

초고압 연료분사장치 디젤기관의 연소특성에 관한 연구(I) A Study on the Combustion Characteristics of Ultra High Pressure Fuel Injection System in a Diesel Engine(I)

최두석*, Kyung Tai Rhee**
D. S. Choi

Abstract

The purposes of this study were to evaluate engine performance and to analyze smoke emission characteristics for varied injection pressures and engine operating conditions of an electronically-controlled ultra high pressure fuel injection system(UHPFIS).

It was discovered that the engine performance with the present UHPFIS was far better than what was initially expected. And the UHPFIS permitted engine operation at air/fuel ratios richer than 20 : 1 without increasing smoke emissions.

It was discovered that the indicated mean effective pressure was increased, while the specific fuel consumption and the amount of soot were decreased, as the fuel rail pressures were improved atomization of the fuel spray.

As the intake air temperature was increased from 38~205℃ in 38 degree increments, the indicated mean effective pressure was dropped while the specific fuel consumption was increased.

주요 기술 용어 : Ultra High Pressure Fuel Injection System(초고압 연료분사장치), Indicated Mean Effective Pressure(도시 평균 유효압력), Specific Fuel Consumption(연료 소비율), Fuel Rail Pressure(연료 레일압력)

1. 서론

디젤기관에 관한 많은 연구에서 직접분사식 디젤기관이 간접분사식 디젤기관보다 대부분 출력과 열효율이 높기 때문에 많이 선택되고 있으나, 직접분사식 디젤기관의 흡기장치는 낮은 가스운동으로 인하여 많은 단점을 가지고

있으므로 낮은 난류환경을 해결하기 위해서 연료와 가스의 개선된 혼합을 제공하는 연료분사장치가 필요하다.^(1, 2)

또한, 디젤기관 연소실 내의 연소특성 해석에 관한 연구는 역사적으로 오래되었으나 아직까지 연소실 내의 연소과정을 확실히 분석하지 못하고 있다. 연소실은 구조가 복잡하고 밀폐

* : 정희원, 천안공업대학 자동차과 교수

** : Professor of Rutgers University

되어 있어 유동의 측정 및 연소현상 관찰에 어려운 점이 많이 있다. 따라서, 많은 연구에서는 흡기부의 유동 성능을 측정하고 배기가스를 분석하는 한편 기관출력 성능을 측정하여 연소실 내의 유동과 연소와의 관계를 추측하였다. 그러나, 고성능 고효율 기관에 대한 연구에서는 연소실 내의 유동 및 연소장에 대한 측정이 반드시 필요하므로 연소실 내의 유동 및 연소현상에 대한 정보는 디젤기관 성능을 개선하기 위해서 반드시 필요하다^(2, 3).

초고압 분사에 의한 연소 메커니즘에 대해서는 아직 확실하지는 않지만, 매우 큰 에너지가 연료와 연소장에 가해짐으로서 분무중발속도, 혼합기 형성속도가 향상되어 연소기간이 단축된다고 사료된다. 이제까지 Bosch식 분사계를 이용한 분무특성의 연구는 많이 진행되어 왔지만, 전자적으로 조절되는 초고압 연료분사장치에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 따라서 초고압 연료분사에 의한 연소개선을 도모하기 위해서는 먼저 초고압 연료분사장치에 의한 분무특성 등의 연구가 필요하다.^(3, 4)

따라서, 저자들은 본 연구에서 직접분사식 디젤기관의 기관성능을 개선하기 위하여 첫째 초고압 연료분사장치(210MPa 이상)를 설계, 제작한 후 단행정 기관에 설치하여 기관의 응답성을 측정하고, 둘째 다양한 분사압력과 작동조건에 따른 기관성능을 평가하며 배기가스 중 매연특성을 분석하고자 한다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1. 실험 기관 및 기관 동력계

본 연구를 위하여 사용된 기관은 직접분사식 디젤기관(Cummins 903)를 기초로 하여 개조한 기관으로 그 개략도는 그림 1과 같다. 본래의 기관은 8실린더 기관인데, 그 중 6개를 제거하여 2실린더 기관으로 개조하였다.

그리고, 기관의 부하조정과 동력을 측정하기 위하여 사용된 기관 동력계는 GE(General Electric) DC 기관이다.

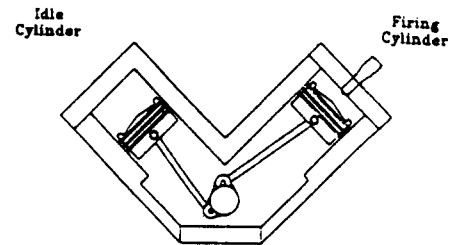


Fig. 1. Engine Schematic

2.2. 초고압 연료분사장치

초고압 연료분사장치는 그림 2의 개략도와 같이 연료 공급탱크, 고압 펌프, 연료 필터, 압력 게이지, 초고압 연료 인젝터(이하는 '인젝터'로 표기), 릴리프 밸브, 열 변환기 등으로 구성하였다.

연료 필터는 인젝터 작동에 절대 필요한 것으로 연료가 인젝터에 깨끗하게 공급되도록 하기 위하여 설치하였으며, 릴리프 밸브는 조절이 가능한 것으로 연료 레일압력을 조절하기 위하여 사용한 솔레노이드 밸브를 기계적으로 작동시키기 위하여 설치하였고, 열 변환기는 연료 리턴라인을 냉각시키기 위하여 설치하였다.

인젝터는 실험목적용을 위하여 전자적으로 조절되고, 분사 최고압력이 210MPa에 도달할 수 있는 능력을 가진 BKM Servojet 모델을 기초로 하여 본 연구를 위하여 특별히 설계, 제작한 것으로 인젝터의 개략도는 그림 3과 같다. 이 인젝터는 연료분사의 변수인 분사시기와 연료 유량을 임의로 조절할 수 있도록 제작하였다.

인젝터의 작동과정은 다음과 같다. 먼저 연료는 고압구역과 볼 밸브구역 중 한 방향에서 인젝터로 들어가며, 고압구역부터 연료는 직선 경로를 통하여 솔레노이드 구역에 운반된다. 연료분사는 전자 조절기가 인젝터의 솔레노이드에 전류를 보내면 시작되고, 솔레노이드에 전류가 흐르는 동안 연료 공급압력이 풀런저에 연결되면 3방향 밸브가 연료를 분출한다. 면적

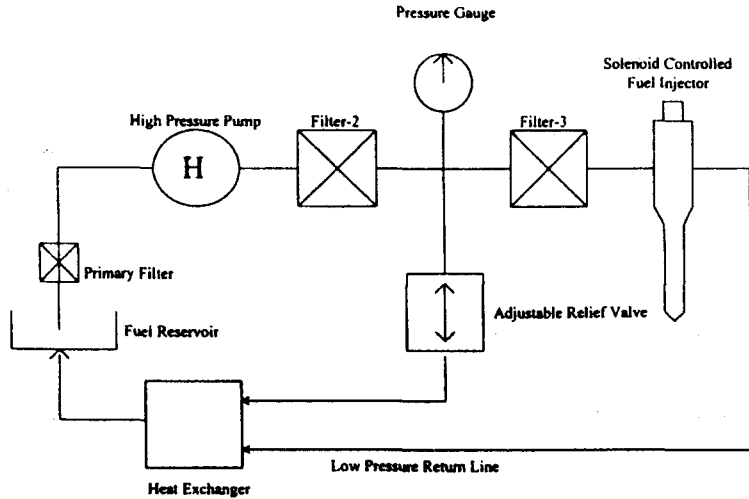


Fig. 2. Schematic of Ultra High Pressure Fuel Injection System

2에서 연료압력 상승은 플런저와 승압장치의 면적의 비에 지배를 받는다. 여기서 단면적 비는 17.5이다. 그 사이에 1 방향 볼 밸브는 면적 1과 면적 2에 연료를 채우며, 상승된 연료압력은 1 방향 볼 밸브가 그 체적을 밀폐하고 있기 때문에 면적 2에서 흐름이 막힌다. 이 시간 동안에 면적 3내부에 피스톤 링은 천천히 내려가며, 상승된 연료압력이 면적 3에 흘러 들어가는 것을 허락한다. 니들밸브가 교대로 들어 올러지고 연소실 내부로 노즐구멍을 통하여 면적 3으로부터 연료가 분사되기 때문에 면적 2와 면적 3사이에서 압력 불균형이 일어나며, 면적 1과 면적 2에서 여분의 연료는 압력이 낮은 곳을 통하여 인젝터로부터 연료탱크로 되돌아 간다.

연료 유량을 온 기판에 대한 연구에서 중요한 변수이므로 연료 레일압력이 변화함에 따라 연료 유량을 조절이 분명한 범위에서 이루어지도록 유연성 있는 장치를 개발하였다. 이 범위의 목표는 공연비가 20:1~30:1 사이를 변화할 수 있도록 하였으며, 이 문제는 그림 3에서 스프링 2의 하중 강도가 변화할 수 있도록 여러 가지 두께의 심을 첨가함으로써 해결하였다. 스프링에 심을 첨가하면 인젝터 핀이 열리고 닫히는 압력에 영향을 미치며, 틈을 통하여 공급되는 연료량에 직접적인 영향을 미친다.

전자 조절기(Model SE-4D)는 기관이 작동하는 동안에 분사시기와 솔레노이드에 통전시간을 조절하기 위하여 사용하였다.

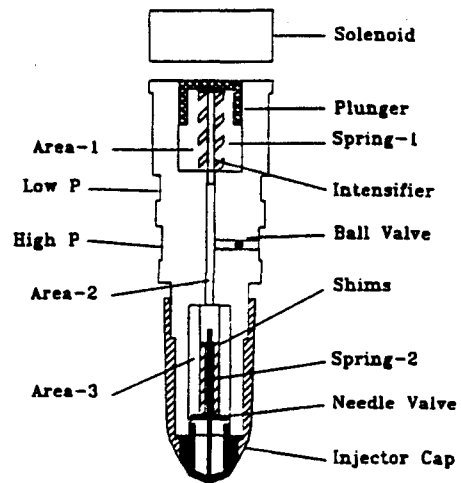


Fig. 3. Injector Schematic and Description

2.3. 흡입 장치 및 운할장치

흡입장치는 공기 탱크, 압력 레귤레이터, 흡기 다기관, 히터 코일 및 K형 열전대로 구성하였다. 공기는 압축된 공기가 제공되고 레귤레

이터에 의해 조절되며, 체적 유량을 측정하기 위해 로터미터를 통과하여 지나가도록 하였다. 그리고, 공기는 흡입장치에 압력변동을 최소화하기 위해 서지탱크에 연결하였다.

또한, 9개 코일로 구성된 히터는 흡기 다기관에 설치하여 입구에서 들어오는 공기를 가열하기 위하여 사용하였다. 이 히터는 240V 전원을 사용하여 2,000rpm에서 203℃까지 공기온도가 상승하도록 설계하였다.

윤활장치는 오일 펌프, 조절이 가능한 압력 밸브, 오일 여과기, 열전대로 구성하였으며, 오일은 일정한 압력에서 오일 여과기를 통하여 여과된 후 기관으로 되돌아 가게 하였다.

2.4. 인젝터 예비실험

인젝터 특성을 발견하고 예비실험을 수행하기 위해서는 인젝터를 기관에 설치하지 않고 실험할 수 있는 장치가 필요하다. 이 장치는 초고압 연료분사장치와 함께 그림 4와 같이 구성하였으며, 인젝터 예비실험 조건은 표 1과 같다.

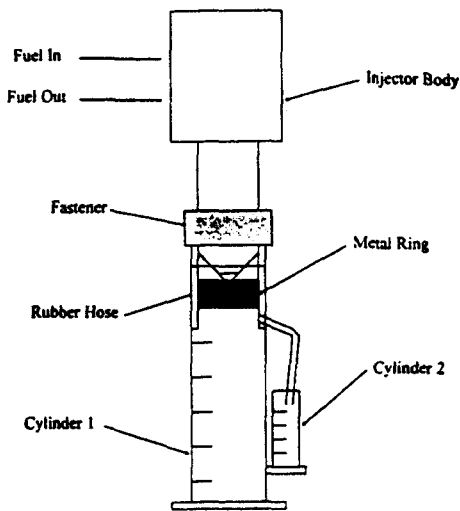


Fig. 4. Fuel Benchtop System

처음 몇 번의 시운전 동안에 인젝터는 출구 연료압력이 높기 때문에 인젝터와 실린더 1을 연결한 두꺼운 고무호스 내면에 6mm나 되는

몇 개의 구멍을 만들었으므로 고무호스를 보호하기 위하여 금속 링을 고무호스 내면에 설치하였고, 연료는 금속표면 위에 직접 뿌려 지도록 하였다. 또한, 구멍을 통하여 빠져나간 연료는 실린더 2에 저장되도록 하였다.

실험장치는 새로운 인젝터의 연료 공급량을 점검하기 위해 처음으로 사용하였으며, 최초 단계는 솔레노이드에 전류가 통전되는 시간을 설정하는 것이었다.

Table 1. Summary of Injector Conditions Studied

Items	Specifications
Engine Speed(rpm)	600, 1000, 1500, 2000
Intake Air Temperature(°C)	38, 93, 148, 203
Fuel Line Pressure (MPa)	4.1, 6.2, 8.3, 10.3, 12.0
Spacer Height(mm)	0, 0.76, 1.27, 1.91, 2.03
Fuel	Regular Diesel

2.5. 배기가스 측정

모든 디젤기관에 대한 연구에서 매연 측정은 반드시 실시하여야 하는 것으로 본 연구에 사용된 스모그 메터 샘플링 펌프는 Bosch ETD 020.00이고, 디젤 스모그 분석기는 Bosch ETD 020.50이다.

2.6. 압력 측정

압력측정은 디젤기관과 가솔린기관 연구에서 사용되는 가장 보편적 진단 기술중 하나이다. 이 기술의 한계는 압력이 실린더 헤드에 한점에 대한 값이므로 실제로 전체 연소실의 압력을 나타내는 것은 아니다. 일반적으로 표면에 설치된 압력 변환기는 연소 동력학에 영향이 없다는 것이 확인되면 사용한다. 압력 변환기의 사용은 아직까지 전체 실린더에 대한 압력의 실제 분포를 제공할 수가 없다^{5, 6)}.

본 연구에서는 연소압력을 측정하기 위하여 석영형 고온 압력 변환기(Kistler 919A)를 실린더 헤드에 설치하여 사용하였다.

자료는 A/D 컨버터와 함께 제공된 소프트웨어 자료실을 이용하여 디지털 신호로 변환되며, 최종적으로 압력 변환기로부터 자료는 텍스트 파일에 저장되고, 컴퓨터 프로그램을 사용하여 이 자료는 모니터에서 재생되도록 하였다.

또한, 압력-시간 자료와 함께 기록된 크랭크 각도들은 1/2 크랭크 각도 간극에서 타이밍 마크를 사용하여 얻어졌으며, 기관에 연결된 엔코더로부터 산출하였다.

2.7. 분사 시기

인젝터의 특성을 기술하기 위해서는 연구 중에 인젝터에 변화를 줄 수 있는 매개변수에 대하여 분사시기가 균일한지를 점검하는 것이 절대적으로 필요하다⁽⁶⁾.

본 연구에서는 분사가 되는 순간을 포착하기 위하여 응답속도가 빠른 압력 변환기를 인젝터 팁 구멍 중 하나에 가까이 설치하였으며, 오실로스코프를 사용하여 인젝터에서 연료가 분사 되었을 때 압력 변환기 신호와 인젝터의 전자 펄스를 기록하였다.

또한, 이 실험을 통하여 분사시기가 각각의 스페이스 치수에 따라 연료 레일압력이 다양해 진다는 것을 증명하였다.

연료공급은 연료 레일압력과 스페이스의 치수에 의존하므로 모두 5가지의 다른 스페이스의 두께를 인젝터의 한계를 시험하기 위하여 선택하였으며, 모의기관의 작동을 위해 함수 발생기를 이용하여 기관 외의 시험을 하였다.

또한, 인젝터는 디자인의 제한과 평가뿐만 아니라 연료공급의 일관성을 보기 위해서 검사 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 인젝터의 예비실험

그림 5는 통전시간에 따른 연료공급량을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 전류를 통전하는 시간이 30.2msec일 때 연료공급이 최대임을 알 수 있었다. 이때 압력은 8.3MPa이고, 기관 회전수 1,000rpm이었다.

또한, 최대점이 발생한 후 연료 공급량이 감소함을 알 수 있는데, 그 이유는 두가지가 있다. 첫 번째는 인젝터의 기계적인 한계값이 특정한 값에 도달한 경우이고, 두 번째는 전류를 통전하는 시간이 단순히 인젝터 세기를 행정의 하사점에 도달하게 하기에는 너무나 길고, 그곳에서 너무 오랫동안 현 상태를 유지하게 되므로 연료가 벽을 따라 뒤쪽으로 누수되어 압력 강도를 감소시킨 것으로 사료된다.

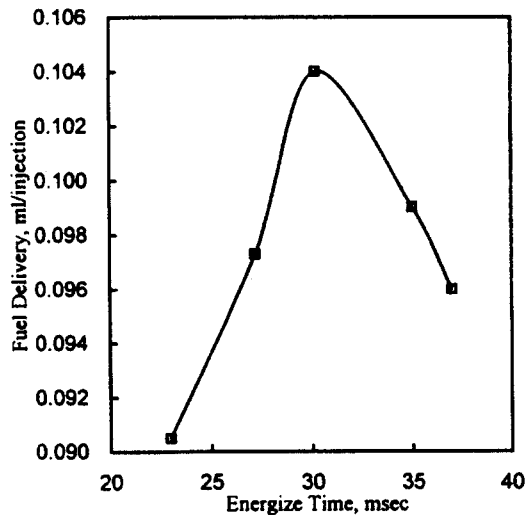


Fig. 5 Fuel Delivery as a Function of Energize Time Calibration

그림 6은 연료 레일압력을 변화시켰을 때 기관 회전수에 대한 연료 공급량의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 기관 회전수가 증가하여도 연료 공급량이 일정하므로 새로운 인젝터가 일관성 있게 기능한다는 것을 증명하고 있다.

그림 7은 스페이스 두께를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 연료 공급량의 관계를 나타낸 것으로 각각의 스페이스 두께와 연료 레일압력에 의해서 연료 공급량이 어떻게 조절되는지를 직접적으로 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 스페이스의 두께가 증가됨에 따라 연료 공급량은 저하되는 것이 알 수 있는데, 이는 전부하 스프링 힘이 증가되기 때문에 분사된 연료의 양이 감소한 것이라고 사료된다.

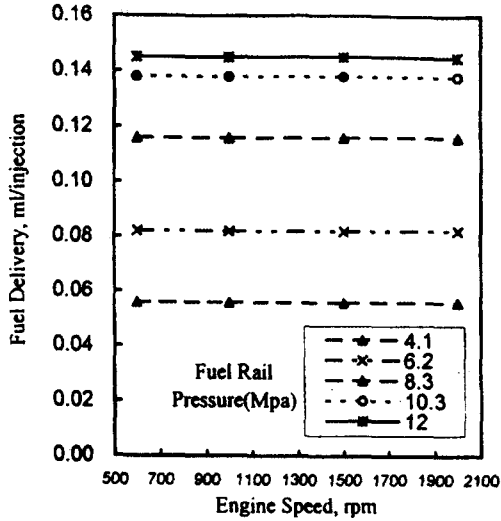


Fig. 6 Relationship of Fuel Delivery to Engine Speed and Fuel Rail Pressure (Spacer Thickness 0.76mm) at 30msec

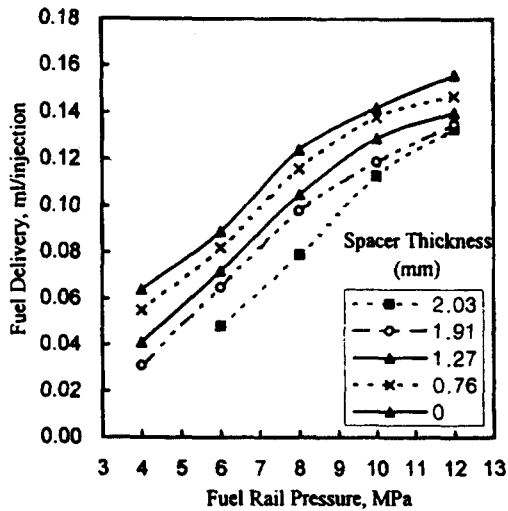


Fig. 7 Fuel Delivery Affected by Fuel Rail Pressure and Spacer Thickness

3.2. 기관 실험

실험을 하기 전에 선택해야 할 가장 중요한 조건 중의 하나는 분사시간이었다. 그러므로, 기관실험은 이러한 관점에서 실험하였는데, 첫 번째 실험은 각각의 연료 레일압력과 스페이서 두께에 대한 토크 출력을 최소화 하기 위해 분사시기를 다양하게 하여 실험하였다. 또한, 두

번째 실험은 각각의 중간 회전수 1,000rpm과 중간 연료 레일압력 8.3MPa에서 기관을 작동 하면서 실험하였다. 분사시기는 최대 토크에 도달할 때까지 다양하였고, 모든 다른 조건은 각각의 스페이서 두께에 따른 연료 레일압력에 연결을 하여 맞추어졌다.

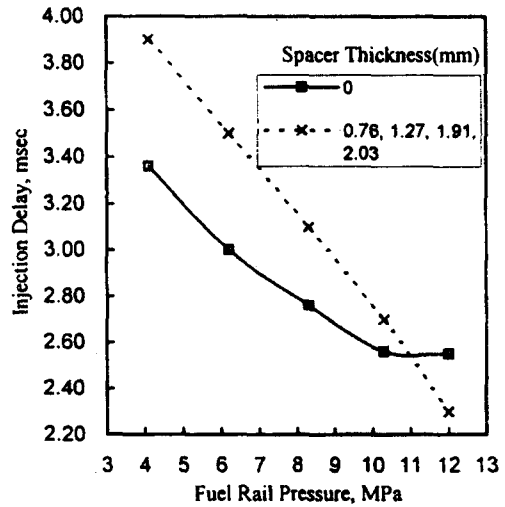


Fig. 8 Injection Delay as a Function of Fuel Rail Pressure

그림 8은 스페이서 두께를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 분사지연의 관계를 나타낸 것으로 인젝터 신호와 실제 분사가 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 그림에서 보는 바와 같이 각각의 다른 레일압력에 대한 분사지연은 스페이서가 삽입되지 않았을 때 조건을 제외하고, 모든 스페이서의 크기에서 동일하였다.

또한, 실험을 하는 동안에 경유가 차가워지지 않았을 때 인젝터의 성능을 보기 위해 실험을 하였는데, 온도가 10°C로 증가됨에 따라 분사된 연료의 양은 10%가 감소함을 알 수 있었다. 이것은 공연비의 변화에 따라 자료에 중요한 영향을 미치므로 매우 중요하다. 그러므로, 실험에서 열전대를 고압 연료입구에 설치하였고, 온도는 실험하는 동안 세심히 관찰하였다. 실험하는 동안에 연료온도는 3°C 이상의 변화가 없었기 때문에 분사된 연료의 양이 기관 외의 실험에서 측정된 것과 동일하다고 할 수 있다.

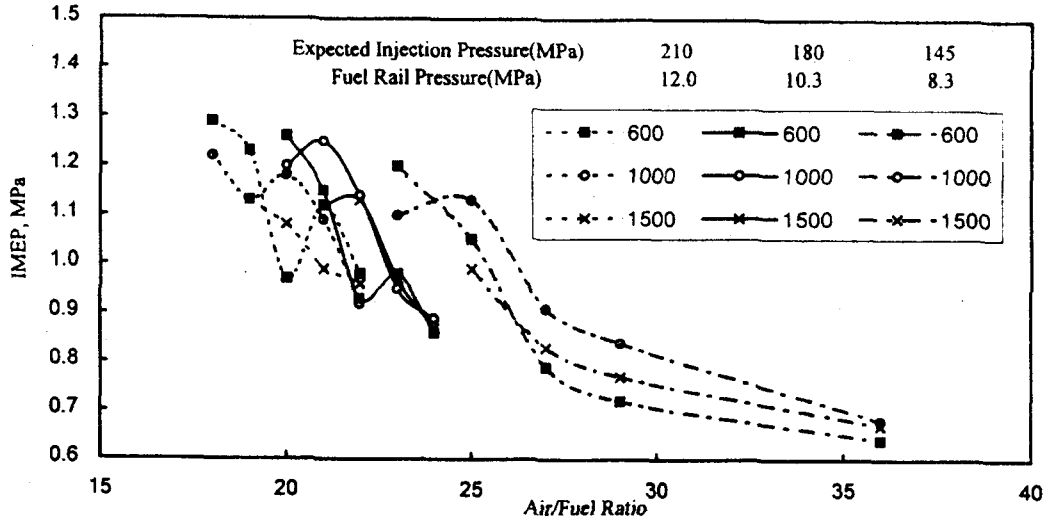


Fig. 9 IMEP as a Function of Air/Fuel Ratio (all engine speeds) at Intake Air Temperature 38 °C and Injection Timing ~ 10°BTDC

그리고, 인젝터는 210MPa 이상 연료가 분사 되도록 만들었는데, 이것은 이론적인 값이다. 즉 2.2에서 설명한 바와 같이 연료 레일압력이 12MPa이면 인젝터의 플런저와 승압장치의 면적의 비가 17.5이므로 이론적인 출구 압력은 210MPa이 된다. 따라서 개별적인 압력 조건을 기술하기 위해 연료 레일압력을 이용하였다.

3.3. 압력-시간 자료

압력-시간 자료가 A/D 컨버터에 잡혀지고, 그 결과는 8개의 연속 사이클로 보여지도록 하였다. 각각의 압력-시간 자료 파일에서 사이클의 변화가 있었는데, 1개의 사이클을 항상 대표 사이클로 선택하였다. 컴퓨터 프로그램이 각각의 사이클에서 도시 평균 유효압력을 계산하여 기록하였으며, 8개의 사이클의 평균도 기록하였다. 8개 사이클 사이의 도시 평균 유효압력은 10% 변화가 있었다. 대표 사이클은 8개 사이클의 산술 평균에 가장 근접한 사이클을 선택하였다. 인젝터가 기관 회전수에 대하여 기관 작동이 일정하게 될 때까지 점화되었기 때문에 결코 실화는 일어나지 않았다.

3.3.1. 도시 평균 유효압력

도시 평균 유효압력은 기관성능을 특성화하

는데 사용하였으며, 이 변수는 어떤 사이클이 각각의 실험에서 대표적인 사이클인지 결정하는데 도움이 주었다.

그림 9는 도시 평균 유효압력이 모든 기관 회전수에서 공연비와 함께 어떻게 변화하고 있는지를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 매우 농후한 혼합비(공연비 20~25) 영역에서 도시 평균 유효압력이 불명확하며, 공연비가 가장 농후할 때 가장 높아지고, 공연비가 증가되면서 점차로 감소하는 것을 알 수 있었다.

그림 10과 11은 흡입 공기온도와 공연비(30, 25, 20)를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 도시 평균 유효압력의 관계를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 흡입 공기온도가 증가함에 따라 연소과정이 양호하지 못하다는 것을 알 수 있다. 일반적인 경향은 공연비 30인 경우에 도시 평균 유효압력이 연료 레일압력이 증가함에 따라 일정하게 감소하였고, 공연비 25, 20인 경우는 도시 평균 유효압력이 연료 레일압력이 증가함에 따라 감소되기 전에 약간 상승하였다가 감소하는 경향을 보이고 있다.

그림 12는 연료 레일압력을 변화시켰을 때 기관 회전수에 대한 도시 평균 유효압력의 관계를 나타낸 것이다. 특별한 조건을 사용하기 위하여 기관은 1,000rpm에서 가장 잘 작동하는

것으로 나타났으며, 실험하는 동안에 기관은 최상의 상태를 보였다.

그림에서 보는 바와 같이 연료 레일압력이 증가함에 따라 도시 평균 유효압력도 증가되는 것을 보여 주고 있는데, 이는 연료 분사량이 증가되었기 때문에 상승한 것으로 사료된다.

그림 13은 흡입 공기온도를 변화시켰을 때 분사시기에 대한 도시 평균 유효압력의 관계를 나타낸 것이다. 분사시기는 매우 중요한 변수이며, 연소효율은 분사시기가 적절하게 조정되지 않으면 크게 변화한다.

그림은 흡입 공기온도가 상승함에 따라 도시

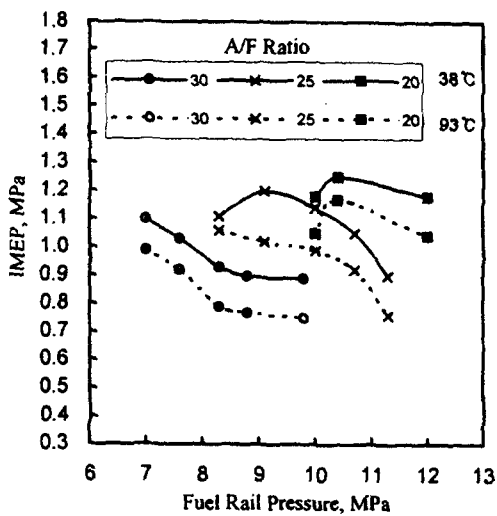


Fig. 10 IMEP as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio of (38 °C and 93 °C)

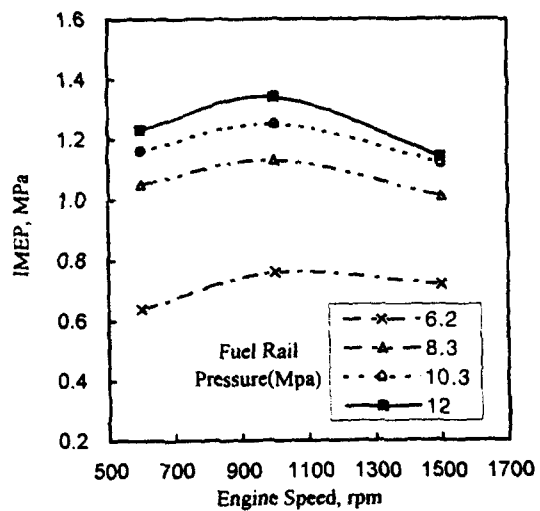


Fig. 12. IMEP as a Function of Engine Speed (Spacer Thickness 0.76mm) at Intake Air Temp. 38 °C

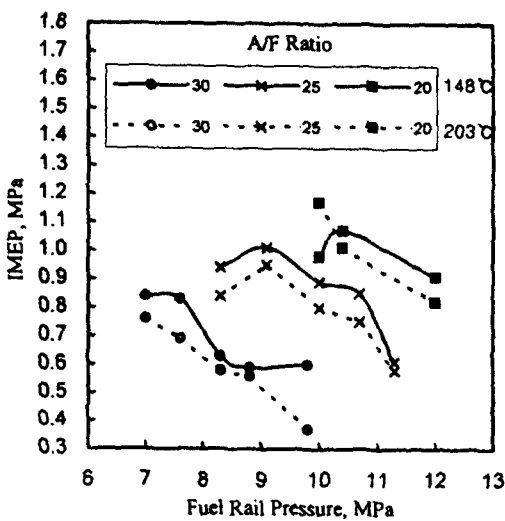


Fig. 11 IMEP as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio of (148 °C and 203 °C)

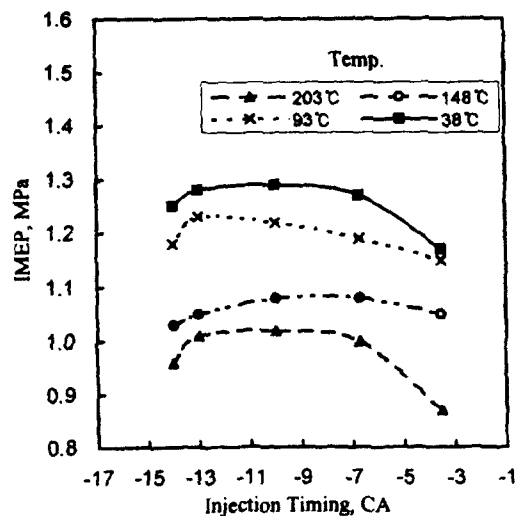


Fig. 13 Injection Timing as a Function of Crank Angle (1000rpm, Fuel Rail Pressure 12MPa)

평균 유효압력이 감소하고 있는데, 이는 앞에서 이미 언급한 결과와 일치한다.

같은 공연비에 대한 실험은 분사시기가 최적으로 될 때까지 반복하여 실시하였다. 그림 14는 이 실험의 결과를 공연비를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 도시 평균 유효압력을 나타낸 것이다. 그림은 같은 공연비에 대해 연료 레일압력이 증가함에 따라 도시 평균 유효압력도 같이 증가함을 나타내고 있다. 같은 공연비에서 변화되는 한가지 변수는 연료 레일압력이며, 이것은 단지 연소실 내에 분사된 연료에 영향을 준다. 그 결과는 연료압력이 높으면 연료 액적 크기를 감소시킨다는 이론과 일치되며, 결과적으로 연소실 내의 공기와 연료의 혼합을 좋게 하고 연소특성을 개선시킨다.

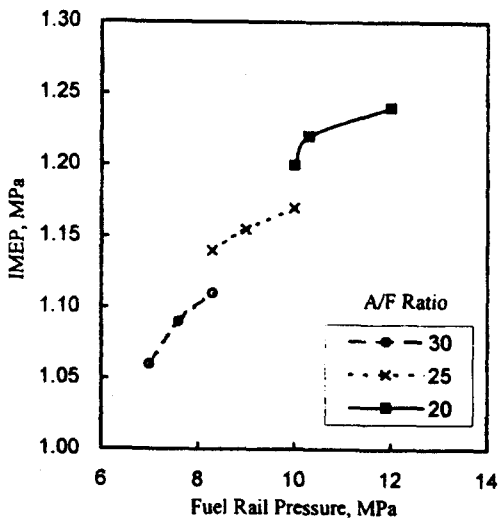


Fig. 14 IMEP as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio (1000rpm, 38 °C) for variable Injection Timing

3.3.2. 연료 소비율

그림 15와 16은 고정된 분사시기에서 흡입 공기온도와 공연비(30, 25, 20)를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 연료 소비율을 나타낸 것이다. 그림은 어떻게 연료가 흡입 공기온도의 변화에 따라 소모되었는지를 비교 분석할 수 있도록 하기 위해 같은 척도로 만들었다. 연소는 흡입 공기온도가 증가 될수록 나빠지고, 연료 소비율도 유사하게 흡입 공기온도가

증가 될수록 증가함을 알 수 있었는데, 이는 연료의 이용율이 저하되었기 때문이라고 사료된다. 또한, 흡입 공기온도가 38°C일 때 연료의 이용율이 가장 좋다는 것을 알 수 있었다.

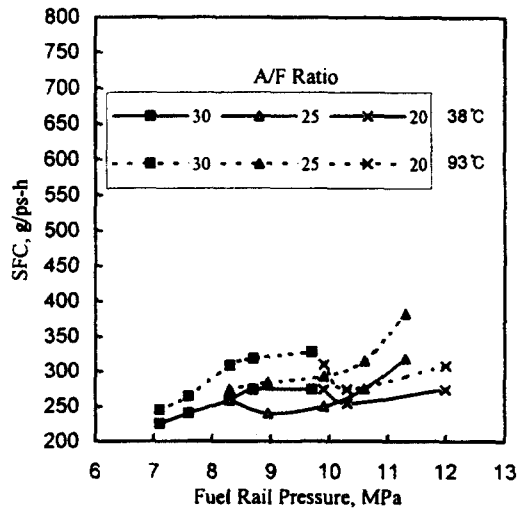


Fig. 15 SFC as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio (38 °C and 93 °C)

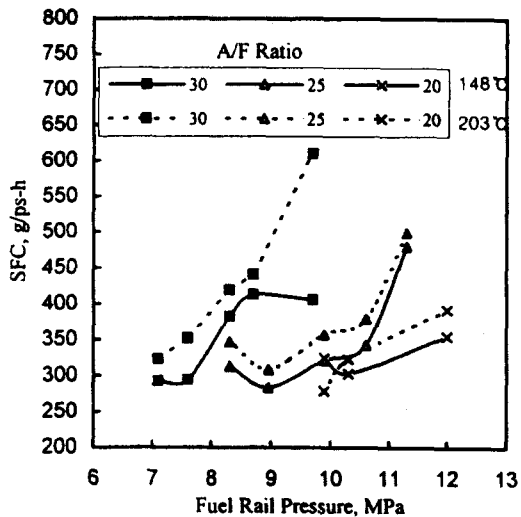


Fig. 16 SFC as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio (148 °C and 203 °C)

그림 17은 공연비를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 연료 소비율을 나타낸 것이다. 그림에서 연료 소비율은 연료 레일압력이 증가

함에 따라 같은 공연비에 대하여 좋아지고 있는데, 이는 연료분무가 연료 레일압력이 증가함에 따라 더욱 효율적으로 되었기 때문이다. 따라서 분사된 연료의 분무가 연료분사 압력이 증가함에 따라 개선된다는 사실을 확실히 입증하고 있다.

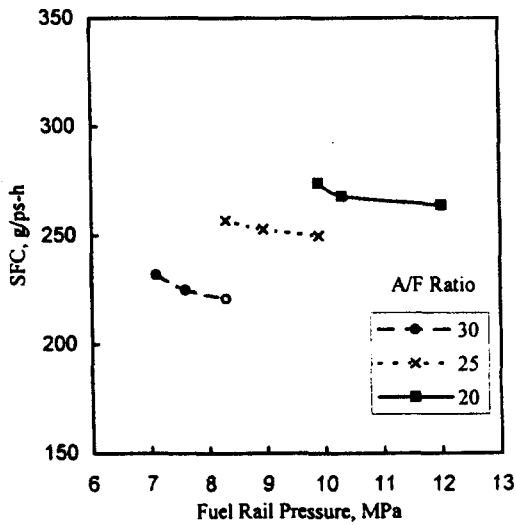


Fig. 17 SFC as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio (1000rpm, 38 °C)

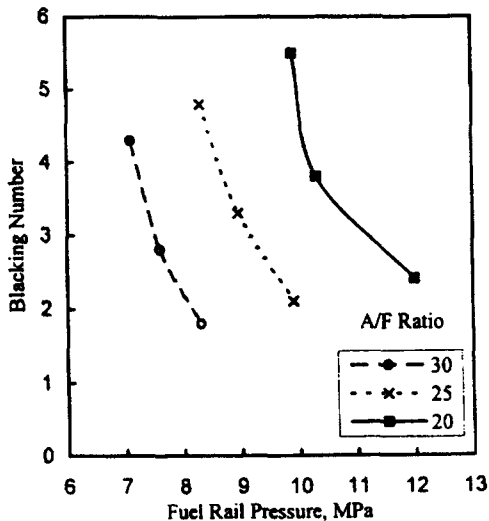


Fig. 18 Blacking Number as a Function of Fuel Rail Pressure and A/F Ratio

3.4. 배기가스

그림 18은 공연비를 변화시켰을 때 연료 레일압력에 대한 매연 발생량을 나타낸 것이다. 각각의 공연비에 대하여 연료 레일압력이 증가할수록 블랙킹(blacking) 수 혹은 매연의 양이 감소하였는데, 이는 연료 레일압력이 증가함으로써 연료의 미립화가 개선되었기 때문이다.

4. 결론

본 연구는 전자적으로 조절되는 초고압 연료 분사장치의 성능을 평가하기 위하여 수행되었는데, 실험을 통하여 다양한 분사압력과 작동 조건에 따른 기관성능과 배기가스 특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 초고압 연료분사장치와 함께 기관성능은 설계 전에 변수들을 만족시키면서 실험 전에 예상했던 것보다 훨씬 우수하였다. 특히, 초고압 연료분사장치는 예상된 최대 분사압력이 210MPa로 계산되었으며, 매연의 증가없이 공연비 20 : 1보다 농후한 경우도 기관작동이 가능하였다.

2) 기관성능은 연료 레일압력이 증가한 만큼 개선되었는데, 즉 도시 평균 유효압력은 같은 공연비에 대해 연료 레일압력이 증가한 만큼 증가하였고, 연료 소비율과 매연의 양도 연료 레일압력이 증가한 만큼 감소하였다.

3) 도시 평균 유효압력은 흡입 공기온도가 상승하면 지속적으로 감소하였으며, 반면에 연료 소비율은 흡입 공기온도가 상승함에 따라 증가하였다.

후 기

본 연구 과제는 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원 사업에 의해서 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Shimada T., Shoji T., and Takeda Y., "The Effect of Fuel Injection Pressure on Diesel Engine Performance," SAE Paper 891919, 1989.
2. Clasen, E., "Qualitative and quantitative analysis of high speed multispectral IR images of direct injection diesel engine combustion with electronically controlled fuel injection," M. S. Thesis, Rutgers University, October, 1996.
3. 장세호, 안수길, "전자유압식 분사계에 의한 초고압 디젤분무의 거동에 관한 연구(II)," 한국자동차공학회 논문집, 6(5), SAE No. 98370113, 1998.
4. Song, K. H., "Direct Injection Diesel Combustion Under High Pressure Fuel Injection", M. S. Thesis, Rutgers University, October 1997.
5. Clasen E., Campbell S., and Rhee, K. T., "Spectral IR Images of Direct-Injection Diesel Combustion By High-Pressure Fuel Injection," SAE Paper 950605, 1995.
6. Pierpont D. A., Reitz R. D., "Effects of Injection Pressure and Nozzle Geometry on D.I. Diesel Emissions and Performance", SAE Paper 950604, 1995.