산 화염은 파란색을 띠는 예혼합 화염과는 달리 오렌지색을 띠는 점에 착안하여 본 실험에서는 Fig. 6에 나타낸 것과 같이 점화 플러그 중심 전극속에 직경 0.44mm의 광파이버를 삽입하고 광파이버 출구에서 확산화염의 파장 영역에 가까운 파장만을 통과시키는 필터를 장착하여, 연소실내의 화염으로 인한 빛 중의 확산화염에 의한 빛만 취득하여 광 세기를 전압의 세기로 바꾸어 A/D 변환기를 통하여 신호를 컴퓨터로 받을 수 있도록 제작하였다. 이 장치에 의해 엔진의 운전상태에 따른 확산 화염의 발생 정도를 측정하였다.

운전조건으로는 냉간 운전시와 난기 운전시에 있어서의 확산화염 강도를 측정·비교하기 위하여 냉간 시동시와 시동후 30초, 60초 경과시, 그리고 워밍업이 끝난 후에 대한 확산화염을 측정하였고, 또한 엔진 회전수에 따라 확산화염의 발생량이 어떻게 달라지는지를 파악하기 위하여 2000, 2500, 3000, 4000rpm에 대해 확산화염을 측정하였다. 측정시의 샘플링 개수는 10kHz로 20000개의 데이터를 2초간 취득하였으며, 또한 각각의 실험시마다 엔진을 충분히 냉각시켜 냉간 운전시의 확산화염을 측정하였다.

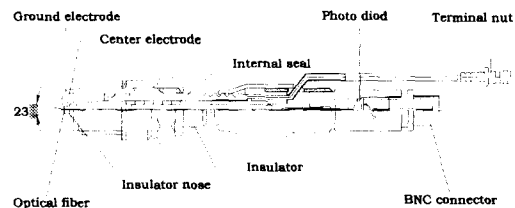


Fig. 6 Sectional configuration of spark plug with optical-fiber.

2.4 인젝터 형식 및 제원

MPI 가솔린 엔진의 연료 분사 장치로서 초기에는 핀틀형의 인젝터가 많이 사용되었으나, 최근 흡기포트가 사이아미즈(siamese)형상인 DOHC(double over head cam)엔진의 보급이 증가됨에 따라 흡기포트 형상을 고려하여 두 방향으로 분사되는 인젝터가 사용되는 경우가 많다. 또한 가솔린 엔진의 혼합기 형성을 최적화하기 위해서는 분무입자의 증발속도를 향상시켜 공기와의 혼합을 촉진시키고 동시에 액체상태의 벽류 부착률도 감소시키기 위하여 공기 보조식(air-assist) 미립화 인젝터를 채용하는 경우가 증가되고 있다. 본 실험에서는 핀틀형, 2공 2분무, 공기 보조식 2공 2분무 인젝터 등 3종류의 인젝터를 사용하였으며 Fig. 7에 인젝터의 형상과 분무각의 정의를 나타내었고, 인젝터의 주요 제원을 Table 1에 나타내었다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 인젝터 종류에 따른 자유 분무 형상 및 벽류 분포 특성

Fig. 8은 본 실험에 사용한 인젝터의 분무 특성을 파악하기 위하여 대기중에 분사한 자유 분무 형상을 촬영한 사진결과이다. 각각의 특징에 대해 살펴보면 핀틀형 인젝터의 경우는 중앙에 하나의 원추형의 분무가 형성되고 있으며, 노즐

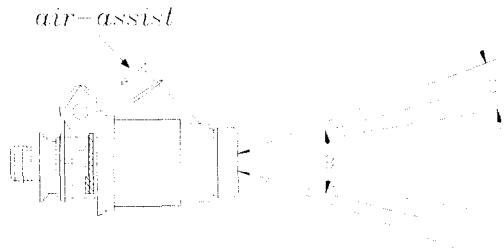


Fig. 7 Configuration of air-assist injector.

Table 1 Specifications of test injectors.

Injector Type	Stream Angle (B)	Spray Angle (C)
Pintle	—	8° ~ 30°
2hole 2spray	22° ± 4'	10°
Air-assist 2hole 2spray	22° ± 4'	10° (w/o air-assist)

출구 부근에서는 액주 형상을 하고 있으나, 분무가 진행됨에 따라 분열 현상이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 분무 형상의 경우 흡기 2밸브 엔진의 흡기 포트내 중앙 분리벽에 분사된 연료의 많은 부분이 부착될 가능성이 크다는 것을 예측할 수 있으며, 2공 2분무 인젝터의 경우에는 두 방향의 분무가 독립적으로 성장하고 있으므로 분리벽으로의 부착률이 비교적 적다는 것을 예상할 수가 있다. 마지막으로 공기 보조식 인젝터는 많은 입자들이 분열되고 있는 양상을 볼 수 있으며, 보조 공기의 공급 압력에 의하여 분무의 성장 속도가 촉진 되는 결과를 나타내고 있다. 이러한 보조 공기 공급에 의한 미립화 효과가 연료의 기화에 커다란 영향을 미칠 것으로 기대된다. 이와 같은 분무 형상을 가진 3종류의 인젝터에 대한 자유 분무시의 SMD(sauter mean diameter)를 측정하여 그 결과를 Fig. 9에 나타내었다.

각 분무의 입경 특성은 핀틀형, 2공 2분무, 공기보조식 인젝터의 순으로 SMD가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 미립화에 대한 보조 공기의 효과가 존재함을 알 수 있다. 또한 분무 형상 그림(Fig. 8)과 입경 분포(Fig. 9)를 비교해 보면 분무 중심선상의 액주가 존재하는 부분에 큰 입경의 액적들이 분포하고 있음을 보여준다.

Fig. 10은 본 연구에서 제작한 벽류량 측정 장치를 이용하여 인젝터의 종류에 따른 실린더로 유입되는 벽류량 분포를 나타낸 결과이다. 이 경우에는 인젝터만의 영향을 고려하기 위하여 주위 공기 유동이 없는 상태에서 연료를 분사하였다. 그림에서 보는 바와 같이 핀틀형 인젝터의 경우 흡기포트의 상하 방향에 많은 벽류를 나타내고 있는데, 그 이유는 벽류가 포트의 곡면을 따라 밸브쪽으로 흘러 내려가면서 본 실험에 사용한 포트형상과 연료 자체 중량에 의해 서로 합류하여 특히 하부에 많은 벽류량을 나타내고 있다. 반면 2공 2분무 인젝터는 분무 방향이 2방향



(a) Pintle (b) 2hole 2spray (c) Air-assist (0.5kg/cm<sup>2</sup>)

Fig. 8 Spray characteristics of test injectors.

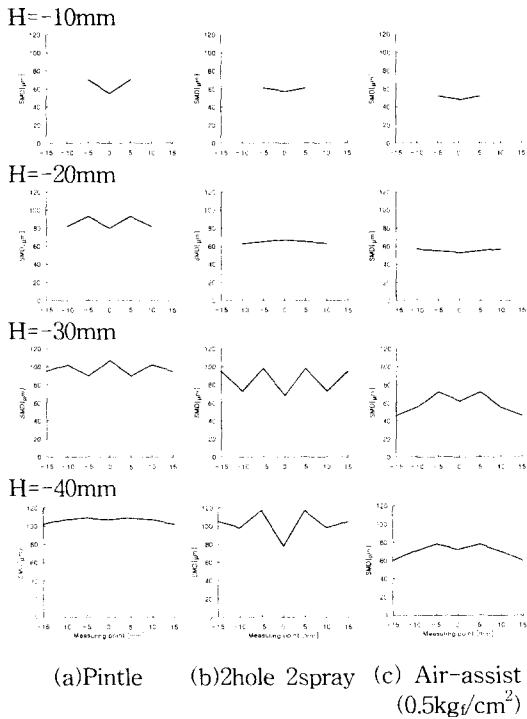


Fig. 9 SMD distribution of test injectors.

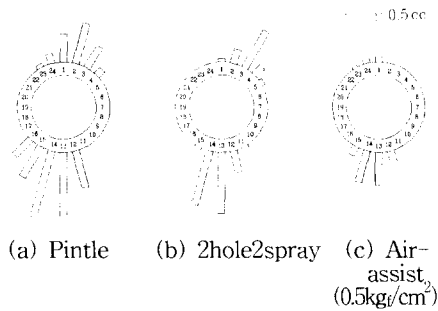


Fig. 10 Fuel-film distribution with various injector type.

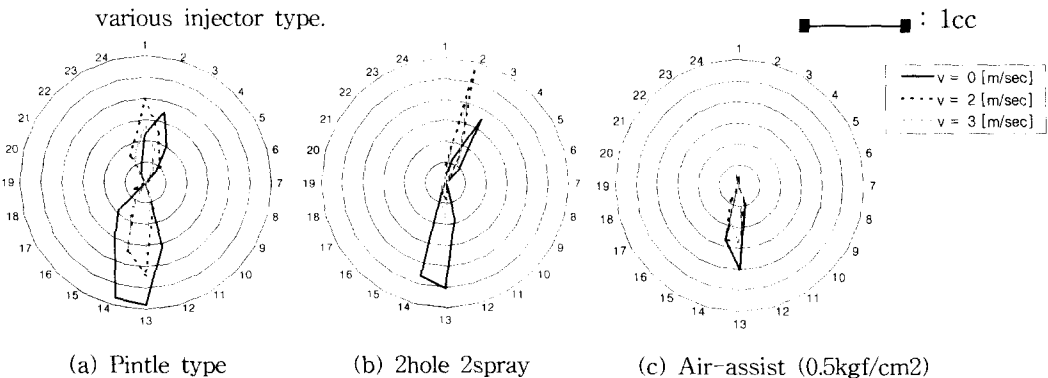


Fig. 11 Fuel-film distribution with air flow rate (air temp.=30°C, attachment angle=32°).

이므로 실제 엔진의 사이아미즈 포트에서 독립적으로 각각의 포트에 분사된 연료가 고온의 밸브 상부에서 충돌하여 2차미립화 효과를 갖는 인젝터이므로 직접 벽면에 부착되는 양이 적게 나타나는데, 그이유는 포트의 형상과 인젝터 분사각의 기하학적인 관계를 살펴보면 알 수 있듯이 포트의 분리벽의 가장 폭넓은 부분이 인젝터 팁에서 84mm떨어진 곳에서 21.75mm인 반면 이 부분에서 독립된 두 개의 분무류의 간격은 32.64mm로 충돌할 수 있는 면적이 작다. 세 번째 그림에서는 분출 공기의 압력이 0.5kg/cm<sup>2</sup>인 경우의 공기 보조식 인젝터에서 벽류 분포를 나타낸 것으로 많은 양의 액체 연료가 미립화되어 벽류량이 적어진 결과를 나타내고 있다.

따라서 평균 입경이 작을수록, 그리고 큰 입자들이 밸브중심으로 집중될수록 포트내의 1차적 벽류량은 적게 분포하는 것을 알 수 있으나, 특히 포트의 온도가 낮은 냉간 시동시 밸브와의 충돌후의 벽면에 재 부착되는 유량에 대한 고찰이 필요하다.

3.2 주위 공기 유속에 따른 분무 및 벽류 특성

가솔린 엔진의 경우 스톱을 개도와 엔진 회전수등과 같은 운전 조건에 따라서 흡기관내에 형성되는 공기 유동장의 상태가 변환된다. 따라서 주위 공기 유속 변화에 대한 연료 거동을 파악하는 일이 중요하다고 할 수 있다<sup>(7)</sup>. 주위 유동장이 형성되었을 경우 대기중에 자유 분사시의 분무와는 달리 분무 형상은 유동 방향으로 편재되는 경향이 생기며 분사된 연료의 미립화는 주위 공기 유속에 많은 영향을 받게 된다<sup>(8)</sup>. 이 미립화

효과가 연소실내로 유입되는 벽류의 양에 어느 정도 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 벽류량 측정 장치를 이용하여 공기 유동장의 변화에 따른 밸브 주위의 벽류 유입 분포를 측정하였고, 그 결과를 Fig. 11에 나타내었다. 그림상의 번호는 벽류 측정 장치의 구멍 위치를 나타내며, 본 실험에 사용한 엔진의 흡기포트는 좌우 대칭 형상이므로 한쪽 밸브에서만 벽류 측정을 수행하였다.

그림에서 보는 바와 같이 핀틀형 인젝터에서는 분사된 연료의 많은 양이 흡기포트가 두 개로 갈라지는 포트면에 충돌하여 흡기관 벽면을 통해 그대로 실린더내로 유입되어 다른 인젝터보다 위·아래 방향 모두 많은 벽류량을 보이고 있으나, 유동장의 속도가 증가할수록 빠른 공기의 영향으로 인하여 미립화 효과가 촉진되어 그 양이 감소하고 있다. 2공 2분무 인젝터에서는 유동장 속도가 증가할수록 위 부분 즉 점화 플러그쪽으로 벽류가 많이 편재하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 빠른 유입 공기에 의해 분무된 연료가 포트 위벽으로 부착되어 실린더내로 유입되기 때문이라고 생각된다. 공기 보조식 인젝터의 경우에는 위부분의 벽류가 현저히 감소되는 것을 알 수가 있는데, 이 경우에는 핀틀형의 경우에서와 같이 분사된 연료의 많은 양이 포트벽에 충돌되지만 보조공기에 의하여 미립화된 후에 분사되므로 많은 양이 기화되거나 실린더내로 공기와 같이 유입되어 벽류로 부착된 양이 적어진 결과라고 판단된다.

### 3.3 분사 각도에 따른 벽류 유입 특성

인젝터의 분사 각도에 따라서 연소실내에 벽류

상태로 유입되는 연료량이 변화한다는 사실이 알려져 있으므로<sup>(9)</sup>, 본 실험에서도 인젝터의 부착각도에 따라 벽류량의 분포가 어떻게 달라지는가에 대한 벽류 측정 실험을 수행하여, 그 결과를 Fig. 12에서 비교하였다. 여기서 부착각도 32°는 밸브 직격률이 가장 큰 기준 분사 방향을 의미하며, 31°, 33°는 각각 포트 상부면과 하부면으로 1°씩 분사각도를 변형시킨 각도를 나타낸다. 결과에서 보는 바와 같이 두 형식의 인젝터 모두 밸브에 직격하는 방향인 32°인 경우가 가장 벽류량이 적은 것으로 나타났으며, 벽류량은 주위 유동장의 증가에 비례하여 감소하는 경향을 보이고 있다. 그 이유는 분사된 연료가 포트 상부면이나 하부면에 부착될 가능성이 다른 경우보다 적기 때문이다. 따라서 인젝터의 부착각도 또한 벽류량의 형성에 중요한 영향을 미친다는 사실을 확인할 수 있었다.

### 3.4 엔진 운전 조건에 따른 벽류량 및 확산 연소 발생 특성

연소실내의 벽류에 의하여 확산 연소가 발생되고 이러한 확산 연소는 탄소 성분을 증가시켜 HC배출의 요인이 되고 있다는 사실이 판명되었으므로<sup>(10)</sup>, 유해 배출 성분의 감소를 위하여는 벽류저감이 무엇보다도 중요한 기술 과제이다.

전술한 벽류량 측정장치에 의한 결과들은 포트 벽면의 1차적 벽류량만을 고려한 실험이므로 본 연구에서는 실린더내에 유입된 최종적인 벽류의 양을 간접적으로 계측하기 위하여 Fig. 6에 나타낸 바와 같은 확산연소 검출 장치를 이용하여, 흡기 온도와 엔진 회전수등과 같은 운전 조건에 따라 확산 화염 발생에 미치는 영향을 파악하였다.

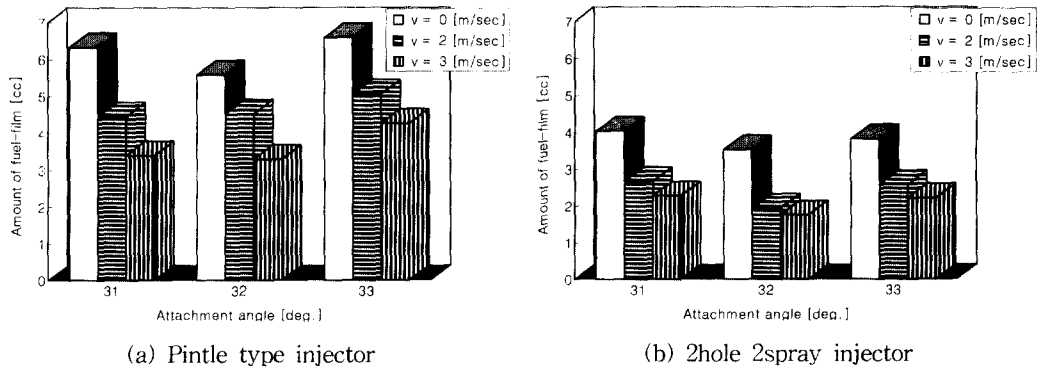


Fig. 12 Comparison of total fuel-film amount with attachment angle (air temp=30°C).

Fig. 13는 시동후 시간 경과에 따른 광파이버에 의하여 검출되는 확산화염 신호의 세기를 비교한 결과로서, 본 실험에서 측정된 값의 최대치(냉간 시동시)와의 비로 각 경우의 신호의 세기를 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 처음 시동시에 확산화염이 가장 많이 발생하는 것을 볼 수가 있다. 그 이유는 시동시에는 원활한 연소를 위해 이론 공연비 이상으로 연료를 공급하므로 벽류 발생이 증가하여 큰 입자의 액적 형태로 연소실내로 흡입되는 연료에 의하여 확산화염이 발생되기 때문으로 생각된다.

그러나 시간이 경과됨에 따라 흡기관의 온도가 상승하므로 연료입자들의 증발하는 양이 증가하여 입자상의 연료량이 감소함과 동시에 벽류량도 감소하는 이유로 인해 확산연소가 감소하는 경향을 보이고 있다. 따라서 워밍업중으로 간주되는 30초, 60초 후의 확산화염의 양이 시간 경과와 더불어 저감되고 있다는 것을 알 수가 있으며, 워밍업이 거의 끝난 후(냉각수 온도  $T_w=60^{\circ}\text{C}$ )의

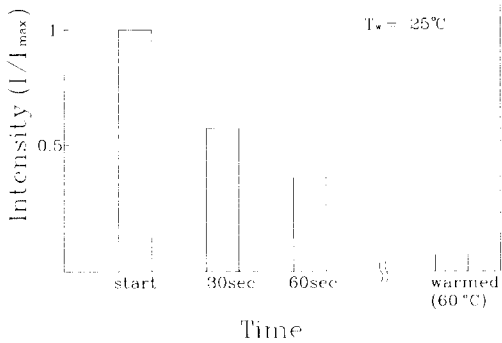


Fig. 13 Characteristics of signal intensity with time.

확산화염은 현저히 줄어든 것으로 나타나고 있다. 이것은 공기 온도에 따른 벽류량을 비교한 그림인 Fig. 14에서 보여주는 바와 같이 세가지 인젝터 모두 주위 공기의 온도 상승에 따라 기화가 촉진되어 실린더내로 유입된 벽류량이 감소되고 있는 것과 같은 결과를 보여주고 있다.

Fig. 15는 엔진 회전수에 따른 확산화염의 발생 특성을 나타낸 결과이다. 이 결과는 냉간 운전시의 신호를 획득한 것으로 Fig. 13에서 보여주는 워밍업 완료후의 확산화염 발생량보다 모두 높은 발생량을 보여주고 있지만 엔진 회전수가 증가함에 따라 확산화염의 발생량이 감소하는 것을 관찰할 수가 있다. 이것은 회전수가 증가함에 따라 흡입 공기의 속도 또한 증가하게 되므로 3.2절의 벽류량의 결과와 마찬가지로 빠른 유속에 의해 큰 연료 입자들의 분열과 증발을 증가시켜 확산연소를 일으킬 소지가 있는 입자상의 연료를 감소시키기 때문이라고 사료된다.

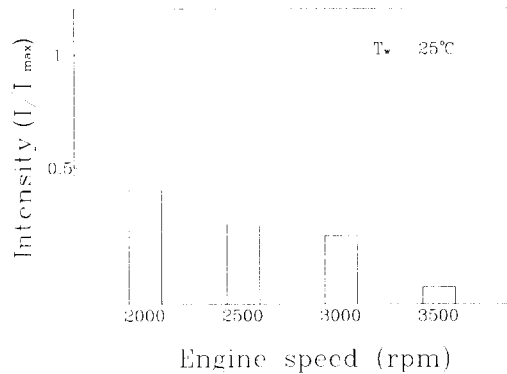
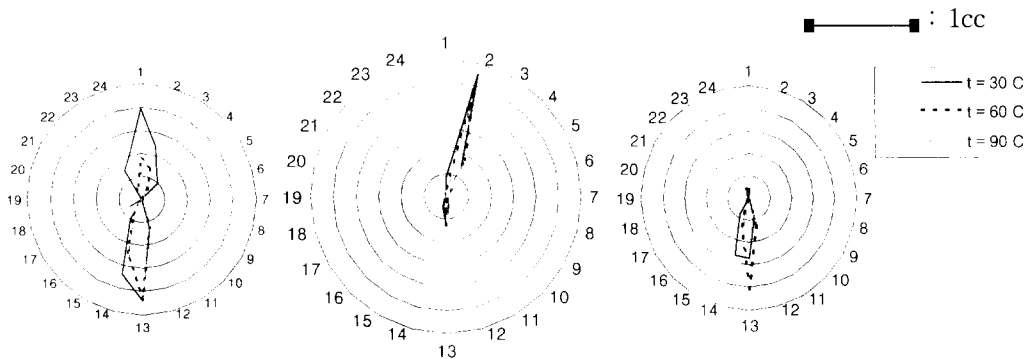


Fig. 15 Comparison of diffusion flame signal intensity for four engine speeds.



(a) Pintle type (b) 2hole 2spray (c) Air-assist(0.5kgf/cm<sup>2</sup>)  
 Fig. 14 Fuel-film distribution with air temperature (air vel.=2m/sec, attachment angle=32°).

## 4. 결 론

## 참고문헌

본 연구에서 수행한 벽류 측정과 확산 화염 측정의 결과에 의하여 다음과 같은 결론을 얻을 수가 있었다.

(1) 본 연구를 위하여 제작한 벽류 측정 장치는 실린더내로 유입되는 벽류의 양뿐만 아니라 분포의 정량적인 계측도 가능하게 하였다. 또한 광파이버를 통해 얻은 확산 화염의 신호를 이용하여 실린더내로 유입되는 액상 연료의 양을 간접적으로 계측할 수 있었다.

(2) 핀틀형, 2광 2분무, 공기 보조식 인젝터의 순으로 SMD가 감소되고 있으며, 흡기 2밸브형 흡기포트 형상의 경우, 핀틀형 인젝터가 연소실로 유입되는 벽류량이 증가함을 알 수 있었다. 한편 보조 공기에 의하여 미립화할 경우 연소실로 유입되는 벽류가 현저하게 감소되는 결과를 얻었다.

(3) 벽류의 형성에는 유동장의 속도, 공기의 온도, 인젝터의 부착각도 등이 영향을 미치고 있으며, 여기서 유동장의 속도가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보아 연료의 기화에 유동장의 속도가 크게 관여하고 있음을 알 수 있었다. 또한 공기 보조식 인젝터의 경우에서 알 수 있듯이 벽류의 저감에는 연료의 미립화가 중요하다는 것을 확인할 수 있었다.

(4) 실린더내의 확산화염을 측정된 결과 냉간 시동시에는 연료가 채 기화되지 못하고 실린더내에 유입되므로 확산화염이 가장 많이 발생하였다. 또한 엔진 회전수가 높을수록 확산화염이 적게 발생하는 결과로부터 피스톤 속도증가에 따른 유동장의 속도 축진이 연료 미립화에 커다란 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

## 후 기

본 논문은 한국 과학 재단의 핵심 연구 과제(961-1005-039-2) 연구비에 의해 수행된 연구 결과로서, 관계기관에 감사의 뜻을 표합니다.

- (1) Yokoyama, J., 1992, "Investigating the Ultimate Emission Reduction limits of Gasoline Engine Vehicles", *NISSAN TECHNICAL REVIEW*, VOL.32, pp.21~26
- (2) H. J. Beuber, et al., 1994, "New Variable Intake and Mixture Formation System for Multi-Valve S. I. Engine", *SAE paper* No.940449
- (3) M. J. Sampson and J. B. Heywood, 1995, "Analysis of Fuel Behavior in the Spark-Ignition Engine Start-up Process", *SAE paper* No.950678
- (4) K. Saito, K. Sekiguchi, N. Imatake, K. Takeda, and T. Yaegashi, 1995, "A New Method to Analyze Fuel Behavior in a Spark Ignition Engine", *SAE paper* No.950044
- (5) P. J. Shayler, 1989, "S.I. engine cold start behavior and fuel calibration", *IMEchE*, C382/009
- (6) H. Nagaish, 1989, "An Analysis of Wall Flow and Behavior of Fuel in Induction Systems of Gasoline Engines", *SAE paper* No.890837
- (7) C. Arcoumanis and A. F. Bicen., 1984, "Three-Dimensional Flow Field in Four-Stroke Model Engine", *SAE paper* No.841360
- (8) J. B. Demethon and F. Vannobel, "Phase Doppler Anemometry in Gasoline Spray : In Atmosphere and in a Steady Flow Rig", *P.S.A. Etudes et Recherches, route de Gizey*, 78140 Velizy, France
- (9) Fu-Quan Zhao, Ming-Chia Lai, and D. L. Harrington, 1995, "The Spray Characteristics of Automotive Port Fuel Injection-A Critical Review", *SAE Paper* No.950506
- (10) 이 기형, 이 창식, 1995, "HC저감용 최적 연료 분사 시스템에 관한 연구", 한국 자동차 공학회 논문집, 제3권, 제2호