

DME를 이용한 경유자동차의 유해대기오염물질 발생 특성 연구

A Study on Hazardous Air Pollutant Emissions From Diesel Engines Utilizing DME Fuel

임윤성* · 서충열 · 곽순철 · 이종태 · 박정민 · 강대일
김종춘 · 이영재¹⁾ · 표영덕 · 임의순²⁾ · 동종인³⁾
국립환경과학원 교통환경연구소, ¹⁾한국에너지기술연구원,
²⁾한국석유품질관리원, ³⁾서울시립대학교
(2005년 11월 22일 접수, 2005년 12월 14일 채택)

Yun-Sung Lim*, Choong-Youl Seo, Soon-Chul Kwack, Jong-Tae Lee,
Jung-Min Park, Dae-Il Kang, Jong-Choon Kim, Young-Jae Lee¹⁾,
Young-Duk Pyo, Yui-Soon Lim²⁾ and Jong-In Dong³⁾
National Institute of Environmental Research Transportation Pollution Research Center
¹⁾*Korea Institute of Energy Research* ²⁾*Korea Petroleum Quality Inspection Institute*
³⁾*University of Seoul*

(Received 22 November 2005, accepted 14 December 2005)

Abstract

Recently, lots of researchers have been attracted to develop various alternative fuels and to use renewable fuels in order to solve the exhaust emission problems. DME (Dimethylether) is synthetic fuel, and can be produced from natural gas, coal and biomass. The emission is clean because it contains little sulfur and aromatic components. In this study, the fuel was tested to investigate the applicability as an alternative fuel for diesel. This study was carried out by comparing the exhaust emissions and performance of diesel engine with DME, ULSD (ultra low sulfur diesel), LSD (low sulfur diesel) respectively.

In order to measure regulated emissions, CO, NOx, HC from vehicle different fuel types were used on chassis dynamometer CVS (constant volume sampler)-75 mode and EPA TO-11A method was chosen for aldehydes analysis.

Key words : DME (Dimethylether), ULSD (ultra low sulfur diesel), LSD (low sulfur diesel), CVS-75mode

1. 서 론

산유국의 생산량저감과 그에 따른 유가급등은 국제사회의 에너지 확보 문제를 야기 시키고 있다. 또

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)32-560-7685, E-mail : yun911@me.go.kr

한 2005년 2월 발효된 교토의정서에 의하여 지구온난화물질의 주요배출원인 자동차에서의 저감대책이 절실하게 되어 이를 반영한 오염문제는 자동차용 신종연료에 대한 연구 개발 및 시장확대의 필요성을 유도하는 계기가 되었다(곽순철 등, 2004).

현재 우리나라의 경유차 등록대수는 538만5,000대(2004년말)정도가 되며 이것은 전년도대비 6.5%가 증가하였다. 2005년부터는 경유승용차 시판으로 더 많은 경유차가 등록될 것이다(한국자동차공업협회, 2004). 따라서 경유엔진차량에 의한 대기오염이 크게 악화 될 것으로 예상되며 특히 입자상 물질과 질소산화물(NOx)의 증가로 인하여 신체 및 대기질에 많은 영향을 미칠 것이다.

자동차 배출가스로 인한 대기질 개선 및 에너지 대체물질에는 DME, GTL, 바이오디젤(Biodiesel) 등이 있으며 바이오디젤의 경우 여러 기관에서의 실험을 통해 경유에 20%까지 첨가하여 사용해도 되는 연료로 산업자원부로부터 인정을 받았으며 현재 지정주유소에서 판매를 하고 있다.

본 연구에서는 바이오디젤과 같이 엔진의 구조 변경없이 연료공급계통만 변경하여 사용할 수 있는 DME를 적용하여 배출가스 특징을 현재 경유차량에서 사용되고 있는 저황경유 초저황경유와 비교하여

어떤 특징을 가지고 있는지 살펴보았다. 특히 EPA에서 규정하고 있는 대기유해화합물질(HAPs) 중 알데히드를 분석하여 그 배출량과 대해서도 간략하게 평가를 하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 연료로서의 DME 특징

DME는 1개의 산소분자와 2개의 메틸기가 결합된 에테르(ether) 화합물로서 산소함유율(34.8%)이 높은 함산소 연료이다. 세탄가가 약 55~60 정도로 높고 저위발열량(LHV : 28.8 MJ/kg)은 경유의 70% 정도가 된다. 상온, 상압에서는 가스상으로 투명하나 약 0.53 MPa 정도까지 가압하면 액체가 된다. 압축성이 높고 부식성이 없으며 또한 건강에 대한 악영향이 없는 것으로 알려져 있다. DME의 특성을 다른 연료와 비교하여 표 1에서 나타내었다(표영덕, 2002).

이와 같이 디젤기관 대체연료로서 DME의 가장 중요한 특징을 보면 세탄가가 높아서 디젤 사이클 운전이 가능하기 때문에 디젤기관과 같은 수준의 에너지소비효율과 이산화탄소 배출량을 얻을 수 있으며 함산소연료이므로 PM 발생율이 극히 낮다. 따라

Table 1. Physical properties for DME and other fuels.

Item, unit	DME	Diesel	Propane	Butane	CNG	MeOH	Ethanol	Gasoline	Hydrogen
Density in liquid (kg/m ³)	667	831	500.3	578.8	-	795	789	750	
Density in gas (air=1)	1.59	-	1.52	2.07	0.56	-	-	-	0.07
Cetane number	>55	40~55	-	-	-	-	40/50	-	
Structure	(CH ₃) ₂ O	-	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	CH ₄ +rest	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	-	H ₂
Air/Fuel kg/kg	9.0	14.6	15.88	15.46	16.86	6.46	9	14.7	34.2
Boiling point, °C	-25	180/370	-42	-0.5	-162/-88	65	78	30/190	-253
% wt. carbon	52.5	86	82	83	76	37.5	52	85	100
% wt. Hydrogen	13.0	14	18	17	24	12.5	13	15	0
% wt. Oxygen	34.8	0	0	0	0	50	35	0	0
Velocity of sound, m/s	980	1330	-	--	-	-	-	-	
Kinematic viscosity (liquid), cSt	<1	3	-	-	-	-	-	-	
Elasticity coefficient (N/m ³)	6.37E+08	14.9E+08	-	-	-	-	-	-	
Low caloric value (MJ/kg)	28.8	42.7	46.35	45.72	49	19.8	26.4	43.2	120
Combustion range (λ)	0.34/	0.48/	0.42/2.0	0.36/1.84	0.7/2.1	0.34/2.0	0.3/2.1	0.4/1.4	0.5/10.5
Combustion range % gas in air	3.4/18.6	0.6/6.5	2.0/9.5	1.7/8.6	5.0/15	5.5/26	3.5/15		
Vapor pressure (293 K MPa)	0.53	-	0.83	0.21	-	0.037	0.021	-	
Mol. wt. (g/mol)	46.069	170	44.09	58.12	17	32.04	46.07	98	2.01
Flash energy (min) (λ=1, mJ)	0.29	-	0.305	0.38	0.32	0.215	0.65	-	0.019
Flash point, (°C)	235	250	470	365	650	450	420	--	

서 EGR (exhaust gas recycle)을 적용하여 저NOx 및 저PM의 동시 실현이 가능한 것으로 조사되고 있다. 기존의 디젤엔진의 경우 NOx와 PM의 상태가 시소 관계 (trade off)여서 EGR밸브의 적용율이 거의 없거나 아주 적은 양으로 적용되었는데 이런 DME배출 가스의 특징으로 디젤엔진의 환경적 문제점을 많이 보완할 것으로 전망한다(이영재, 2002).

DME는 현재 도심의 대중교통으로 많이 이용하고 있는 가스연료인 압축천연가스(CNG)차량에서, 문제 시 되는 연료소비효율을 많이 상승 시킬 수 있으며 또한 LPG와 비슷한 물질로 LPG를 사용하는 연료 용기나 연료공급 등 대부분 준용할 수 있는 특징이 있다. 그리고 CNG보다는 운송비 및 시설비가 적게 드는 이점을 가지고 있다(KISTI, 2003; 오전근, 2002).

그러나 점도가 경유보다 낮기 때문에 통상의 디젤 기관 분사계에 DME연료를 적용하면 연료누설과 엔진 습동부의 윤활성이 악화하여 마모문제가 발생할 수 있어 적절한 윤활성 향상제의 첨가가 필요하다.

3. 연구 방법

본 연구에서는 차량의 연료인 DME 및 저황경유(황함량 : 293 ppm), 초저황경유(황 : 9 ppm)를 이용하여 발생한 자동차의 배출가스 중 대기환경보전법에 의한 규제물질인 CO, NOx HC, PM 등을 측정·비교 분석하였으며 DME 특성에 따라 배출가능성이 높은 알데히드(aldehydes)를 채취하여 EPA Method-T011A에 따른 분석방법을 이용, 알데히드의 특성 및 배출량을 산술적으로 표현하였다.

3.1 차량시험방법

DME를 사용하여 배출가스를 측정하기 위해서는 연료공급의 구조를 변경하여야 하므로 기존 자동차에 이를 적용한 자동차를 이용하여 DME, 저황경유, 초저황경유에 대해서 시험 하였다. 시험에 사용한 차량의 그림과 연료계통을 그림 1과 2에서 나타내었으며 차량에 대한 배기량, 최대출력, 연식, 주행거리에 대하여 표 2에서 나타내었다. 차량에는 후처리장치인 산화촉매장치가 부착되어 있지 않았다.

배출가스 시험모드는 대기환경보전법에서 규정하

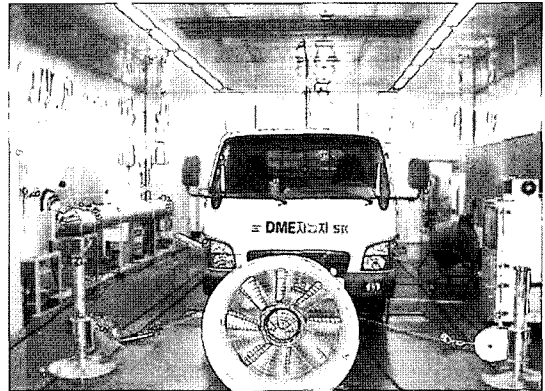


Fig. 1. Overview of chassis dynamo and DME testing car.

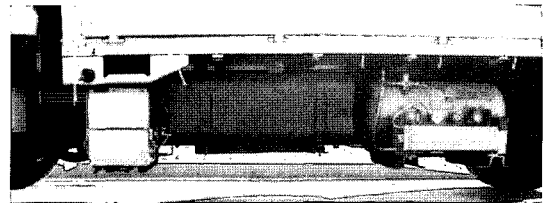


Fig. 2. DME and LSD, ULSD fuel system.

Table 2. The specification of test vehicle.

Variables	Mighty
Displacement (cc)	3,298
Max torque (ps/rpm)	120/3,000
Made year	1999
Mileage (km)	33,285

고 제작자동차 배출가스 인증시험모드인 CVS-75 모드를 사용하였으며, 이 모드는 자동차가 실제 도로상을 주행할 때 일어나는 정지가동, 가속, 감속, 정속등이 되풀이되는 과정을 대표화 하여 만든 주행모드이며 운전조건을 그림 3에 나타내었다.

CVS-75모드는 총 3단계로 구분되어 있으며, 1단계는 저온시동단계로서 505초 동안 운전되며, 2단계는 저온시동의 안정화단계로서 867초 동안 운전된다. 2단계가 끝나면 540초 동안 엔진을 정지시킨 후 3단계인 고온운전조건에서 505초 동안 운전된다(곽순철 등, 2004).

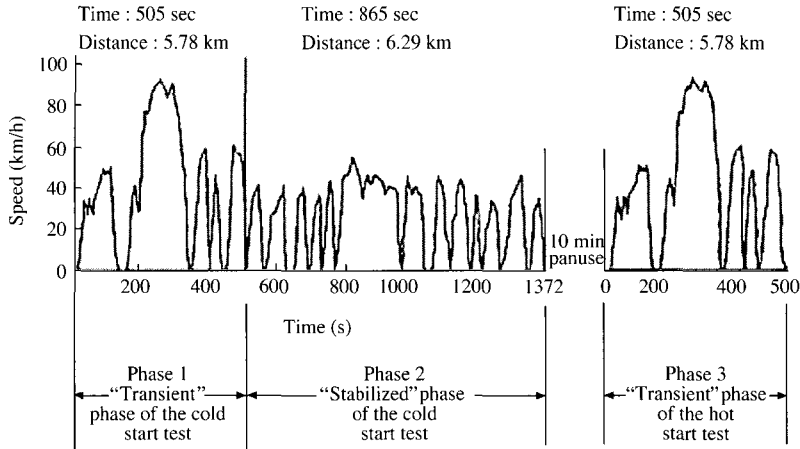


Fig. 3. Driving cycle of CVS-75 mode.

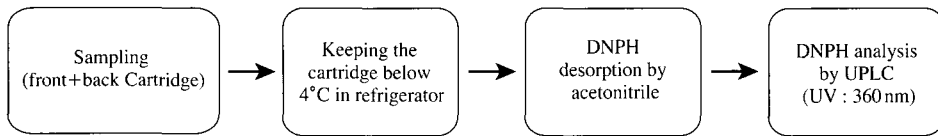


Fig. 4. Sample separation for aldehydes analysis.

3. 2 알데히드 채취 및 시험방법

알데히드 샘플링방법은 차량의 배출가스를 희석터널에서 일부분 연속적으로 채취하였고, 시료 채취 장치를 통하여 1 mL/min의 유량으로 카트리지에 흡착하여 샘플링을 하게 되었다. 카트리는 차량시험 운전조건 (Phase)별로 전, 후단으로 2개의 카트리를 사용하였다. 수분의 흡착을 막기 위하여 샘플러Inlet 부분에 실리카겔을 부착하였다. 알데히드의 방해물질인 오존의 간섭을 제거하기 위하여 0.46 cm (I.D.) × 10 cm의 copper tube에 KI (potassium iodide)결정을 채운 오존스크러버 (O₃ Scrubber) 카트리를 DNPH-silica 카트리지 앞에 장착하여 시료를 채취하였다(엄명도 등, 2002). 시험이 끝난 후 카트리지 양쪽끝에 플라스틱 캡을 씌워 밀봉하여 시료 분석 전까지 -15°C 이하의 냉장고에 암냉보관 하였고 분석은 채취 후 1주일 안에 실시하였다. DNPH에 흡착된 알데히드를 탈착시키기 위해 J.T Baker사의 아세토나이트릴 (acetonitrile)을 사용하여 중력에 의한 자연 탈착으로 10 mL로 정용량 (mass up)하였다. 탈착시 오

Table 3. Analytical conditions of UPLC.

Variables	Conditions
UPLC	WATERS, U.S.A
Detector	UV/Vis, 360 nm
Column	Acquity C18 (2.1 × 50 mm, 1.7 μm)
Mobile phase	Solvent : Water/Acetonitrile 40/60 (V/V)
Injection volume	5 μL
Column temp.	25°C
Flow rate	0.6 mL/min

염을 최소화하기 위하여 모든 메스플라스크를 아세토나이트릴로 세척하여 60°C에서 건조하여 사용하였다. 용출액은 2 mL 갈색 vial에 담은 후 휘발되는 것을 방지하기 위하여 테프론테입으로 밀봉한 후 냉동실에 보관하였다. 그림 4는 알데히드 분석법을 간단히 요약한 것이다 (US EPA, 1999).

미량으로 존재하는 성분을 분석하기 위해 높은 감도와 선택성을 가진 UPLC (waters USA)를 이용하였다. 유도체화된 알데히드는 350~380 nm의 흡광 영역에서 최대의 감도를 가지므로 본 연구에서는 자외

선의 파장을 360 nm에 고정시키고 분석하였다. 분석 시료량은 5 µL로 하였으며, 표 3에서 분석 조건을 나타낸다.

컬럼(column)은 Acquity C₁₈(2.1 × 50 mm, 1.7 µm, waters)을 사용하였고 이동상으로는 0.6 mL/min의 유량으로 아세토나이트릴과 증류수(water)를 사용하였으며, 컬럼의 온도는 25°C를 유지하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 연료 물성 분석 결과

연료의 특성을 알기 위하여 대기환경보전법 및 석유 및 석유대체연료사업법에 따른 연료제조기준 시험방법으로 이들 3가지 연료에 대한 분석을 하였다. DME의 경우 현재 연료제조기준이 없으므로 물성이 비슷한 LPG품질규격에 따른 시험방법에 의해서 결과를 나타내었다.

시험에 사용된 DME는 순도가 86.4 mol%이며 황

Table 4. The analysis of test fuels (LSD, ULSD).

Method	Items	Sample		
		LSD	ULSD	
*ASTM 2887	Distillation (°C)	IBP	160.0	163.0
		10%	196.5	195.5
		50%	269.5	277.5
		90%	342.0	331.0
		FBP	374.5	348.0
KSM202	Density (15°C, kg/m ³)	836.2	823.5	
*ISO4264	Cetane index	51.3	58.5	
*ISO5160	Cetane number	52.1	53.4	
*KSM2010	Flash point (°C)	61.0	65.0	
*KSM2014	Kinematic viscosity (40°C, mm ² /S)	3.0	3.0	
KSM2077	Sulfur (ppm)	267.0	9.0	

Table 5. Specifications of DME.

Items		DME
Component (mol%)	Purity	86.4
	Butadiene	N.D
	Sulfur (wt ppm)	1.9
	Vapor (40°C, Mpa)	0.8
	Density (15°C, g/cm ³)	685.0
	Residue (mL)	N.D
	Copper strip corrosion (40°C, 1 h)	1
	Water Content (wt ppm)	39.2

농도는 1.9 ppm이었으며 부타디엔과 잔류물질은 검출이 되지 않았다. 다음과 같은 내용을 저황경유, 초저황경유와 함께 표 4, 5에서 나타내었다.

4.2 배출가스시험결과

4.2.1 일산화탄소(CO)

차량 실험을 통하여 얻은 결과는 DME > 저황경유 > 초저황경유 순으로 농도 나타났으며 DME를 기준으로 하여 비교해본 결과 저황경유는 37% 초저황경유에서는 43%가 적게 배출되었으며 표 6과 그림 5에서 CO의 결과를 나타내었다.

위 결과를 보면 DME가 일산화탄소를 많이 발생하는 연료라고 생각 될 수 있다. 그러나 이는 시험용 차량의 연료계통부분이 최적화가 이루어져 있지 않기 때문에 발생한 결과라고 생각한다. 그리고 DME 연료계통부분 최적화를 위해 국내의 관련 기관에서 연구·개발 중이다. 따라서 최적화된 연료공급시스템이 장착되면 일산화탄소농도를 저감시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4.2.2 탄화수소(HC)

탄화수소는 연료의 연소가 이루어지지 않은 상태

Table 6. CO test data.

Test No.	Fuel type (Unit: g/km)		
	LSD	ULSD	DME
1st	2.297	1.945	3.607
2nd	2.238	2.143	3.559
3rd	2.077	2.128	3.452
Average	2.204	2.072	3.539

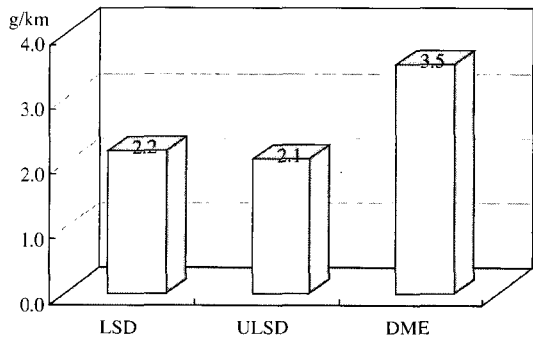


Fig. 5. The test result of CO.

로 배출된다거나 차량의 엔진의 피스톤내부의 구조상의 문제로 화염이 연소실벽에 접근함에 따라 화염이 꺼지는 소염층으로 인하여 발생한다(이성렬, 1995). 실험을 통하여 얻은 결과는 저황경유>초저황경유>DME 순의 농도값으로 나타내며 결과를 표 7과 그림 6에서 나타내고 있다. DME는 저황경유에 대비하여 약 59% 정도가 감소하게 되었고 초저황경유에 대비해서는 약 58% 정도가 줄었다.

4. 2. 3 질소산화물 (NOx)

DME와 다른 연료의 NOx배출량을 산출해보면 저황경유>초저황경유>DME순으로 나타났으며, DME의 경우 저황경유에 비하여 약 34% 정도가 감소하였다.

Table 7. HC test data.

Test No.	Fuel type (Unit: g/km)		
	LSD	ULSD	DME
1st	0.892	0.865	0.308
2nd	0.891	0.858	0.374
3rd	0.894	0.805	0.413
Average	0.892	0.876	0.365

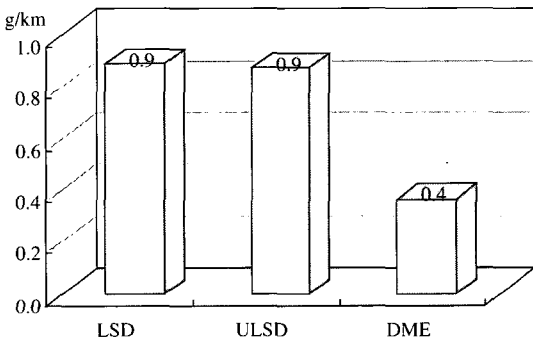


Fig. 6. The test result of HC.

경유의 경우 일반적으로 휘발유, LPG에 비해 NOx의 발생량이 많은 것으로 조사되고 있다. 따라서 DME를 사용하였을 때 경유엔진의 NOx 배출량을 저감 할 수 있을 것으로 사료된다. 문헌에 의하면 EGR 적용의 경우 그 비율이 15, 20, 25, 30, 35%였을 때 NOx의 저감은 150~500%까지 저감되었다. 그러나 회전수(rpm)가 증가함에 따라서는 흡입공기량의 부족으로 최대 토크가 감소하므로 기관회전수가 높아지고 고부하로 갈수록 EGR 적용율은 감소시켜야 한다고 전해지고 있다(주태현과 표영덕, 2005; 엄명도 등, 1998).

4. 2. 4 입자상물질 (PM)

경유를 사용하는 차량에서 가장 문제가 되는 것이 입자상 물질인 PM이다. 현재에는 경유의 품질이 향상되어 경유 중 황함량이 현재 초저황경유가 보급되는 수도권에서는 평균 15 ppm이며 기타 지방에서는 250~300 ppm 정도의 저황경유가 보급되고 있다. 이번실험에서 사용된 저황경유, 초저황경유의 농도가 293, 9 ppm인 것을 사용하였으며 그 결과를 표 9와 그림 7에서 나타내었다.

PM의 배출량은 저황경유>초저황경유>DME 순

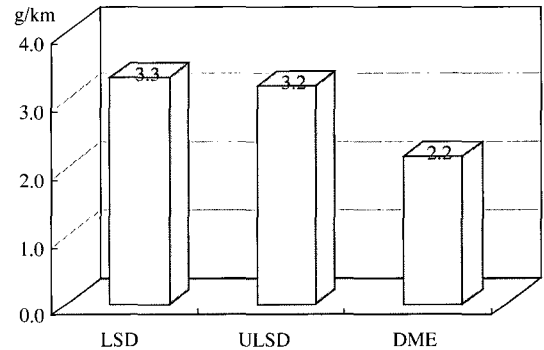


Fig. 7. The test result of NOx.

Table 8. NOx test data.

Test No.	Fuel type (Unit: g/km)		
	LSD	ULSD	DME
1st	3.322	3.369	2.290
2nd	3.268	3.187	2.069
3rd	3.418	3.095	2.185
Average	3.336	3.217	2.1813

Table 9. PM test data.

Test No.	Fuel type (Unit: g/km)		
	LSD	ULSD	DME
1st	0.522	0.463	0.062
2nd	0.537	0.485	0.063
3rd	0.530	0.480	0.067
Average	0.530	0.476	0.064

의 결과값을 갖게 되었다. 이와 같은 경향으로 PM결과 값은 황합량의 농도에 영향을 받는 것으로 생각되어진다. 그리고 실험에 사용된 차량의 생산연도가 1999년인 것을 감안한다면 최근에 개발된 차량을 이용할 경우 PM의 농도는 많이 줄 것으로 예상된다.

DME에는 황성분과 방향족화합물이 포함되어 있지 않기 때문에 입자상 물질이 거의발생하지 않는다. 그러나 DME에는 윤활성이 극히 작아서 엔진에서의 피스톤과 실린더 벽의 마모가 생길 수 있다. 이런 단점을 줄이기 위해서 첨가한 윤활성 첨가제와 실린더 내로 흡입된 엔진오일에 의해서 약간의 PM이 발생할 수 있다고 한다.

4.3 알데히드결과

4.3.1 알데히드 재현성 시험결과

알데히드 표준물질 (standard, Supelco社)를 이용하여 HPLC 분석에 의한 오차 발생 정도를 평가하기 위해 Peak Area와 Retention Time으로 재현성을 평가

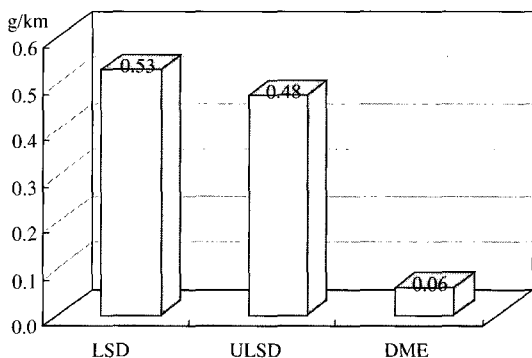


Fig. 8. The test result of PM.

Table 10. Repeatability for aldehyde standard of HPLC analysis (n=5).

Aldehydes	Retention time (min)	RSD (%)	
		Retention time	Peak area
Formaldehyde	0.853	0.12	1.13
Acetaldehyde	1.002	0.10	0.42
Acrolein	1.185	0.17	0.56
Acetone	1.215	0.15	0.43
Propionaldehyde	1.304	0.10	0.27
Butyraldehyde	1.716	0.17	1.21
Benzaldehyde	1.856	0.15	0.56

해 보았다. 알데히드 항목에 대한 retention time의 재현성은 0.2% 이하의 결과를 얻게 되었으며 피크면적에 대한 재현성은 모든 항목에서 2% 이하로 나타나 우수한 재현성을 보여주었다. 재현성에 대한 결과 값을 표 10에서 나타내었다.

4.3.2 연료별 알데히드 배출특성

이번 실험에서 사용된 3가지 연료의 특성상 DME에서 포름알데히드(formaldehyde)가 가장 많이 배출되었으며, 초저황경유에서는 아세트알데히드(acetaldehyde)가 저황경유에서는 아크로레인(acrolein)이 가장 많이 배출되었다. 포름알데히드경우 DME가 저황경유, 초저황경유에 비해 농도가 12, 27% 증가하였으며, 아세트알데히드의 경우 DME가 저황경유, 초저황경유에 비해 74, 86% 감소하였다. 아크로레인의 경우 저황경유와 초저황경유는 차이가 크지 않았고 DME가 다른 연료에 비해 50% 저감되었다. 그리고 발생 총량은 저황경유>DME>초저황경유의 순으로 나타났다. 위와 같은 내용을 그림 9와 10에서 연료별 알데히드 배출특성과 DME와 비교했을 때의 저감특성을 나타내었다. 문헌조사에 따르면 캐나다에서의 실험에서도 DME에서의 포름알데히드 증가율이 약 350% 정도 경유에 비해 증가하였고 아세트알데히드와 아크로레인에서는 79, 99%가 감소한 것으로 나타났다.

4.3.3 냉간, 열간 시동에 따른 알데히드 배출특성 차량 운전조건에서 Phase 1, Phase 3은 운전조건이

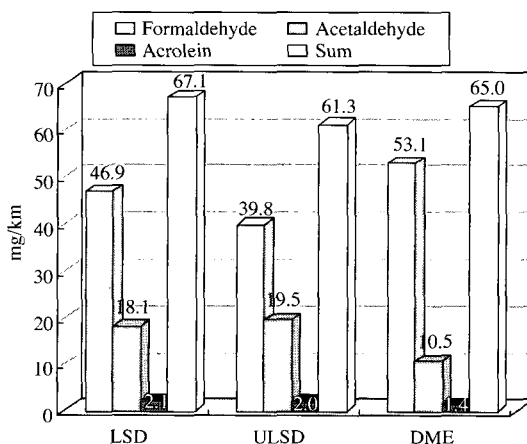


Fig. 9. Comparison aldehydes with LSD, ULSD, DME.

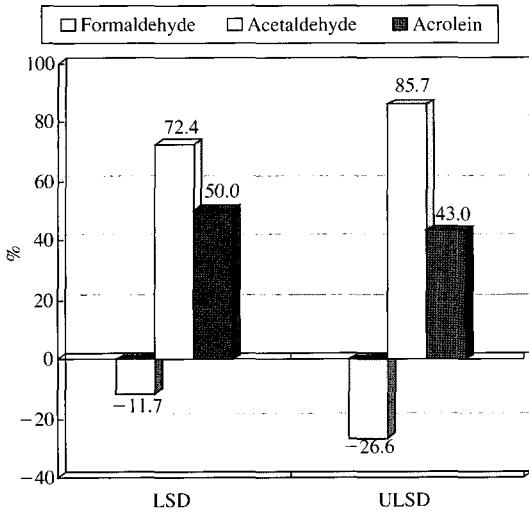


Fig. 10. Aldehyde increase and decrease in fuel type.

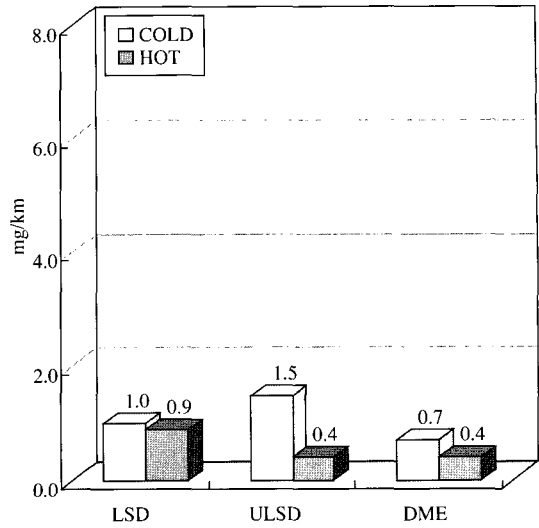


Fig. 12. Comparison acetaldehyde with cold and hot start.

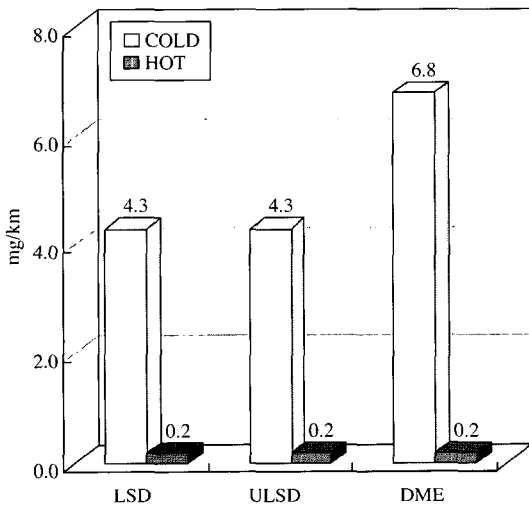


Fig. 11. Comparison formaldehyde with cold and hot start.

같으나 엔진열의 차이에 의해서 배출가스농도에는 많은 차이를 가지게 된다. 따라서 냉간 (Phase 1)과 열간시동 (Phase 2)에 따른 포름알데히드 발생량을 알아보기 위해 연료별 냉간과 열간의 포름알데히드, 아세트알데히드, 아크로레인의 농도에 대해서 알아보았다. 다만 아크로레인은 발생량이 없으므로 그림에서 제외시켰다.

그림 12에서 DME의 포름알데히드는 냉간시동시 다른 연료에 비해 많은 배출량을 나타내었다. 그림 13에서 아세트알데히드는 초저황경유에서 제일 많이 발생하였으나 그 차이가 다른 연료들과 크지 않았다. 따라서 엔진온도에 의한 알데히드발생량은 포름알데히드가 제일 크게 영향을 받는 것으로 나타났다.

5. 결 론

DME를 사용하여 국내규제시험모드인 CVS-75 모드로 시험 하였을때, 나타나는 배출가스의 특성을 저황경유와 초저황경유와 비교하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. DME의 배출가스 중 CO는 다른 연료의 배출가스보다 높은 농도값을 나타내었다. 이것은 현재 차량의 연료계통구조가 DME연료에 맞게 최적화 되지 않은 상태에서 얻어진 결과로 생각되어진다. DME연료분사시스템에 대한 산학기관의 연구가 수행되어지면 현재보다 낮은 배출가스농도를 가질 것으로 사료된다. 그리고 DME를 이용한 배출가스의 경우 입자상물질은 거의 발생되지 않기 때문에 EGR밸브를 기존에 사용된 순환률 보다 많이 적용하여 엔진의 상태를 희박연소상태로 유지한다면 NOx의 배출량은

저감될 것으로 예상되어진다.

2. 연료의 물성결과 세가지 연료에서 가장 큰 특징은 황함량 차이에 있었으며 황함량에 따라 영향을 받는 입자상물질의 배출농도가 저황경유>초저황경유>DME 순으로 갖게 되었다.

DME의 연료분석이 LPG 품질규격에 의한 것으로 연료물성분석 항목과 방법이 보완된다면 DME와 배출가스의 결과에 대해 상관성을 유추해 낼 수 있을 것이다.

3. 포름알데히드는 DME가 다른 경유들보다 높게 배출되었고 아세트알데히드는 저황경유와 초저황경유에서 DME보다 많이 배출되었다. 아크로레인은 초저황경유와 저황경유에서 배출농도가 거의 같았으며 DME에서는 낮은 농도로 배출되었다. 냉간, 열간 시동에서의 비교에서는 포름알데히드 발생량의 변화가 크게 나타났다. 따라서 포름알데히드는 엔진열에 의해 영향을 받는다는 결론을 얻게 되었다.

참 고 문 헌

곽순철, 서충열, 엄명도, 이종태, 임윤성(2004) 경유유형에 따

- 른 배출가스 특성 연구, 국립환경연구원, 16-48.
- 엄명도, 김종춘, 홍유덕(2002) 자동차 미규제 오염물질배출 특성 평가에 관한 연구, 국립환경연구원, 22-24.
- 엄명도, 류정호, 김기호(1998) 대형디젤기관에서 EGR장치에 의한 성능 및 배출가스의 특성에 관한 연구, 국립환경연구원, 20-35.
- 오전근(2002) 신에너지 DME의 필요성, News & Information for Chemical Engineering 20(5), 516-518.
- 이성렬(1995) 내연기관 보성각, 115-139.
- 이영재(2002) 국내의 DME자동차 기술개발 현황 News & Information for Chemical Engineering 20(5), 529-532.
- 주태현, 표영덕(2005) DME연료를 사용한 인라인펌프 직접분사 디젤기관의 EGR에 의한 NOx 저감, 한국자동차공학회 춘계학술대회 논문집, 172-177.
- 표영덕(2002) DME 제조 및 자동차 기술, ETIS분석지, 22, 83-97.
- 한국자동차공업협회(2004) 경유자동차등록현황자료, www.kama.or.kr.
- US EPA(1999) Compendium method TO-11A, Determination of formaldehyde in ambient air using adsorbent cartridge followed by high performance liquid chromatography (HPLC).
- KISTI(2003) 깨끗한 새로운 연료 DME, 기술동향보고서, 3-5.