

## 전자제어 커먼레일 압축착화엔진용 고압연료펌프의 DME 적용 성능에 관한 연구

정재우\* · 김남호 · 강정호 · 박상욱 · 이호길 · 최승규

자동차부품연구원 동력시스템연구센터

### A Study on the DME Application Performance of a High Pressure Fuel Pump for an Electric Controlled Common-rail Compression Ignition Engine

Jaewoo Chung\* · Namho Kim · Jungho Kang · Sangwook Park · Hokil Lee · Seungkyu Choi

Powetrain System R&D Center, Environment Energy R&D Division, 74 Yongjeong-ri, Pungse-myeon, Cheonan-si, Chingnam 330-912, Korea

(Received 6 August 2008 / Accepted 8 October 2008)

**Abstract** : Recently, the interest in the development of high efficiency Diesel engine technology using alternative fuel has been on the rise and related studies are being performed. Therefore, the DME(Dimethyl Ether), an oxygen containing fuel as an alternative fuel for light oil that can be used for diesel engines since it generates very little smoke. But it is unavoidable that the modification of a fuel supply system in an engine to application of the DME fuel because of DME fuel properties. So, in this study, a DME high pressure pump for a common-rail fuel supply system has been composed and the test results of the pump have been presented. As the results of the tests, it is confirmed that DME pump inlet pressure, pump speed and common-rail pressure effects on the volumetric efficiencies of the pump. Finally, it is defined that the optimum plunger volume of a DME pump has to be extended to the minimum 150% compared to a Diesel pump plunger volume considering DME fuel properties and volumetric efficiencies characteristics at same specifications of the high pressure pump.

**Key words** : High pressure pump(고압펌프), DME(Dimethyl ether), Injection drain(분사 배출), Injection duration(분사지속시간), Rail pressure(레일 유지압력)

### 1. 서론

최근 전 세계적으로 에너지 소비가 급속도로 확대됨과 동시에, 지구환경 문제는 부각되고 있다. 특히 화석 연료의 연소를 이용하는 동력원에 있어서 필연적으로 발생하는 CO<sub>2</sub>의 경우에는 지구온난화를 가속화하는 원인으로 여겨져 그 발생량이 제한되고 있는 실정이다. 또한, 화석연료의 고갈로 인하여, 연료의 고효율화 및 대체 연료의 개발이 시급한

실정이다.

이러한 배경을 토대로 하여 최근 고효율 저연비 내연기관으로서 고압축비의 디젤엔진에 대한 관심이 증가되고 있으나, 디젤엔진은 NO<sub>x</sub>와 PM의 배출을 동반하므로 이의 저감기술에 대한 연구개발이 다각도로 추진되고 있다.

대표적인 디젤엔진의 연소 및 배기 성능 개선을 위한 방안으로서 그간 고압 분사가 가능한 커먼레일 방식을 적용하여, 연료공기의 혼합성능을 향상 시킴으로서 PM의 저감을 실현하였으며, 한편으로

\*Corresponding author, E-mail: jwchung@katech.re.kr

EGR(exhaust gas recirculation)을 통한 NOx의 저감등이 실현되고 있는 상황이다.

그러나 근원적으로 화석연료의 사용과 PM 배출은 회피할 수 없는 상황이며, 이에 따라 일각에서는 고효율 디젤엔진에 적용할 수 있는 대체연료 적용에 대한 연구의 필요성이 제시되고 있는 상황이다.

디젤엔진의 대체연료 중 DME(Dimethyl ether)는 일본, 중국, 미국 및 스웨덴등의 다양한 국가에서 디젤엔진 대체연료서 연구가 진행되고 있으며,<sup>2,6,7,9)</sup> DME 양산시설의 구축 또한 꾸준히 증대되는 추세이다. 국내에서도 DME를 적용한 신연소 기법개발 및 디젤엔진 개발에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.<sup>3-5,8)</sup>

DME가 디젤엔진의 대체연료로서 적용이 가능한 것은 세탄가가 경유와 유사한 수준을 가짐으로서 압축착화에 의한 디젤 사이클 운전이 가능하기 때문이다. 한편 DME는 함 산소연료로서 PM의 배출이 거의 없어, 기존의 경유를 사용하는 디젤엔진과 달리 대량 EGR의 적용에 따른 PM의 급격한 배출현상이 나타나지 않으며, 이에 따라 대량 EGR의 적용을 통한 NOx의 추가 저감 측면에서도 유리한 특징을 가지고 있다.

하지만 DME는 기존 연료인 경유에 비하여 윤활성이 극히 나쁘며, 대기압에서는 기체로 존재하는 물성에 의한 누설 문제 그리고 밀도 및 발열량의 차이 등으로 인해 디젤엔진에 적용하기 위하여서는 연료계 특히 고압펌프의 변경이 필수적이다.

본 연구에서는 고효율 DME 커먼레일 압축착화엔진의 구성을 위해서는 필수적으로 수행되어야 할 커먼레일 DME 엔진용 고압연료펌프를 구성하여, DME 적용시의 기본 성능을 평가하였다. 이와 함께 고압펌프의 엔진 매칭을 위한 기본적인 고찰을 수행하였다.

이를 통하여 본 연구에서는 DME 엔진개발과 실용화에 필요한 기반 기술을 제공함을 목적으로 한다.

## 2. 실험 장치 및 실험 방법

### 2.1 실험 장치

본 연구에서는 경유를 적용한 엔진실험과 경유 및 DME 적용시의 테스트 벤치 상 고압연료펌프의

성능 평가 실험이 수행되었다.

엔진 실험은 목표 엔진의 전부하상 소요 연료량을 추정하기 위하여 수행되었으며, 한편으로 베이스 엔진에 장착되어 있는 연료 펌프의 테스트 벤치 상 성능 실험과 인젝터 드레인량의 측정을 수행하여 상용엔진의 연료 펌프와 엔진과의 매칭에 대한 기본 자료로 활용되었다.

한편 기타의 테스트 벤치 상 실험에서는 고압 연료 펌프의 적용 연료 종류에 따른 성능 특성의 변화 및 DME 연료 펌프의 작동 조건에 따른 성능 특성의 변화를 고찰하였다.

Photo. 1은 실험에 사용된 test bench 사진이며, Fig. 1에서는 적용연료에 따른 연료계 및 실험장치의 간단한 계략도를 나타내었다.

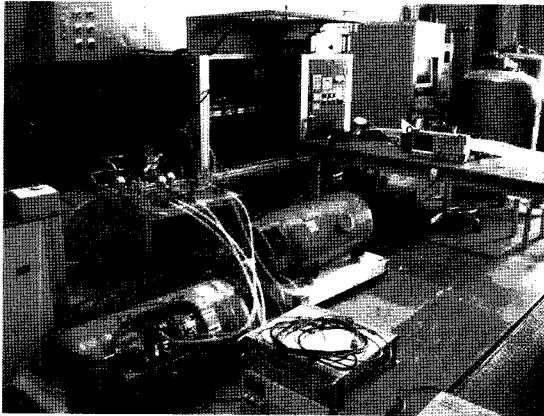
Test bench 실험시에는 7.5KW, 400Hz 모터와 인버터 그리고 회전속도계(rpm meter)를 이용하여 고압펌프의 회전속도를 조절하였다. 실험시 엔진회전 속도에 대한 펌프회전속도의 비를 1/2로 가정하여, 400rpm부터 2000rpm까지 변화시켰다.

커먼레일내의 연료압력은 Mobiq社의 커먼레일 디젤엔진 컨트롤러를 이용하여 조절하였으며, 커먼레일에 장착된 압력센서와 솔레노이드 밸브의 PWM 신호의 조절을 통하여 목표압력을 유지하도록 하였다. 실험시 커먼레일 내의 압력은 최소 200bar에서 600bar까지 변화시켰다.

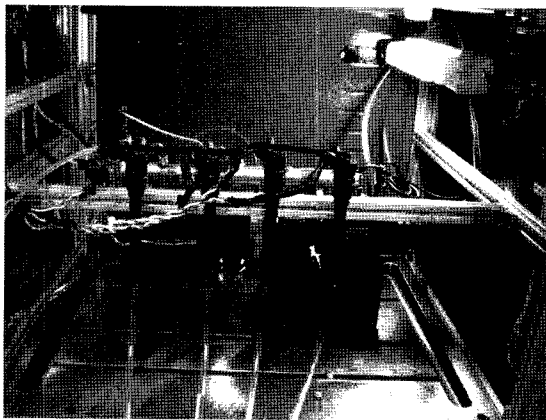
전체 연료 공급계의 구성은 적용 연료에 따라 다르게 구성되었으며, DME의 경우 연료의 물성을 고려하여 고압펌프에 일정한 공급압과 공급온도(25°C)를 유지할 수 있는 시스템을 구성하였다. 전체 연료계에서의 연료의 드레인은 연료펌프의 송출용량 설정에 있어서 중요한 구성이며,<sup>10)</sup> 본 연구에서의 연료 드레인은 인젝터, 커먼레일, 연료펌프의 3 부분이었다.

DME연료 적용시의 고압연료펌프의 송출유량의 측정은 다음과 같이 이루어졌다.

고압연료 펌프로 투입되는 연료는 펌프 드레인 양이 존재하기 때문에 커먼레일로 투입되는 공급량과 다를 수 있으므로, 송출유량은 분사가 없는 경우 질량 보존에 의하여 인젝터 드레인 및 커먼레일 드레인과 동일하다고 가정하였으며, 이의 양은



(a) Photograph of a test system(DME fuel)



(b) Photograph of test bench

Photo. 1 Experimental apparatus of high pressure pump test

별도의 드레인 연료탱크의 무게 변화를 통하여 측정하였다.

필요시 펌프의 드레인양은 고압펌프로 유입되는 연료량을 유량계를 통하여 측정하였으며, 이의 측정 결과와 커먼레일과 인젝터 드레인 연료량의 차이를 통하여 확인하였다.

실험에 사용된 고압펌프의 경우에는 베이스 디젤 엔진용 고압 펌프를 포함하여 서로 용량이 다른 3가지였으며, Table 1에서는 본 실험에 사용된 엔진, 실험 장치와 펌프의 제원을 정리하여 나타내었다.

Table 1의 base pump는 상용엔진에 장착된 연료 펌프이며, 경유 적용 실험만이 수행되었다.

Modified pump는 기존의 커먼레일용 고압펌프의 개조를 통하여 누설 및 마모 방지 구조를 갖춘 개조 펌프이며, 이의 실험결과를 토대로 하여 펌프의 기

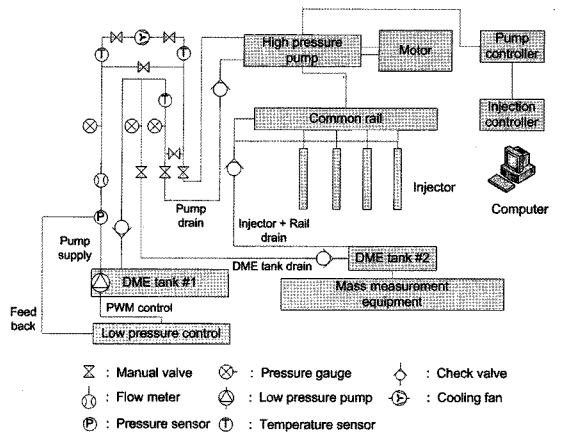
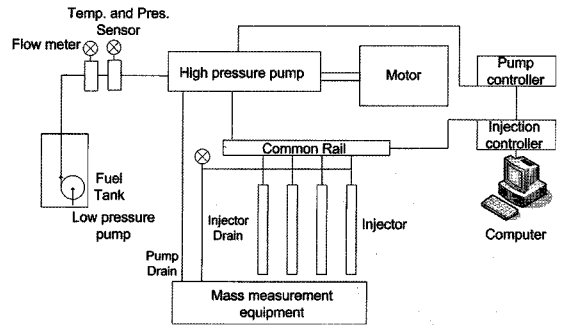


Fig. 1 Schematic diagram of high pressure pump test

본 구조를 확정하였으며, 기존 구조의 변경 및 일부 부품의 가공을 수행하여 DME용 1st prototype pump를 구성하였다.

## 2.2 펌프의 기본 구조

DME는 경유와 물리적 특성이 매우 다르며, 이에 따라 연료펌프의 구조변경이 필수적이다.

DME는 Table 2에서 보듯이 연료의 밀도와 열량이 경유에 비하여 상대적으로 낮으며, 대기 상태에서 기체로 존재하는 특성을 가진다. 한편 윤활성이 극히 나쁘므로, 연료펌프의 구성에 있어 이러한 기본 특성을 고려하였다.

초기 개조가 고려된 연료펌프의 구조로는 사판식(용량가변형) 펌프, 인-라인 피스톤(in-line piston) 펌프 및 커먼레일식의 고압연료펌프 구조의 3가지를 검토하였다.

사판식은 미국의 DME 연료펌프 제조사에서 제

Table 1 Specification of Experimental Equipment and used pump

Test engine(base engine)	
Type	· 4 cylinder, Common-rail injection diesel
Boost system	· VGT(variable geometry turbocharger)
Displacement volume	· 1991cc
Test bench	
Driving motor	· 10 HP, 7.5KW · 최대 출력 주파수 : 400 Hz · 최대 출력 전압 : 3상 380~480 V
Weighting machine	· Max capacity : 150 Kg · Readability : 1 g · Application : Simple weighting data communication · A/D rate : 30 Hz
Controller	· Peak & Hold type 전류 제어 · Injector & Pump 제어 일체화 · PI 제어 방식에 의한 PWM duty/주파수 제어
Test pumps	
Base engine pump	· Radial 3 plungers · (bore)6.4mm × (stroke)7mm
Modified pump	· Radial 2 plungers · (bore)7.5mm × (stroke)11.5mm
1st prototype pump	· Radial 2 plungers · (bore)8.5mm × (stroke) 9mm

Table 2 Property of the diesel and DME fuel

구분	DME	Diesel
Chemical formula	C2H6O	C10.8H18.7
Vapor pressure (at 20°C-k <sub>g</sub> /m <sup>2</sup> )	5.1	<0.01
Liquid density (at 20°C-k <sub>g</sub> /m <sup>3</sup> )	668	800-840
Bulk modulus (N/m <sup>2</sup> )	6.37E+08	1.49E+09
Lower heating value (Kj/kg)	28430	42500

공하는 DME 펌프 형식이며,<sup>11)</sup> 구조상 기존 고압펌프의 변경을 위한 부품의 수급 및 구조 변경이 비교적 어렵다는 특성을 가지고 있다. 한편 인-라인식의 경우 엔진장착의 문제 및 연료배관중의 체크밸브의 장착에 따른 내구 및 소음 등의 문제점으로 고려 대상에서 제외되어, 최종적으로 기존의 커먼레일 엔진에 부착되어 있는 다양한 연료펌프계의 구조 변경을 수행하여 DME 적용시의 작동 상 문제가 없는 형식을 선정하였다.

펌프의 구조 변경 시 seal 구조와 베어링 구조, 기

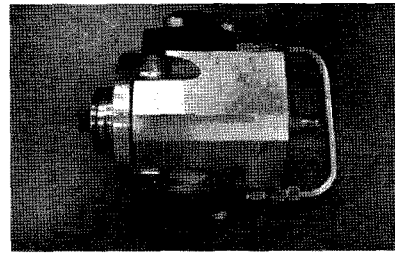


Photo. 2 Photograph of a DME pump

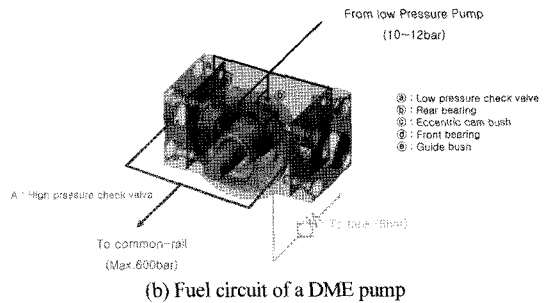
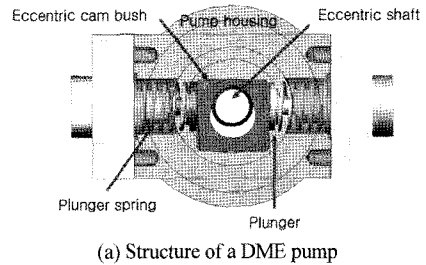


Fig. 2 Schematics of a DME high pressure pump

타 누설에 영향을 미치는 유로 및 재질의 변경이 수행되었다.

1st prototype DME 펌프의 경우, 베이스 디젤엔진 펌프에 비하여 용적이 확대되었으며, seal 및 베어링 구조의 경우 연료의 요구 유효성을 최소화할 수 있는 구조 및 재질 변경이 수행되었다.

펌프의 플린저실은 2개로서 대향형의 구조를 가지며, Photo. 2와 Fig. 2에 DME 연료 펌프의 실제 사진과 기본 구조를 나타내었다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 엔진실험을 통한 요구 연료량의 설정

펌프의 용량선정을 위해서는 장착될 엔진의 요구 연료량에 대한 기초적인 데이터의 수집이 필요하다. 따라서 베이스 디젤 엔진의 성능 실험을 통하여

전부하시의 연료소모량을 측정하고 이로부터 동일 열량의 DME 연료량을 산정하였다. 한편으로 연료 펌프로부터 커먼레일로의 최소 송출량은 분사량, 인젝터 드레인 그리고 목표압력 유지를 위한 커먼 레일 드레인양의 합으로 결정되어 질 수 있으며, 이 중 커먼레일 드레인양은 제어 방식(드레인양의 설정방식)에 따라 다르게 설정되어 질 수 있으므로, 인젝터 드레인과 전부하시의 분사량의 합을 최소 펌프 송출량으로 설정하여 평가하였다.

다음의 Fig. 3은 동일한 인젝터에 경유와 DME 연료를 적용한 경우의 인젝터 드레인을 나타낸다. 실험결과 인젝터 드레인은 펌프의 회전속도보다는 커먼레일 내의 압력에 많은 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 한편 체적유량을 단위로 환산되었을 경우, 경유를 사용하는 것보다 DME 연료를 사용한 경우에 좀더 많은 인젝터 드레인을 가지는 것을 볼 수 있으며, 특히 커먼레일내의 압력이 높아질수록 그 차이가 커지고 있음을 알 수 있다.

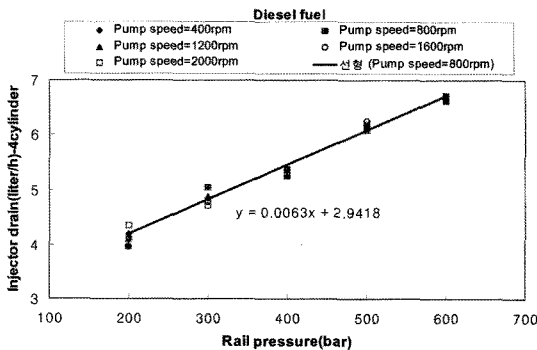
따라서, 동일한 분사압력에서는 DME 연료를 적

용한 경우에 좀더 많은 인젝터 드레인을 가지고 있으나, 한편 DME 연료를 적용한 엔진은 경유를 사용하는 디젤엔진에 비하여 일반적으로 낮은 분사압력을 가지고 있으므로, 최대 엔진 부하 조건에서는 낮은 인젝터 드레인량을 가지는 것으로 가정할 수 있다.

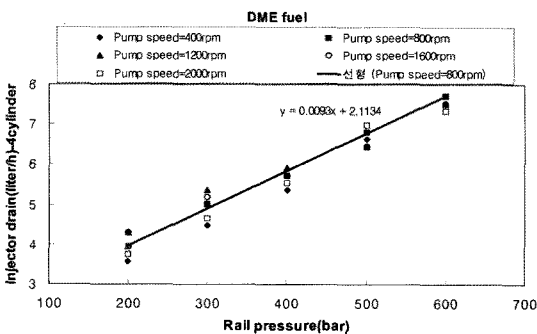
다음의 Fig. 4는 경유를 적용하는 베이스 엔진의 실험과 베이스엔진의 연료펌프 성능 실험의 결과를 하나의 결과그림에 나타낸 것이다. 결과그림에서, 연료의 송출량은 엔진의 회전속도에 따라 거의 비례하여 증가하는 특성을 제시하고 있으며, 이에 대하여 엔진의 구동을 위한 펌프의 최소 송출요구량(연료 분사량과 인젝터 드레인의 합)은 엔진회전속도의 증가에 따라 그 증가율이 약간 둔화되는 특성을 제시하였다. 이러한 특성분석을 통하여 커먼레일 디젤엔진의 연료펌프의 매칭은 고속 엔진 회전속도 보다는 저속의 엔진 회전속도 위주로 설정되고 있음을 알 수 있다.

한편 전 부하에서 경유를 사용하는 디젤엔진의 분사압력과 DME 연료를 적용하는 엔진의 분사압력을 두 가지 경우로 가정할 때(경유 분사압 1400bar 및 DME 분사압 600bar, 경유분사압력 및 DME연료 분사압력 600bar)의 최소 요구 분사량의 비를 다음의 Fig. 5에 나타내었다.

비교시 경유를 사용하는 경우와 DME를 사용하는 경우 모두 동일한 제동열효율을 가진다고 가정하였다. 동일한 제동열효율을 가지는 경우라 하더라도 DME 연료의 낮은 밀도와 열량으로 인하여 대



(a) Injector drain(Diesel fuel)



(b) Injector drain(DME fuel)

Fig. 3 Results of injector drain tests

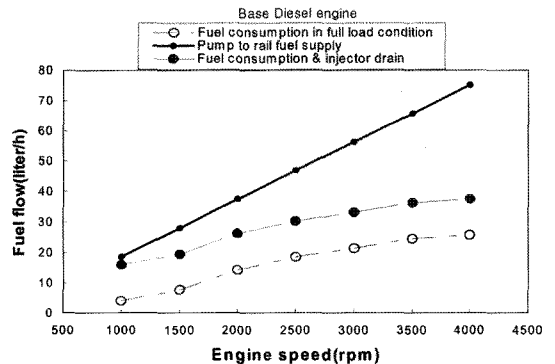


Fig. 4 Pump fuel flow and the minimum required fuel flow for engine driving(Light fuel and full load condition)

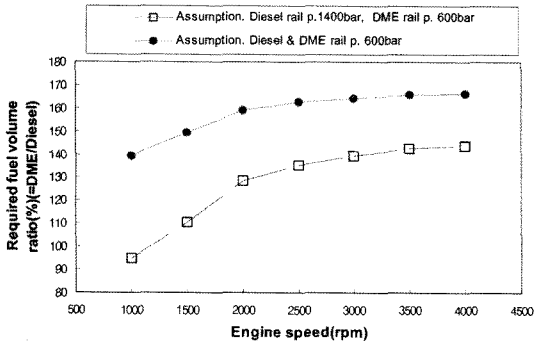


Fig. 5 Pump fuel flow and the minimum required fuel flow from engine and pump tests

부분의 엔진회전속도 조건에 있어서 DME 송출 요구량(체적 유량율)이 많음을 알 수 있다.

따라서 고압펌프의 용적은 경유 1400bar 및 DME 600bar의 조건을 기준으로 최소 140% 이상을 유지하여야 할 것으로 판단되었으며, 체적효율의 저감을 고려하여 base 펌프의 용적에 대하여 50% 이상 증가된 체적의 펌프를 개조하여 DME 적용시험을 수행하였다.

### 3.2 DME 펌프의 성능 특성

한편 고압연료펌프의 플러저실의 용적을 결정하기 위하여서는 펌프회전속도에 대한 요구 송출량의 산정 뿐 아니라, 연료 펌프의 체적효율 또한 중요한 변수이다.

본 연구에서 최종적으로 적용하고자 하는 연료는 DME 이며, 전술하였듯이 DME 연료는 경유와 특성이 매우 다르다. 따라서 두 가지 연료(경유 및 DME)를 동일한 제원의 고압연료 펌프(modified pump)에 적용한 경우의 체적효율을 비교하고자 하였다.

그러나 DME는 연료의 특성이 경유와 다르므로 고압펌프로 투입되는 연료의 공급압력 변화에 대한 특성이 다를 수 있으며, 경유와의 적절한 비교를 위하여 DME의 고압펌프로의 공급압을 8bar부터 14bar까지 변화시켜 그 경향을 조사하였다. Fig. 6 DME 연료적용시의 펌프 공급 연료압에 따른 체적효율의 변화와 동일 커먼레일 압력에서의 경유적용시의 체적효율의 비교결과를 제시하였다.

실험결과 경유를 적용한 경우의 체적효율은 90% 이상의 체적효율을 유지하고 있으며, DME의 경우

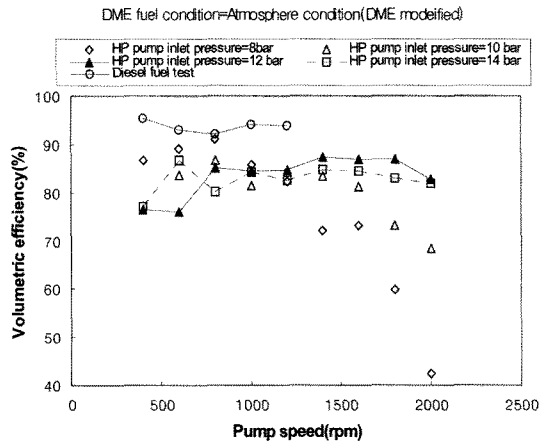


Fig. 6 Effects of DME supply pressure on volumetric efficiency (Common-rail pressure=200bar)

에는 고압펌프에 공급되는 연료의 압력(이하 공급압)에 따라 체적효율이 달라지는 결과를 제시하였다. 특히 DME의 공급압이 높을수록 체적효율은 높아지는 특성을 나타내었으며, 공급압이 상온 기준으로 12bar 이상 되는 조건에서는 거의 동일한 체적효율 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

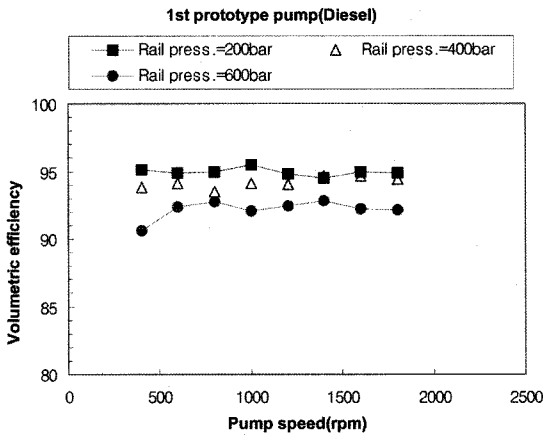
결과적으로 DME를 적용한 경우가, 경유 적용시에 비하여 약 10% 정도의 체적효율의 저감현상이 나타남을 알 수 있으며, 고압펌프에 공급되는 저압은 약 12bar 이상이 되는 경우 펌프 회전속도의 증가에 따른 충전효율의 손실이 최소화 되는 것을 알 수 있다.

따라서, 실제 엔진의 운전 시 엔진 열과 연료의 계속적 순환에 의한 온도의 상승분을 고려할 때 실제 엔진에서의 최소 압력은 12bar 이상이 안전정인 운전에 적합함을 알 수 있다.

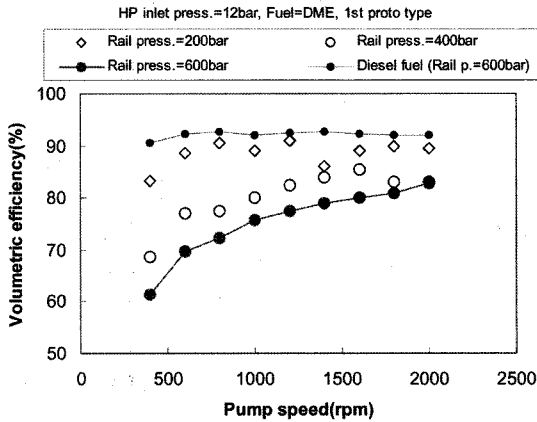
한편 상기의 실험은 커먼레일 내의 압력을 200bar로 고정시킨 상태에서 수행되었으므로, 동일한 제원의 연료 펌프(1st prototype pump)에서 DME 공급압을 12bar로 유지한 경우, 커먼레일 압력 변화시의 체적효율 특성을 조사하여 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 7에 비교용으로 제시된 경유 적용시의 커먼레일 압력은 600bar였으며, DME의 경우 공급압은 12bar 그리고 커먼레일 압력은 200bar에서 600bar까지 변화시켜 실험을 수행하였다.

실험 결과 두 가지 연료의 경우 모두 커먼레일의



(a) Diesel fuel



(b) DME fuel

Fig. 7 Effects of pressure in a common-rail on volumetric efficiency

압력 증가에 따라 체적효율이 악화되는 특성을 나타내었으며, DME의 경우 커먼레일의 압력이 높아질수록 저속에서의 체적효율은 매우 나빠지는 특성을 제시하였다. 이의 원인으로 지적될 수 있는 것이 커먼레일 압력 증가에 따른 플런저실 내의 누설의 증가 및 DME 연료 적용에 따른 누설의 증가이며, 이는 체적효율의 원리식에서 확인할 수 있다.

다음의 식 (1)은 기존의 선행연구자의 연구결과<sup>1)</sup>에 제시된 체적효율의 관계식이며, 펌프의 체적효율은 누출계수 및 토출차압 즉, 커먼레일의 압력과 밀접한 관계가 있음을 보여 주고 있다.

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_{ideal}} = 1 - C_{sv} \left( \frac{\Delta P}{2\pi\mu n} \right) \quad (1)$$

여기서,

$Q_{ideal}$  : 펌프회전속도와 플런저 체적의 곱

$Q$  : 실토출유량

$\mu$  : 작동유 절대점도

$n$  : 펌프회전수

$V$  : 펌프플런저 체적

$C_{sv}$  : 누출계수

$\Delta P$  : 토출차압

즉 커먼레일내의 압력 및 누출계수의 증가와 절대 점도 및 회전속도의 감소는 체적효율을 감소시킴을 보여 주고 있다.

이에 따라서 커먼레일 압력이 증가할수록 체적효율이 감소하는 이론식의 경향과 실험결과 경향이 일치하는 것을 확인할 수 있었으며, 동일한 압력에서의 DME 적용에 따른 누출계수의 감소를 위해서는 플런저 및 배럴간의 간극의 최소화가 요구되나, 이는 마찰에 따른 내구성의 악화를 초래하므로, 신중한 접근이 요구된다.

### 3.3 DME 펌프와 엔진요구성능의 적용

이상과 같은 고압펌프의 DME 적용에 따른 상이한 성능 특성으로 펌프의 용적은 발열량을 고려한 요구연료량의 산정, 적용연료의 특성과 운전조건에 따른 펌프의 체적효율 등이 용적설정에 영향을 미치고 있음을 확인할 수 있었다.

한편 엔진의 요구 연료량 및 펌프의 송출 특성에 따라 고 엔진 회전속도보다는 저회전속도(엔진속도 2000rpm, 펌프속도 1000rpm 가정)에서의 매칭이 중요하므로 Fig. 5의 결과로부터 열량비 및 밀도비와 사용압력(인젝터 드레인양 고려)에 의하여 최소 체적비는 디젤 대비 140%이상으로 설정되어야 하며, Fig. 7의 결과에 의하여서는 DME적용 시 저회전속도에서의 작동 압력에 따른 펌프 체적효율 저감을 고려하여 경유용 펌프 대비 약 150%이상의 용적을 설정하는 것이 바람직한 것으로 평가되었다.

단, 이상의 결과는 DME 엔진전용의 펌프 설계기술을 발달에 따라 그 용적비를 줄일 수 있을 것으로 평가되어지나, 이는 체적효율의 저감분만을 의미하므로 결과적으로는 열량비 및 밀도비에 의한 상승분을 고려한 경유적용 대비 130-140%정도이상의

용적은 확보가 되어야 함을 알 수 있다.

다음의 Fig. 8은 경유용 고압펌프의 전체 용적에 비하여 약 150% 증가된 DME 펌프의 송출성과 엔진의 요구 연료량을 동시에 나타낸 그림이며, 결과에서 보이듯이 펌프의 송출량이 엔진의 최소 요구 연료량에 비하여 일정량 이상의 여분을 가지고 작동이 가능함을 알 수 있다.

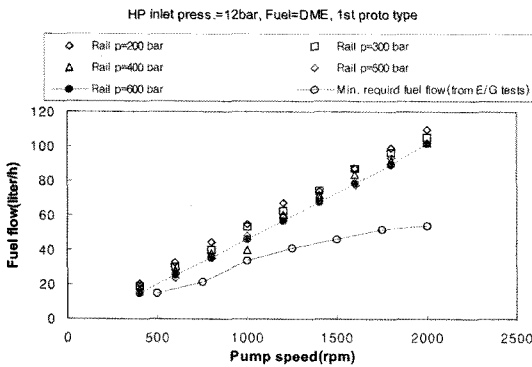


Fig. 8 DME Pump fuel flow and assumed the minimum required fuel flow for engine driving (DME fuel and full load condition)

#### 4. 결론

이상과 같은 DME용 고압연료펌프의 개조 및 적용 실험을 통하여 얻은 결론은 다음에 간단히 정리하였다.

- 1) 고압연료펌프의 성능을 평가 및 측정할 수 있는 시험장치의 구성을 수행하여 펌프회전속도 2000rpm(엔진속도 4000rpm 상용), common rail 압력 600bar까지의 경유 및 DME 연료 적용시의 성능 평가를 수행하였다.
- 2) 경유를 적용한 경우의 고압연료펌프의 체적 효율은 90%를 상회하였으며, 토출유량율은 펌프의 회전속도에 비례하는 특성을 제시하였다. 이에 따라 고속의 경우에는 요구 연료량에 비하여 펌프의 송출연료량이 매우 많아지는 특징이 있으나, 저속의 경우 요구 연료량과 펌프 송출연료량간의 차이는 작아지는 특성을 제시하였다. 즉, 펌프의 용량 설계 시 요구 연료량은 저속에서의 연료량특성이 좀더 중요한 특성을 제시하였다.
- 3) 적용엔진의 요구 연료량은 전부하시의 소모 연

료량과 인젝터 드레인양의 합으로 설정하였으며, 엔진실험 및 펌프시험장치상의 실험 결과를 이용하여 최소 요구 연료량을 설정할 수 있었다.

- 4) 디젤 연료와 달리 DME를 적용하는 경우, 고압펌프에 투입되는 연료의 압력이 펌프 성능에 영향을 미치고 있음을 확인하였다. 실험결과 상온을 기준으로 12bar 정도의 공급압력이 필요함을 확인하였다.
- 5) 1차 시 제작 펌프의 경우 엔진적용시의 최소 요구 연료량을 확보하는 것은 가능한 것으로 보여지나, 커먼레일의 압력이 증가될수록 저속구간에서의 충전효율이 낮아지는 결과를 제시하였다. 결과적으로 DME 연료의 특성에 의하여 경유 대비 펌프의 용적은 150%이상 증가되는 것이 타당함을 할 수 있다.

#### 후 기

본 논문은 지식경제부에서 지원하는 자동차기반 기술개발사업의 연구결과의 일부이며, 이에 관계기관에 감사를 전합니다.

#### References

- 1) J. S. Na, Y. B. Ham, J. G. Lee and S. D. Kim, "A Study on the Effective Measurement Method of the Hydraulic Pump Performance," Proceeding of KSPE Autumn Conference, pp.194-198, 1999.
- 2) Y. J. Lee and Y. K. Kim, "Status of Worldwide DME Engine Vehicle R & D," Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol.25, No.4, pp.27-32, 2003.
- 3) S.-H. Nam, Y.-J. Lee and Y.-K. Kim, "Effects of EGR Rate on Exhaust Emission Characteristics of DI DME Engine," Spring Conference Proceedings, Vol.I, KSAE, pp.435-440, 2002.
- 4) J. S. Hwang, J. S. Ha and S. Y. No, "Spray Characteristics of DME in Conditions of Common rail Injection System(II)," Int. J. Automotive Technology, Vol.4, No.3, pp.119-124, 2003.
- 5) W. Choi, J. Lee and C. Bae, "Combustion Characteristics of Dimethyl Ether(DME) and Diesel Fuel Using a Common-rail Fuel Injec-



- tion System,” Transactions of KSAE, Vol.12, No.6, pp.30-37, 2004.
- 6) S. Kajitani, Z. L. Chen, M. Konno and K. T. Rhee, “Engine Performance and Exhaust Characteristics of Direct-injection Diesel Engine Operated with DME,” SAE 972973, 1997.
  - 7) P. Kapus and H. Ofner, “Development of Fuel Injection Equipment and Combustion System for DI Diesel Operated on Dimethyl Ether,” SAE 950062, 1995.
  - 8) S. Cho, B. Seong, D. Lee and B. Lee, “A Study on Measurements and Evaluation of Chemical Durability for DME,” Fall Conference Proceedings, Vol.I, KSAE, pp.342-347, 2003.
  - 9) R. Christensen, S. C. Sorenson, M. G. Jensen and K. F. Hansen, “Engine Operation on Dimethyl Ether in a Naturally Aspirated,” DI Diesel Engine, SAE 971665, 1997.
  - 10) H. Lee, S. Chun, H. Na, W. Jang and Y. Park, “The Development of Common Rail System for HSDI Engine,” Fall Conference Proceedings, pp.399-405, 2002.
  - 11) J. C. McCandless, H. Teng and J. B. Schneyer, “Development of a Variable-Displacement, Rail-Pressure Supply Pump for Dimethyl Ether,” SAE 2001-01-0687, 2001.