Transactions of KSAE, Vol. 16, No. 5, pp.84-91 (2008)

Copyright Ⓒ 2008 KSAE
1225-6382/2008/095-12

디젤 엔진에서 GTL(Gas to Liquid) 연료의 배출물 특성에 관한 연구

이 용 규[*1)] · 문 건 필[2)] · 최 교 남[1)] · 정 동 수[1)] · 김 병 준[3)] · 차 경 옥[3)]

한국기계연구원[1)] · 과학기술연합대학원대학교[2)] · 명지대학교[3)]

Emission Characteristics of GTL(Gas to Liquid) Fuel in Diesel Engine

Yonggyu Lee[*1)] · GunFeel Moon[2)] · Kyonam Choi[1)] · Dongsoo Jeong[1)] · Byoungjun Kim[3)] · Kyungok Cha[3)]

[1)]Korea Institute of Machinery and Materials, 171 Jang-dong Youseong-gu, Daejeon 305-343, Korea
[2)]Department of Clean Environmental System, University of Science & Technology, Daejeon 305-343, Korea
[3)]Department of Mechanical Engineering, Myongji University, Gyeongg 449-728, Korea
(Received 31 December 2007 / Accepted 2 April 2008)

Abstract : Due to increasing need for better emission characteristics and lower fuel consumption rate in automotive engines, alternative fuels are drawing more attentions recently. The GTL (gas to liquid) is the one of most favored candidates. In this study, emission characteristics are compared between diesel and GTL fuel in commercial 2.0 liter diesel engine and vehicle with CRDi(Common Rail Direct injection) system. The effects of injection timings on emission and fuel consumption rate are compared at various engine speeds and loads. Noticeable reduction in HC, CO and PM emissions are observed due to higher cetane number and low sulfur and aromatic contents in GTL. On the trade-off curve of NOx and PM(Particulate matter) GTL showed much more benefits than diesel, where about 30% of PM mass decreased at the same operating conditions. On CVS 75 mode test in vehicle, GTL showed an excellent emission enhancement, in which 50% of HC, 21% of PM, and 12% of NOx engine-out emissions are decreased compared to ULSD(Ultra low sulfur diesel) fuel.

Key words : Alternative fuel(대체연료), GTL(Gas to Liquid, 지티엘), Diesel engine(디젤 엔진), CRDi(Common rail direct injection, 커먼레일 직분방식), Emission characteristics(배출물 특성), Size distributions of particulate matters(입자상물질 크기 분포)

1. 서 론

자동차에서 배출되는 유해 배출물에 의한 심각한 대기 환경오염과 이산화탄소(CO_2) 배출량 증가에 의한 지구 온난화의 문제는 기존의 엔진보다 우수한 연료 소모율과 배출물 특성을 갖는 엔진 개발로 그 발전 방향을 모색하여 왔다.[1)] 이러한 연구개발 추세에서 가솔린 엔진보다 열효율이 우수한 디젤 엔진 분야에 대한 연구가 보다 활발히 진행되고 있다. 그러나 디젤 엔진의 높은 열효율과 낮은 CO_2 배출 특성에도 불구하고 압축 착화 방식을 택하고 있는 연소 특성상 기본적으로 지니고 있는 질소산화물(NOx)과 입자상 물질(PM, particulate matters) 배출량의 증가는 여전히 해결해야 될 문제로 남아 있다. 이를 위해 전자 제어 고압 분사 장치, 후처리 장치(After-treatment system) 등과 같은 다양한 연구들이 진행되고 있으나 엔진 연소실에서 배출되는 유해 배출물 저감에 대한 원천적인 저감 연구의 필요성이 증대되고 있다.[2)]

디젤 엔진에서 대체 연료를 이용한 유해 배출물 저감에 대한 연구는 이러한 필요성에 의해 활발하

[*]Corresponding author, E-mail: ylee@kimm.re.kr

게 진행되어 왔다. DME(De-methyl ether), 바이오 디젤(Bio-diesel), BTL(Bio-mass to Liquid), GTL(Gas to Liquid) 등이 최근에 각광받고 있는 디젤 대체 연료라 할 수 있다. 그 중에서 GTL 연료의 경우, 그 물성치가 원유를 정제하여 만든 디젤 연료와 유사하여 기존의 디젤 차량에 개조 없이 적용 가능하다는 특징으로 많은 관심을 얻고 있다. GTL 연료는 천연가스를 Fischer-Tropsch(FT) 공정을 통해 얻은 액화 합성 연료로서 기존의 디젤 연료에 비해 세탄가가 높아 점화 지연이 짧고 입자상 물질의 주생성 원인이 되는 황과 방향족 탄화수소의 함유량이 극히 적다는 장점이 있다.[3,4)]

GTL 연료의 화학 구조 특성상 높은 파라핀계 탄화 수소의 함유량에서 기인한 낮은 C/H 비와 극히 적은 황 함유량은 황성분에 의한 수트의 생성을 억제하여 상용 4기통 디젤 기관에서 디젤 연료 대비, 낮은 PM 배출량을 나타내었다.[5,6)]

Schaberg 등[7)]은 GTL 연료의 한 종류인 SSPD (Sasol slurry phase distillation)를 이용하여 실험한 결과 PM 배출량은 감소하였으나 NOx 배출량이 증가하였는데, 이는 GTL 연료가 파라핀 성분이 많아 저위 발열량(LHV, Lower heating value)이 디젤보다 상대적으로 높아 기연 가스의 온도가 상승하기 때문인 것으로 설명하였다. 이러한 NOx 배출량의 저감을 위하여 Kim 등[8)]은 GTL 연료의 높은 세탄가에서 기인하는 짧은 점화 지연 기간의 특성을 이용하여 분사 시기의 지연과 EGR(Exhaust gas recirculation) 양을 증가시키는 방안을 제시하였다.

Cowley 등[9)]은 GTL 연료의 낮은 밀도로 인해 고속 운전 영역에서는 터보차져의 지연 특성에 의해 일산화탄소(CO)와 미연탄화수소(THC)의 배출량이 증가할 수 있으나 저속영역에서는 PM, CO, HC가 감소한다고 하였으며, Christopher 등[10)]은 FT 공정을 통한 합성 가스 연료의 경우, 높은 세탄가에 의해 점화 지연 기간이 짧고 연소 기간이 길어 연소실의 최대 압력이 감소하므로 GTL 연료의 경우 향후, 분사 조건의 최적화에 따라 엔진에서 발생하는 배출물 저감에 큰 가능성을 지니고 있다고 서술하였다.

대체 연료로서의 GTL 연료를 사용할 경우, 디젤 연료에 비해 낮은 밀도와 높은 LHV 특성은 보다 나은 배출물 특성을 얻기 위한 분사 제어 변수와 EGR 제어의 최적화를 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 최적화를 위한 기초 연구로서 2.0 리터 급 승용 디젤 엔진에서 연료 분사 시기와 EGR(Exhaust gas recirculation)율 변화에 따른 GTL 연료와 디젤 연료의 배출물 특성을 분석하였다. 또한 비정상 운전 모드에서의 배출물 특성 비교를 위하여 CVS 75 모드 주행 시의 각각의 연료의 배출물 특성과 연비 특성을 비교하였다.

2. 실험 방법

승용 디젤 엔진에서 운전 조건, 분사 시기, EGR 변화에 따른 디젤(ULSD)과 GTL 연료의 연소 및 배출물 특성 비교 분석을 위하여 동력계 상에서 엔진 실험 장치를 구성하여 진행하였으며, 디젤 연료와 GTL 연료의 실차 운전 조건에서의 특성 비교를 위하여 CVS 75 모드 운전 시험을 수행하여 각각 연료에 따른 배출물 및 연비 특성을 비교하였다.

2.1 동력계 상에서의 엔진 실험

동력계 상에서의 실험장치 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 실험 엔진은 2.0L 급 승용 디젤 엔진으로서 CRDi 분사 방식의 SOHC(Single overhead camshaft) 밸브 시스템을 택하고 있다. 또한, WGT (waste gate type) 터보 차져를 장착하고 있고 냉각수에 의해 냉각되는 EGR (Exhaust gas recirculation) cooler와 솔레노이드에 의해 구동되는 EGR 밸브가 장착되어 있다. Table 1에 본 연구에 사용된 엔진의 구체적인 사양을 나타내었다.

Table 1 Specifications of experimental engine

Items	Specifications
Displacement volume (cc)	1996
Bore × Stroke (mm)	83 × 92
Compression ratio	17.7
Intake system	Turbo-charged with intercooler
Valve system	SOHC 4 valves
Fuel supply system	Common rail direct injection

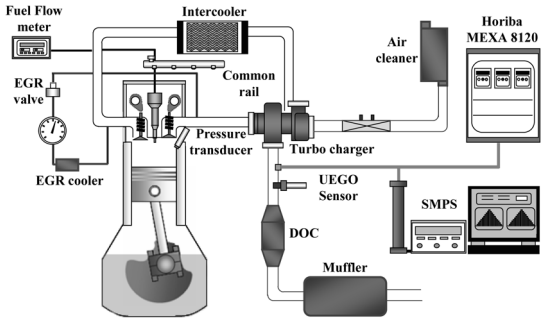

Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup

엔진 모니터링을 위하여 압력은 흡배기 매니폴더, 터보차져 전후단, 인터쿨러 전후단 등 12개의 위치에서 측정하였으며, 온도의 경우, 연료 1차 펌프 전단, 흡배기 매니폴더 등 6개의 위치에서 측정하였다. 연소 현상 분석을 위하여 4번 실린더의 글로우 플러그 위치에 어뎁터(Kistler 6542Q27)와 압력 센서(Kistler, 6056A1)를 장착하여 엔코더 신호와 동기시켜 연소실 압력을 측정하였다. 배출물 분석을 위하여 배기가스 분석기(Horiba MEXA 8120)를 사용하였고 연료량과 공연비는 각각 층류 유량계(Meriam Inst. Co.)와 체적식 연료 유량계(Schank, LK4), 광대역 공연비 센서(LA4, Etas)를 이용하여 측정하였다. 입자상 물질의 분포를 파악하기 위해, SMPS(Scanning mobility particle sizer, Grimm Co., SPMS+C #5.4)를 이용하여 배기 매니폴더의 샘플링 프로브를 통해 배출된 배기가스를 Rotary 방식의 희석기를 통과시켜 측정하였다. 그리고, 엔진 운전 조건과 독립적인 EGR 율의 제어를 위하여 기존 엔진의 듀티비 제어 방식을 변경하여, EGR 밸브에 부압계를 설치하여 부압 차이를 조절함으로서 EGR 율을 제어하였다. EGR 율은 식 (1)에 나타난 것과 같이 MEXA 8120에 의해 측정된 배기 매니 폴더와 흡기 매니 폴더 내의 CO_2 농도비를 이용하여 결정하였다.

$$EGR(\%) = \frac{(CO_2)_{in \cdot mani} - (CO_2)_{base}}{(CO_2)_{ex \cdot mani} - (CO_2)_{base}} \times 100 \quad (1)$$

동력계 상에서의 엔진 운전 조건을 Table 2에 나타내었다. 엔진 회전 속도는 1,500 rpm에서 2,500 rpm 까지 변화 시키며 실험을 수행하였으며, 각각의 운전 조건에서 대표적인 저부하와 중,고부하 조건

Table 2 Experimental conditions

Engine operating conditions	EGR rate (%)
Speed : 1,500 rpm Load : BMEP of 4, 8bar	0, 8, 14%
Speed : 2,000 rpm Load : BMEP of 6, 12 bar	0, 9, 17%
Speed : 2,500 rpm Load : BMEP of 8 , 14bar	0, 5, 12%

에서 파이롯(pilot) 분사 시기와 주(main) 분사 시기를 베이스 조건에서 크랭크 각도 ±3 도 단위로 변화시키면서 연료 변화와 분사 시기 변화에 따른 배출물 특성을 분석하였다. 그리고 베이스 분사 조건에서 EGR 율 변화에 따른 배기 특성 분석을 수행하였다.

2.2 차량에서의 주행 모드 시험

CVS 75 모드 주행 시험의 경우, 동력계 상에서 실험한 엔진과 동일한 사양이 장착된 차량에 대하여 디젤 연료와 GTL 연료 각각의 경우에 대하여 시험을 수행하였다. 연료 교환 시에 연료 필터의 동시 교환, 그리고 연료 교환 후 300 km 이상 도로 주행과 충분한 소킹(soaking) 시간을 두어 기존의 사용된 연료가 분사 시스템에 잔류하여 발생할 수 있는 영향을 배제하였다.

3. 실험 결과

승용 디젤 엔진에서 GTL 연료의 디젤 엔진 적용을 위한 최적화를 위하여 연료 분사시기와 EGR 율 변화에 따른 연소 및 배출물 특성 분석에 대한 실험적 연구를 수행하였으며, 최종적으로 디젤 차량에서의 비정상 모드 주행 시의 배출물 특성을 분석하였다.

3.1 분사 시기 영향

기존 디젤 연료와 GTL 연료의 동일한 엔진 회전 속도와 부하 조건에서 주 분사 시기 변화에 따른 연소실 압력을 Fig. 2에 나타내었다. 파이롯 분사 시기가 동일함에도 불구하고 GTL 연료의 높은 세탄가와 빠른 무화 특성으로 인해 파이롯 분사에 의한 점화 지연 구간이 크랭크 각도로 3 ~ 4도 감소함을 알

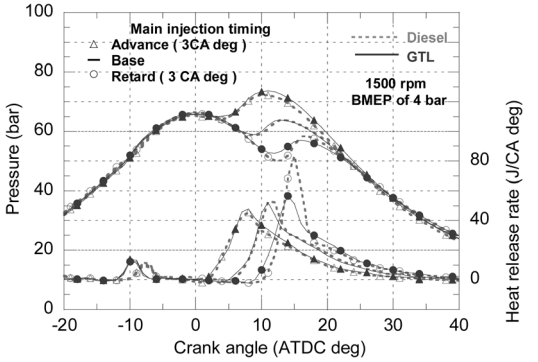

Fig. 2 Comparisons of cylinder pressure histories with main injection timing at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

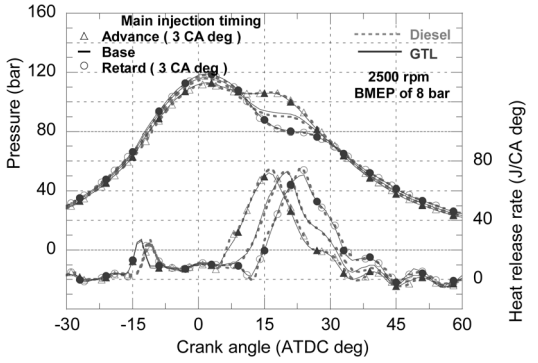

Fig. 3 Comparisons of cylinder pressure histories with main injection timing at the engine speed of 2,500 rpm and BMEP of 8 bar

수 있으며 1,500 rpm BMEP 4 bar 의 운전 조건의 경우, 주 분사에 의한 압력 상승이 디젤의 경우 보다 상대적으로 빠르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 주 분사에 의한 압력 상승의 진각은 주 분사 시기가 지각 될수록 확연하게 나타난다. 이것은 주 분사 시기의 지각에 따른 분사 기간 중의 연소실 압력과 온도의 하락이 점화 지연 시간에 미치는 영향에 대하여 GTL 연료가 디젤 연료보다 상대적으로 덜 민감하게 반응하기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 Fig. 3에 나타난 것과 같이 엔진 회전 속도와 부하가 증가함에 따라, 즉 연소실 가스의 온도와 압력이 상승함에 따라, 이러한 점화 지연 기간의 단축 효과는 점점 감소하는 것을 알 수 있다.

엔진 회전 속도 1,500 rpm, BMEP 4 bar 조건에서 파이롯 분사 시기 변화에 따른 연소실 압력을 Fig. 4에 나타내었다. GTL 연료의 경우, 파이롯 분사 시기 변화에 따른 초기 열 발생율의 차이가 확연하게 나타내는데 반하여 디젤의 경우, 그 차이가 상대적으로 적게 나타남을 알 수 있다. GTL의 경우 파이롯 분사 시기의 영향이 크게 나타나지 않는데 비해 디젤 연료의 경우, 파이롯 분사시기를 진각 시키면 분사 기간 중의 연소실 온도와 압력이 낮아 주 분사기간 중에 분사된 연료와 함께 연소를 일으켜 최대 열발생율이 높게 나타나는 현상을 보인다. 이러한 현상은 엔진 부하가 증가할수록 감소하는 경향을 보이는데 이것은 부하가 증가함에 따라 파이롯 분사 기간 중의 연소실 압력과 온도가 상승하여 자발화가 발생할 확률이 높이지기 때문인 것으로 생각된다.

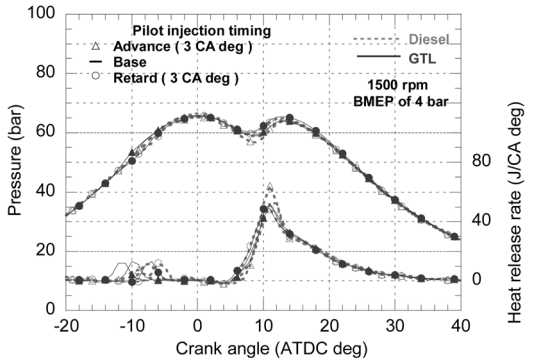

Fig. 4 Comparisons of cylinder pressure histories with pilot injection timing at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

운전 조건 1,500 rpm, BMEP 4 bar 조건에서 분사 시기 변화에 따른 NOx, THC, CO, CO_2 배출물 특성을 Fig. 5와 6에 디젤 연료 적용시의 베이스 분사 시기의 배출량을 기준으로 그 상대적인 양으로 나타내었다. NOx 배출 특성의 경우, 주 분사 시기가 지각됨에 따라 디젤과 GTL 연료 모두 감소하는 경향을 나타내었으며, GTL 연료의 경우, 그 저감 특성이 디젤 보다 우수하게 나타났다. 이것은 Fig. 2의 연소실 압력에서 나타낸 것처럼 주 분사시기의 지각에도 GTL 연료의 높은 자발화 특성에 의해 점화 지연 시간이 상대적으로 영향을 적게 받기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 파이롯 분사 시기 변화에 따른 NOx 배출 특성은 주 분사시기 변화에 비해 다소 적게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

THC와 CO 배출 특성의 경우, 주 분사 시기가 진

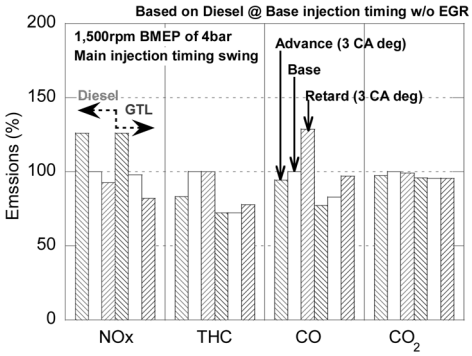

Fig. 5 Comparisons of exhaust emissions with main injection timings at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

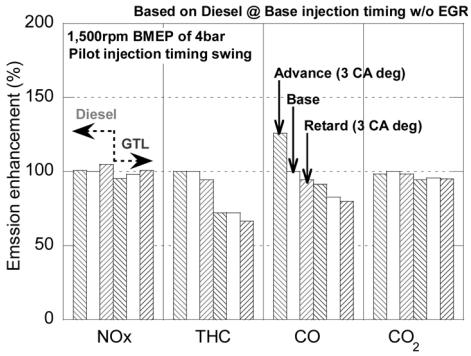

Fig. 6 Comparisons of exhaust emissions with pilot injection timings at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

각됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었고, 파이롯 분사 시기가 지각됨에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. GTL 연료의 경우 분사 시기의 변화에 따라 다소 차이는 있지만 디젤 연료의 베이스 조건 대비 THC의 경우 최대 28%, CO의 경우 최대 20% 정도 저감되는 특성을 보였다. 또한 분사 시기 변화에 따른 민감도가 디젤에 비해 상대적으로 적게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이러한 특성은 GTL 연료의 높은 파라핀계 탄화수소 함유 특성으로 방향족 탄화수소 함유량이 높은 기존의 디젤 연료보다 상대적으로 점도가 낮고 무화가 빠른 특성에서 기인한 것으로 연소실에서 연료와 공기의 혼합 특성이 향상되었기 때문인 것으로 판단된다.

연료 소비율과 직접적으로 연관된 CO_2 배출 특성의 경우, GTL 연료가 분사 시기와 관계없이 4% 정도 향상되는 특성을 나타내었다. 이것은 GTL 연료의 상대적으로 높은 저위 발열량과 화학 구조상의 높은 H/C 비에서 기인한 것으로 GTL 연료의 제조 공정에 따라 다소 차이를 나타내고 있지만 본 연구에 사용된 GTL연료의 경우, 디젤 연료보다 7% 정도 높은 저위발열량(Lower heating value)을 가지고 있고 H/C 비의 경우 2.13으로 평균적인 디젤의 1.87 보다 다소 높다.[11)]

엔진 운전 조건 1,500 rpm, BMEP 8 bar 조건에서 SMPS를 이용한 측정한 분사 시기 변화에 따른 입자상 물질의 크기 분포를 Fig. 7에 나타내었다. 분사 시기의 변화는 NOx의 배출 특성이 향상되는 주 분사 시기의 지각과 파이롯 분사 시기의 진각 조건에 대하여 실험을 수행하였다. 40 nm 이상의 입자 크기 영역에서 디젤 연료가 GTL 연료보다 수밀도가 높게 나타나고 있음을 알 수 있는데 이것은 입자의 밀도가 동일하다는 가정 하에서 질량 기준으로 환산할 경우, PM 입자의 주성분이 탄소이고 그 밀도가 일정하다고 가정하면,[12)] 30% 정도의 PM 배출량이 감소하는 것을 의미한다. 본 연구에 사용된 디젤 연료는 ULSD로서 황함유량이 기존의 LSD 연료에 비해 상대적으로 적기 때문에 40 nm 이하의 영역에서 GTL 연료와 대등한 수밀도 분포를 나타내고 있음을 알 수 있다. 그러나, ULSD에 함유된 Soot 발생의 전조(precursor)가 되는 방향족 탄화수소 성분에 의해서 40 nm 이상의 영역에서 더 많은 PM이 배출되는 특성을 보였다.

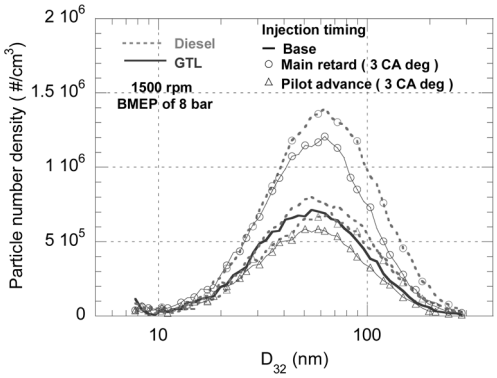

Fig. 7 Comparisons of PM size distributions with injection timings at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 8 bar

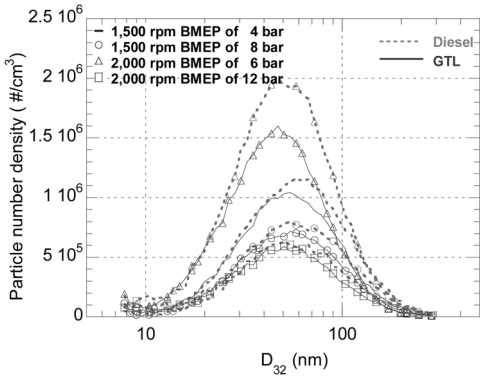

Fig. 8 Comparisons of PM size distributions with engine speeds and loads

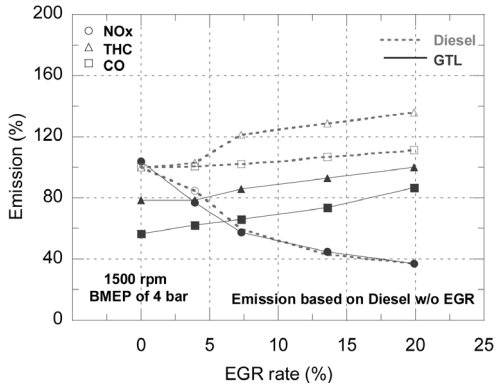

Fig. 9 Comparisons of exhaust emissions with EGR at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

다양한 운전 조건에서 디젤과 GTL 연료의 PM 배출 특성을 Fig. 8에 나타내었다. 엔진 회전 속도와 부하에 상관없이 디젤의 경우 전 영역에서 높은 수밀도의 PM이 배출되는 특성을 보였다.

3.2 EGR 영향

디젤과 GTL 연료의 EGR 적용에 따른 특성 분석을 위하여 동일 운전 조건에서 EGR 율 변화에 따른 배출물 특성을 비교하였다.

NOx, THC, CO 배출 특성의 경우 Fig. 9에 나타난 것과 같이 EGR 율에 따라 디젤과 GTL 연료가 서로 유사한 경향을 나타내었다. NOx의 경우, EGR의 적용에 따라 배출량 측면에서 이점은 거의 나타나지 않고 디젤과 동등한 배출량을 나타내었으나, THC, CO 의 경우는 그 경향은 유사하나 절대적인 배출량 측면에서는 유리함을 알 수 있다.

PM 배출 특성의 경우, Fig. 10에 나타난 것과 같이 EGR 율이 증가할수록 수밀도가 최대가 되는 입자의 크기가 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 최대 수밀도 입자 크기 이상의 영역에서 디젤과 GTL연료의 수밀도 차이가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 디젤 연료의 경우, 60 nm 이하 영역에서 GTL 연료의 경우보다 적은 입자수를 나타낸 것은 GTL 연료의 상대적으로 낮은 C/H 비와 방향족 성분 등의 연료 구조 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 즉, 두 연료의 PM의 화학적 조성과 구조의 차이로 인해 성장과 응집 특성이 다르기 때문이다. 향후, 이에 대한 마이크로 광학 사진 분석 등을 통한 추가적인 연

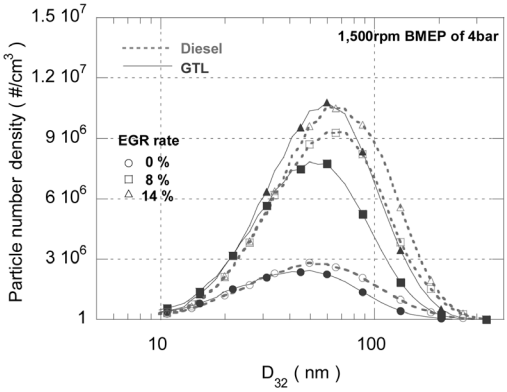

Fig. 10 Comparisons of particle size distributions with EGR at the engine speed of 1,500 rpm and BMEP of 4 bar

구를 수행할 계획이다. GTL의 이러한 60 nm 이상 영역에서의 수밀도 차이는 질량 기준으로 환산할 경우, 전체적인 PM 배출량에 큰 차이를 나타낸다. 이상의 결과로부터, GTL 연료를 사용할 경우, EGR 율 제어에 의해 NOx 배출물은 동등한 수준을 유지하지만 PM 배출량은 저감시킬 수 있는 방법이 됨을 알 수 있다.

3.3 NOx와 입자상 물질 trade-off 특성

이상의 운전 조건과 분사 시기 변화에 따른 입자상 물질과 NOx 의 배출 특성을 Fig. 11에 나타내었다. SMPS로부터 측정된 PM의 수 분포로부터 PM 질량을 환산하기 위하여 Ji Ping Shi 등[11]의 연구 결과를 이용하여, 전 입자 크기 영역에서 0.5 g/cm^{3}의 밀도로 동일하다고 가정하여 계산하였다. GTL 연

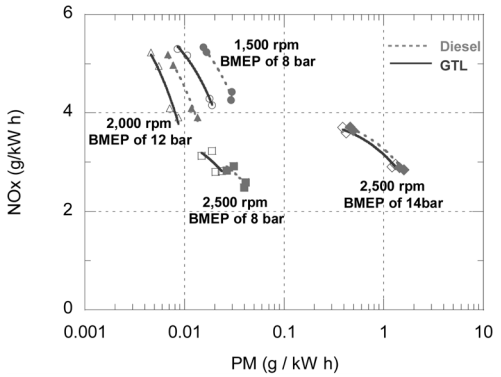

Fig. 11 NOx and PM trade-off diagram for diesel and GTL fuel

료의 경우, 분사 제어 조건의 변경으로 인한 NOx의 저감 효과보다는 PM의 저감 효과가 우수하게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 다양한 운전 조건에서 Trade-off 선도 상 배출물이 개선되는 효과를 분명하게 나타내고 있다. 이상의 동력계 상에서의 엔진 정상 상태 실험을 통하여 GTL 연료의 적용을 통해 엔진에서 배출되는 배출물에 대한 원천적인 저감이 가능함을 확인할 수 있었다.

3.4 차량 모드 운전 시험

GTL 연료의 차량 적용시의 배출물 특성 분석을 위하여 2.0L 급 승용 디젤 차량에 hardware/software 개조 없이 연료만을 변경하여 실차 주행 모드 시험을 수행하였다.

CVS 75 모드 주행 시험 결과를 디젤 연료와 비교하여 Fig. 12에 나타내었다. THC 배출 특성의 경우,

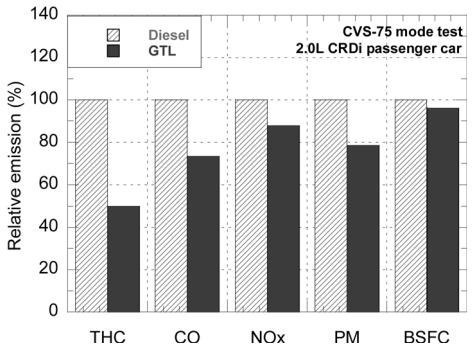

Fig. 12 Comparisons of emissions and BSFC between Diesel and GTL fuel at CVS-75 mode test

엔진 동력계 상의 결과보다 더 향상된 50% 저감 특성을 나타내었으며, CO 배출 특성과 연비의 경우, 정상 상태 실험 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 연비의 경우 측정 단위는 *km/l* 로서 부피 기준에서 질량 기준으로 환산한다면, GTL 연료의 낮은 밀도에 의해 그 향상 폭이 증가하게 된다. NOx 배출 특성의 경우, 실제 모드 주행 결과에서 12% 정도 향상되는 특성을 나타내었는데, 이것은 비정상 모드 운전에 따른 차량의 가속 시에 연료 분사량을 변화시킬 경우, GTL 연료의 빠른 무화 특성에 의해 NOx 저감 효과가 나타나는 것으로 판단된다.

4. 결 론

승용 디젤 엔진에서 디젤 과 GTL 연료를 이용하여 분사시기 및 EGR 변화율에 따른 배출물 특성 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 주분사시기 변화에 따른 배출물 특성의 경우, GTL 연료와 디젤 모두 비슷한 경향을 나타내었으나 배출량 측면에서는 GTL 연료가 상대적으로 적게 배출되는 특성을 나타내었다. 파이롯 분사 시기 변화의 경우, GTL연료의 빠른 무화와 높은 세탄가 특성으로 인해 분사 시기 변화에 대한 영향이 디젤의 경우보다 상대적으로 적음을 확인할 수 있었다.
2) EGR 율 변화에 따른 NOx, THC, CO 의 배출 특성은 디젤과 GTL 연료가 서로 유사한 경향을 나타내었으나, THC, CO 의 경우, 절대적인 양은 GTL 연료가 20 ~ 40% 정도 저감된 결과를 나타내었다. 입자상 물질의 경우도 GTL 연료가 질량 기준으로 디젤 연료보다 동일 EGR 조건에서 향상된 배출 특성을 나타내었다.
3) NOx와 PM 배출량 곡선 상에서 GTL 연료의 경우 NOx의 저감 효과 보다는 PM 저감 효과가 우수하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 분사 조건의 제어를 통하여 동등한 수준의 NOx 배출 특성을 유지하면서 PM 배출량의 효과적인 저감을 얻을 수 있음을 확인하였다.
4) 승용 디젤 차량에서의 CVS 75 모드 주행 시험 결과, THC, CO, PM 등은 엔진 동력계 상에서의 정상 상태 실험 결과와 유사한 배출물 향상 특성을

나타내었으며, NOx 의 경우, 12% 정도 저감되는 특성을 나타내었다. 이것은 엔진의 가속과 감속 등과 같은 비정상모드 주행시에 GTL 연료의 높은 세탄가와 무화 특성이 효과를 나타낸 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 산업자원부 "미래형 자동차 배기가스 제로화 기술개발" 과제의 일부로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

1) Y.-C. Han, "Automobile Fuels and Pollution for the 21th Century," Journal of KSAE, Vol.42, No.5, 2002.
2) K. Kitano, I. Sakata and R. Clark, "Effects of GTL Fuel Properties on DI Diesel Combustion," SAE 2005-01-3763, 2005.
3) L. L. Stavinoha, E. S. Alfaro, H. H. Dobbs, Jr., L. A. Villahermosa and J. B. Heywood, "Alternative Fuels: Gas to Liquids as Potential 21th Century Truck Fuels," SAE 2000-01-3422, 2000.
4) www.shell.com/gtl, Gas to Liquids for Automotive Fuel, What is Gas to Liquids?
5) T. Ogawa, T. Araga, O. Masanori and Y. Fufimoto, "Fuel Effects On Particulate Emissions from D.I. Engine Chemical Analysis and Characterization of Diesel Fuel," SAE 952351, 1995.
6) M. Shibiya, N. Miyamoto and H. Ogawa, "Influence of Molecular Structures of Aromatic Fuels On Diesel Combustion and Emission," Bulletin of the Faculty of Engineering, Hokkaido University, No.164, 1993.
7) P. W. Schaberg, I. S. Myburgh, J. J. Botha, P. N. Roets, C. L. Vihoen, L. P. Dancuart and M. E. Starr, "Diesel Exhaust Emission Using Sasol Slurry Phase Distillate Process Fuels," SAE 972898, 1997.
8) K. S. Kim, V. Beschieru, D. S. Jeong and Y. Lee, "Spray and Combustion Characteristics of GTL Fuel," the 13th International Pacific Conference on Automotive Engineering, 2005.
9) L. T. Cowley, A. L. Jeune and W. W. Lange, "Effects of Fuel Composition Including Aromatics Contents on Emissions from a Range of Heavy Duty Diesel Engines," Conference Literature from "Worldwide Engine Emissions Standards and How to Meet Them," England, May, 1993.
10) M. A. Christopher, J. T. Gregory, L. T. Michael and N. C. Nigel, "In-cylinder Combustion Pressure Characteristics of Fischer-Tropsch and Conventional Diesel Fuels in a Heavy Duty CI Engine," SAE 1999-01-1472, 1999.
11) K. S. Kim, V. Beschieru, D. S. Jeong and Y. Lee, "Experimental Investigation and Comparisons of Spray and Combustion Characteristics of GTL and Diesel Fuels," International Journal of Automotive Technology, Vol.8, No.3, pp.275-281, 2007.
12) J. P. Shi, D. Mark and R. M. Harrison, "Characterization of Particle from a Current Technology Heavy-Duty Diesel Engine," Environmental Science and Technology, Vol.34, No.5, pp.748-755, 2000.