

바이오 디젤 적용에 따른 대형엔진의 배출가스 특성

The Emission Characteristics of Bio-Diesel Fuel in Heavy-Duty Engine

김 선 문* · 엄 명 도 · 홍 지 형

국립환경과학원 교통환경연구소

(2010년 4월 12일 접수, 2010년 5월 14일 수정, 2010년 8월 27일 채택)

Sun moon Kim*, Myoung Do Eom and Ji hyung Hong
*National Institute of Environmental Research, Kyungseo-dong, Seo-gu,
Incheon 404-708, Korea*

(Received 12 April 2010, revised 14 May 2010, accepted 27 August 2010)

Abstract

Recently, a great deal of attention have been directed to the use of alternative fuels as a means to reduce vehicular emissions. As one of the promising alternative fuels, bio-diesel has advantages of a wide adaptability without retrofit of diesel engine. It is also effective enough to reduce CO, THC, SO_x, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and PM. In this study, we investigated the emission characteristics of biofuels between different operating conditions, i.e., engine speed (1,400 rpm and 2,300 rpm), engine load (10% and 100%), bio-diesel blending (BD0, BD5 and BD20), and recirculation (EGR) rate of exhaust gas (0% and 20%). Relative performance of the system was evaluated mainly for the greenhouse gases (CH₄, N₂O and CO₂). In addition, emission characteristics of ND-13 mode were also tested against both greenhouse gases and other airborne pollutants under emission regulation. The relative composition of bio-diesel has shown fairly clear effects on the emission quantities of CO, THC, and PM emission, although it was not on NO_x and greenhouse gases. EGR rate has shown trade-off characteristics between NO_x and PM.

Key words : PM (Particulate Matter), ETC (European Transient Cycle), NDIR (Non Dispersive Infrared absorption), ESC (European Steady-state Cycle), BD (Bio Diesel)

1. 서 론

바이오디젤은 70년대 초 오일쇼크 이후 대체 에너지 관점에서 유럽에서 실증연구가 되어왔으며, 1992년 리우선언 이후 기후변화의 대안으로 2000년부터

자동차에 일부 유럽 국가들이 조금씩 보급 사용되어 왔다(김철완, 2009). 경유연료에 혼합을 하면 산소함유율이 높아져 대체연료인 동시에 기후변화에 대응하는 친환경연료가 된다. 종류로는 채종유, 대두유, 팜유 등이 있으며, 현재까지 바이오디젤유를 안정적으로 사용하기 위한 방법으로 바이오디젤유를 경유와 혼합하여 사용하는 방법이 권장되어 왔고, 국내의 경우 디젤에 대두유를 5% 혼합한 BD5가 보급 중에

*Corresponding author.
Tel : +82-(0)32-560-7613, E-mail : ksm432@korea.kr

Table 1. Specifications of test engine.

Item	Spec.	Item	Spec.
Displacement	8505 cc	CR	16.5
Charge air	TCI	Max. Power	275 bhp/2100 rpm
NO. of Cyl.	6 Inline	Max. Torque	1,085 Nm/1200 rpm
Injection	Electric Unit Injection	Bore × Stroke	130 mm × 160 mm

있다(CARB, 2006; Ryu *et al.*, 2003). 바이오디젤은 대체에너지로서 디젤기관의 개량 없이 직접 적용할 수 있는 장점이 있고, 배출가스 중 CO, THC, SO_x, 다고리방향족(PAHs: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 및 입자상물질(PM) 등을 줄이는 데 효과가 있으나, NO_x 배출량이 미세하게 증가되는 경향이 있다(Kim *et al.*, 2008). 1997년 일본 교토에서 교토의정서를 채택한 이후 2008년부터 2012년 기간 중 자국내 CO₂, PFCs, CH₄, N₂O, HFCs, SF₆ 등 6가지를 온실물질로 규정하고, 그 배출량을 1990년대 수준대비 평균 5.2% 감축하는 것을 목표로 하여 2005년 2월 16일부터 발효하는 것으로 되어 있다. 2007년 12월 인도네시아 발리 로드맵에서는 이행여부의 확인을 하는 회의가 있었다. 우리나라는 유엔기후변화협약 당시 개발도상국으로 분류되어 현재 감축의무 대상국은 아니지만 최근 EU 국가들 사이에 선발개도국들에 대한 감축 참여문제가 제기되고 있으며, 2013년에는 2차 감축의무 대상국으로 지정될 가능성이 높다(김정인, 2007). 또한 국제에너지 기구에서도 지구온난화 방지를 위하여 1994년부터 바이오디젤을 지속적으로 개발 보급 하도록 하고 있다(OECD, 2004).

본 연구는 동일조건에서 디젤엔진회전수 변화에 따른 대기오염 규제물질(THC, CO, PM, NO_x) 및 온실가스(CO₂, CH₄, N₂O)의 배출특성과 바이오디젤 및 경유를 희석비율별로 혼합하여 사용 하면서 배기가스 재순환장치(EGR, Exhaust Gas Recirculation)를 적용(Han *et al.*, 2000)했을 시의 배출특성을 엔진동력계상에서 측정·분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

2.1.1 실험엔진 및 연료

본 실험에 사용된 디젤엔진은 전자제어식 펌프를

**Fig. 1. Overview of EGR-Cooler and valve system.**

적용한 8,500cc급 직접분사식 6기통 엔진으로 국내 배출허용기준 2006년 이전 규제(EURO-3)이며, 표 1에 주요제원을 나타내었다.

또한, 바이오디젤의 연소특성상 증가하는 NO_x의 영향을 줄이고자 배기가스재순환장치(EGR)를 장착하였다(Han *et al.*, 2000).

본 실험에 사용한 EGR시스템은 미국 디트로이트 디젤회사(DDC)의 중대형급 엔진에 사용되는 장치로써, 냉각기(Cooler)를 사용하여 충분한 냉각용량을 확보하였으며 EGR율은 간접유량 측정방식을 사용하였다.

실험 연료는 순수 경유 100%와 바이오디젤 5%, 20%를 혼합 사용하였고, 연료의 물성 분석결과를 표 2에 나타내었다.

2.1.2 실험장비

본 연구에서는 440kW급 AC 엔진동력계(오스트리아 AVL 社)를 사용하였으며, 동력계의 측정 장비는 그림 2와 같다.

배출가스 분석장치(일본 Horiba社, MEXA-7200D)는 디젤엔진에서 배출되는 가스 중 CO, THC, NO_x를 분석할 수 있는 장비로 CO는 비분산적외선분석법

(NDIR), THC는 불꽃이온화검출기법(HFID), NO_x는 화학발광법(CLD)을 사용하였으며, 표 3에 배출가스 분석장치의 제원을 나타내었다.

온실가스인 CO₂, CH₄, N₂O에 대한 배출특성도 측정하였으며, CO₂는 비분산 적외선 측정법(NDIR), CH₄는 GC/HID 방식으로 엔진에서 배출된 가스를 희석 없이 직접 측정하였으며, N₂O의 경우 연소된 배출가스를 희석시킨 후 테들러백(5L)에 채취하여 정량 분석하였으며 GC/ECD 방식으로 분석하였다.

2. 2 실험방법

2. 2. 1 단일모드 실험

단일모드 실험 조건은 기관회전수 1,400 rpm과

2,300 rpm에서 각 부하율의 두 개 측정 구간을 선정하여 10%, 100%에서 CO, THC, NO_x, PM 및 CH₄, CO₂, N₂O의 결과를 분석하였다. 각 모드 운행의 측정조건은 엔진회전속도를 고정후 100% 최대부하와 계산된 10% 부하율을 기준으로 24개의 mode로 나누어 실시하였다.

2. 2. 2 ND-13모드 실험

전부하 모드로 각각의 바이오디젤의 희석비별 성능 특성 및 연비를 비교하였고, 입자상물질, 가스상물질, 온실가스의 배출시험은 한국 및 유럽의 엔진동력계에 의한 배출가스 인증시험방법인 ND-13모드로 실시하였다. 시험된 ND-13모드의 조건을 표 6에 나타내었다. 또한 ND-13모드 실험 후 배출가스의 분석은 PPM단위로 측정된 배출가스 농도를 흡기온도, 습도, 엔진출력 등을 고려하여 단위출력당 질량으로 계산하였다.

Table 2. Properties of test fuels.

Item	Diesel 100	BD5	BD20
Density (kg/cm ³)@15°C	828.2	838.4	855.7
Viscosity (40°C mm ² /s)	2.805	2.870	3.523
Cetan No.	56.1	55.4	56.3
Sulfur (ppm)	12	9	6
Ignition (°C)	59.0	62.0	72.0
PAHs (Wt%)			
Mono-	11.0	-	-
Di-	0.3	-	-
Poly-	Trace	-	-

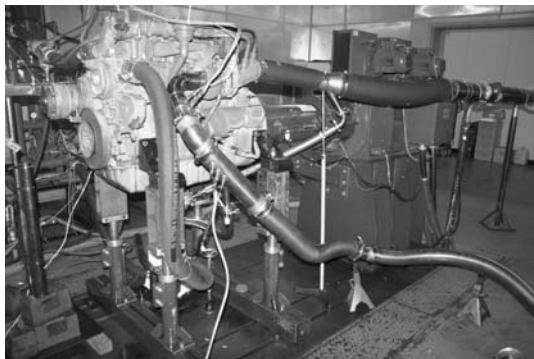


Fig. 2. Overview of engine and A/C dynamometer.

3. 결과 및 고찰

3. 1 성능실험 결과

바이오디젤의 혼합비와 EGR적용에 따른 성능측정 결과, 출력의 경우 바이오디젤의 혼합비율이 증가할수록 최대 1.13%의 증가를 보이고, EGR적용 시 최대 1.32%이내의 감소율을 나타내어 연료 및 EGR 적용은 출력에 거의 영향이 없음을 알 수 있었다. 또한 연료소비율도 출력과 거의 유사한 경향을 보였으며 큰 영향이 없음을 확인하였다.

3. 2 단일시험모드 결과

3. 2. 1 규제 대기오염물질 분석 결과

THC의 경우 바이오디젤 함유량과 EGR율이 증가할수록 감소하는 경향을 보이고, 최대토크 조건에서 BD20과 EGR을 적용하면 디젤연료 대비 최대 65.74%의 높은 저감율을 보이고 있음을 그림 3에 나타내

Table 3. Specification of emission analyzer.

Item	Specification			
Model	MEXA-7200D			
Component	CO	CO ₂	THC	NO _x
Measuring principle	NDIR	NDIR	HFID	CLD
Measuring concentration range	100, 500, 1000, 25000 ppm	1, 3%	50, 100, 250, 1000 ppmC	50, 100, 250, 1000, 2500 ppm

Table 4. Details of ECD.

Detector	ECD (Electronic Capture Detector)
Column	Porapak Q (80/120 mesh)
Column temp.	150°C
Detector temp.	350°C
Carrier gas	N ₂ (99.99%)
Sample flow	30 mL/min

Table 5. Details of test conditions.

Fuel	EGR rate	Load	Speed
BD0, BD5, BD20	0, 20%	10%, 100%	1400 rpm, 2300 rpm

Table 6. Dynamometer operation schedule on ND-13 mode.

No.	Engine speed	Load rate (%)	Weight factor	Driving time (min)
1	Idle	-	0.15	4
2	rpm A	100	0.08	2
3	rpm B	50	0.10	2
4	rpm B	75	0.10	2
5	rpm A	50	0.05	2
6	rpm A	75	0.05	2
7	rpm A	25	0.05	2
8	rpm B	100	0.09	2
9	rpm B	25	0.10	2
10	rpm C	100	0.08	2
11	rpm C	25	0.05	2
12	rpm C	75	0.05	2
13	rpm C	50	0.05	2

Nhigh: The high Nhigh is determined by calculating 70% of the declared maximum net power. The highest engine speed where this power value occurs (i.e. above the rated speed) on the power curve is defined as Nhigh.

Nlow: The low speed Nlow is determined by calculating 50% of the declared maximum net power. The lowest engine speed where this power value occurs (i.e. below the rated speed) on the power curve is defined as Nlow.

The engine speed rpm A, B, and C to be used during the test are then calculated from the following formulas:

$$\text{rpm A} = \text{Nlow} + 0.25 (\text{Nhigh} - \text{Nlow})$$

$$\text{rpm B} = \text{Nlow} + 0.50 (\text{Nhigh} - \text{Nlow})$$

$$\text{rpm C} = \text{Nlow} + 0.75 (\text{Nhigh} - \text{Nlow})$$

었다. 이는 THC가 EGR적용에 따라 흡기온도가 상승되었고 합산소 연료인 바이오디젤의 사용으로 연소실내 산소함량의 증가 및 상대적으로 높은 세탄가에 의해 연소 조건이 상승된 것으로 사료된다.

그림 4는 바이오디젤의 혼합량이 증가할수록 일산화탄소의 배출량이 감소하고, EGR율을 높일수록 배출량이 약간 증가하는 결과를 나타내었다. BD20과

Table 7. Results of engine performance by test conditions.

Item	Power (KW)	Torque (NM)	Bsfc
BD0+EGR0	117.6 (1)	488.6 (1)	215.7 (1)
BD0+EGR20	115.5 (1.86)	479.1 (1.94)	217.6 (-0.84)
BD5+EGR0	118.5 (-0.68)	491.8 (-0.65)	217.4 (-0.77)
BD5+EGR20	116.1 (1.32)	482 (1.35)	220.1 (-2.0)
BD20+EGR0	118.9 (-1.13)	494.1 (-1.12)	217.9 (-1.04)
BD20+EGR20	117.3 (0.32)	486.7 (0.38)	221.3 (-2.58)

※ () : Engine Performance change rate
Bsfc: Brake specific fuel consumption

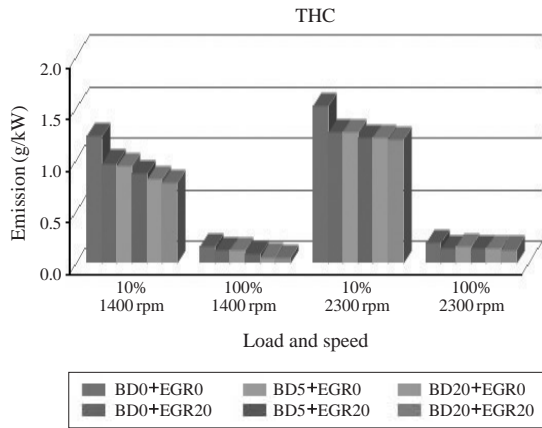


Fig. 3. THC emissions according to engine load and rpm.

EGR이 적용된 1,400 rpm과 2,300 rpm의 10% 부하조건에서는 최대 19.85%의 저감율을 보였으나, 100% 부하조건에서는 BD20을 사용할 경우에 최대 24.51%의 저감율을 보였으며, EGR을 함께 사용할 경우는 112.1%의 증가를 보여 최대출력에서의 EGR 사용은 부적합한 것으로 판단된다. 이는 BD20에 의한 합산소량의 증가보다 EGR에 의한 산소부족량이 더 크기 때문인 것으로 사료된다.

그림 5는 전체적으로 부하율이 감소하고 회전수가 증가하면서 EGR율이 커지면 PM이 증가되는 것을 알 수 있었다. 특히 고부하 영역에서는 EGR율의 상승에 따른 PM증가가 급격히 이루어짐을 알 수 있다. 이는 EGR을 통해 재순환되는 배기가스로 인해 연소실내로 흡입되는 신기 내 산소량이 부족하여 연소 시 필요 충분한 산소가 부족하기 때문에 것으로 판단된다.

바이오디젤만을 사용하면 1,400 rpm 100% 부하조건에서 47.96%의 PM저감을 확인할 수 있었고 EGR

만을 적용하여도 14.29%의 PM저감효과가 나타났다. 그러나 2,300 rpm 100% 부하조건에서는 바이오디젤만을 사용할 경우 최대 51.43%의 PM저감율을 보였으나 EGR을 동시 적용할 경우에는 7.12%의 PM증

가를 보였다.

연료BD20을 사용하면 1,400 rpm 10% 부하에서 최대 9.77%의 증가를 보였고, 최대출력인 2,300 rpm에서 100% 부하율일 경우에는 3.88%가 증가됨을 알 수 있었다. 그러나 EGR을 적용하면 1,400 rpm 10% 부하에서 BD0+W/O EGR과 비교하여 21.29%의 저감을 보였으며, 2,300 rpm에서 100% 부하율일 때에도 43.87% 높은 저감율을 보였고, 이를 그림 6에 나타내었다. 고부하 영역에서의 EGR에 의한 NO_x의 높은 저감 이유는 저부하조건보다 연소에 의해 더 많은 산소농도를 크게 감소시키게 되고 EGR효과가 크게 작용했기 때문인 것으로 판단된다. 전체적인 엔진회전수별 규제오염물질 분석결과를 표 8에 나타내었다.

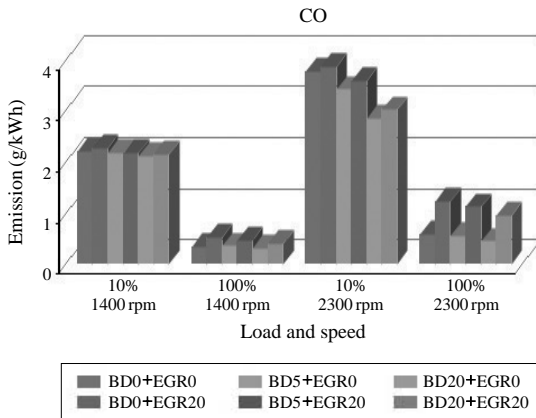


Fig. 4. CO emissions according to engine load and rpm.

3.2.2 온실가스 분석 결과

온실가스인 이산화탄소는 엔진회전수가 증가하고, 부하가 감소할수록 배출량이 증가하는 경향을 보였고, 바이오디젤과 EGR을 동시에 적용할 경우에는 최대 0.1~2.8%의 낮은 저감율을 보였다. 이를 통해 바

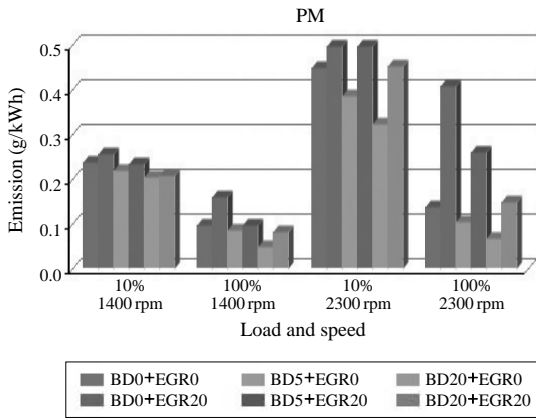


Fig. 5. PM emissions according to engine load and rpm.

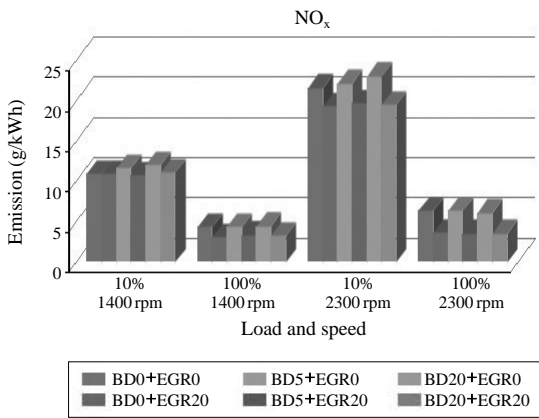


Fig. 6. NO_x emissions according to engine load and rpm.

Table 8. Results of regulated emissions according to engine load and rpm. (Unit: g/kW · h)

Item	10% 1400 rpm				100% 1400 rpm				10% 2300 rpm				100% 2300 rpm			
	THC	CO	PM	NO _x	THC	CO	PM	NO _x	THC	CO	PM	NO _x	THC	CO	PM	NO _x
BD0+EGR0	1.25	0.18	1.54	0.21	0.18	0.32	0.098	4.33	1.54	3.76	0.45	21.62	0.21	0.58	0.14	6.34
BD0+EGR20	0.98	0.14	1.29	0.15	0.14	0.50	0.160	3.08	1.29	3.86	0.59	19.32	0.15	1.23	0.41	3.61
BD5+EGR0	0.96	0.13	1.28	0.17	0.13	0.35	0.088	4.40	1.28	3.41	0.39	22.19	0.17	0.54	0.11	6.31
BD5+EGR20	0.89	0.10	1.22	0.15	0.10	0.45	0.098	3.37	1.22	3.57	0.50	19.71	0.15	1.11	0.26	3.55
BD20+EGR0	0.83	0.07	1.23	0.16	0.07	0.29	0.051	4.44	1.23	2.85	0.32	23.09	0.16	0.44	0.07	6.12
BD20+EGR20	0.80	0.06	1.21	0.14	0.06	0.40	0.084	3.28	1.21	3.01	0.45	19.47	0.14	0.95	0.15	3.56

이오디젤과 EGR에 의한 영향이 크지 않음을 알 수 있었다. CH₄는 최대 0.024 g/kW-h로서 고속 고부하

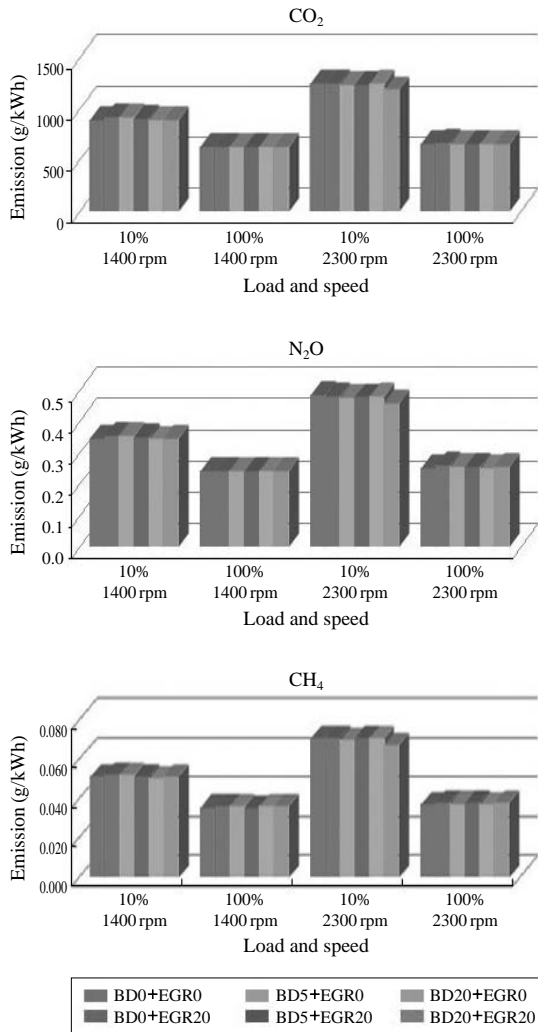


Fig. 7. GHG emissions according to engine load and rpm.

영역으로 가고 바이오디젤 혼합이 증가하면서 EGR을 적용하면 0.04%에서 30%까지 저감하였다.

따라서 바이오디젤의 혼합비율별 온실가스인 CO₂ 결과는 크게 저감되거나 상승되는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 식물성원료를 이용한 바이오디젤의 사용은 온실가스 적용 시 Neutral, 즉 ‘중립’의 의미로 CO₂에 대한 온실가스 계산시 “0”으로 적용하게 된다.

그림 7에 나타난 N₂O의 경우 NO_x의 배출특성과 유사한 경향을 보였으나 그 절대량은 낮게 배출되었다. 전체적인 엔진회전수별 온실가스오염물질 분석결과를 표 9에 나타내었다.

3.3 ND-13 모드 실험결과

3.3.1 규제 대기오염물질 분석 결과

그림 8은 규제모드에 대한 오염물질 결과로 한국 및 유럽의 대형디젤엔진 인증 실험인 ND-13모드 실험결과이다. 각 규제물질별 배출량은 표 6에 나와 있는 모드별 시험시간 동안 해당 엔진회전수 및 부하값에서의 엔진 운전을 통해 각 모드마다의 시간단위 출력당 중량값을 합산하여 산출하게 된다. EGR을 적용하지 않았을 시에는 바이오디젤 혼합비가 증가할수록 각 규제물질의 배출량도 미세하게 감소하는 경향을 보였다. 이러한 경향은 EGR을 적용 시에도 동일하게 나타나지만, CO의 경우는 BD5 조건에서 약간 증가한 것을 알 수 있었다.

그림 9는 NO_x에 대한 ND-13모드의 실험결과로 바이오디젤 혼합량이 증가할수록 배출량도 증가하였다. 합산소물질을 포함하는 바이오디젤의 경우 그 혼합비율이 증가함에 따라 NO_x의 배출량이 증가하게 되는데, 그 이유는 연소온도의 상승에 따른 Thermal NO_x의 증가로 그 원인이 분석되고 있다. 따라서 본

Table 9. Results of GHG emissions according to engine load and rpm.

(Unit: g/kW · h)

Item	10% 1400 rpm			100% 1400 rpm			10% 2300 rpm			100% 2300 rpm		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
BD0+EGR0	907.61	0.0249	0.350	635.11	0.0035	0.245	1267.09	0.0308	0.489	663.60	0.0041	0.256
BD0+EGR20	924.18	0.0196	0.357	639.20	0.0028	0.247	1257.97	0.0258	0.486	677.65	0.0029	0.262
BD5+EGR0	926.52	0.0192	0.358	636.60	0.0027	0.246	1243.01	0.0256	0.480	666.87	0.0034	0.257
BD5+EGR20	915.05	0.0177	0.353	634.91	0.0019	0.245	1253.26	0.0244	0.484	672.32	0.0030	0.259
BD20+EGR0	900.52	0.0166	0.348	635.78	0.0014	0.245	1261.12	0.0246	0.487	664.05	0.0032	0.256
BD20+EGR20	904.48	0.0159	0.349	637.07	0.0012	0.246	1199.91	0.0243	0.463	672.31	0.0029	0.259

연구의 경우도 BD20의 경우 약 1.82% 증가하였다. EGR의 비율의 상승은 곧 연소온도의 하강을 나타내기 때문에 BD20에 EGR까지 적용하면 디젤연료 대비 약 28.01%의 저감율을 보였다.

3.3.2 온실가스 분석 결과

그림 10은 온실가스에 대한 결과로 CH₄의 경우 바이오디젤의 혼합량이 증가하면서 EGR을 적용하면 0.0037 g/kW-h에서 0.0027 g/kW-h로 미량으로 감소하였고, N₂O의 경우에도 혼합변화 및 EGR에 의해

0.254 g/kW-h에서 0.259 g/kW-h로 약간 증가하는 경향을 보였다. CO₂의 경우에는 바이오디젤의 혼합량이 증가할수록 뚜렷이 감소하는 경향을 보였으나, EGR을 적용하면 배출량이 약간 증가함을 알 수 있었다. 이는 EGR로 인한 연소조건 악화가 연료소비량을 증

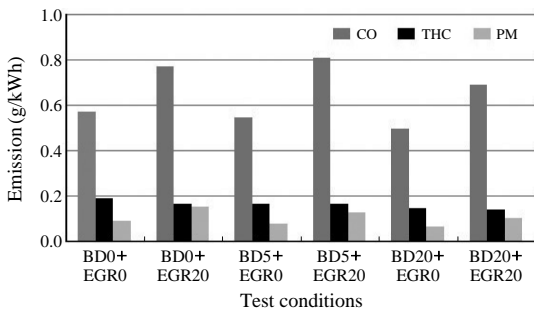


Fig. 8. CO, THC, PM results of ND-13 mode.

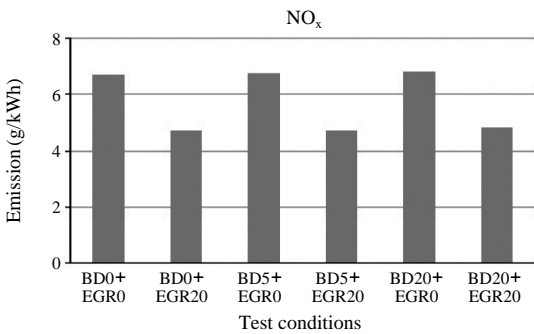


Fig. 9. NO_x results of ND-13 mode.

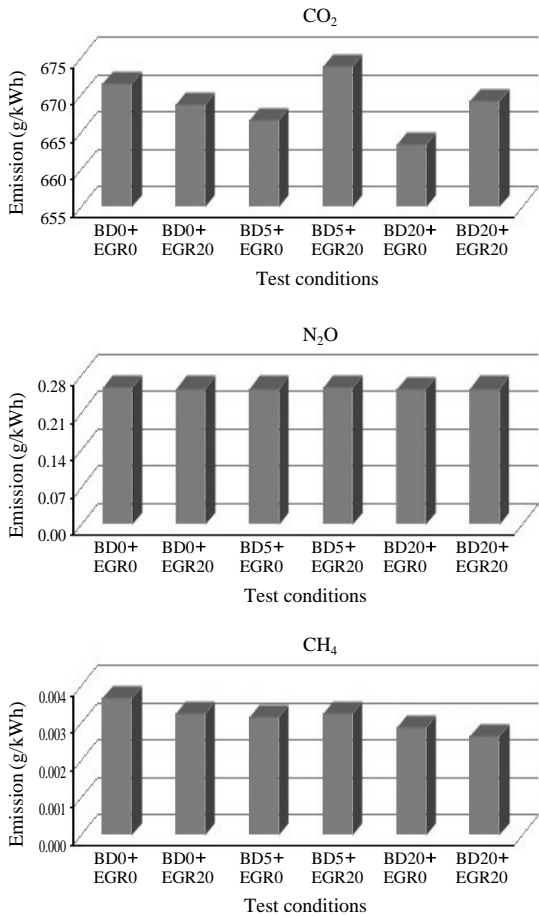


Fig. 10. GHG emissions results of ND-13 mode.

Table 10. CO, THC, PM, NO_x, GHG emissions results of ND-13 mode.

Item	CO	THC	PM	NO _x	CH ₄	N ₂ O	CO ₂
BD0+EGR0	0.5696	0.1856	0.085	6.6523	0.0037	0.259	671.71
BD0+EGR20	0.7668	0.1640	0.147	4.6624	0.0033	0.258	668.89
BD5+EGR0	0.5441	0.1605	0.074	6.7154	0.0032	0.257	666.71
BD5+EGR20	0.8085	0.1652	0.126	4.6703	0.0033	0.260	673.90
BD20+EGR0	0.4951	0.1456	0.064	6.7740	0.0029	0.256	663.41
BD20+EGR20	0.6889	0.1350	0.099	4.7826	0.0027	0.258	669.32

가시켰기 때문인 것으로 사료되며, 그 증가율은 최대 1.08%로 미미한 수준이었다. 전체적인 ND-13모드의 엔진회전수별 규제물질 및 온실가스 분석결과를 표 9에 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 대형디젤엔진에 합산소 연료인 바이오디젤을 경유에 혼합하고 배기가스재순환장치를 엔진에 적용하여 배출특성을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 엔진동력계상에서 성능 시험결과 20% 바이오디젤의 혼합사용 및 15%의 EGR을 적용으로 인한 출력 및 에너지소비효율의 성능저하가 나타나지 않았다.

(2) 엔진의 부하율 및 회전속도에 따른 배출가스 특성을 알아보기 위하여 실시한 단일모드 시험 결과 최대 토크 구간인 1,400 rpm, 100% 엔진부하에서 각 배출가스의 배출량이 가장 적게 나타났다.

(3) 단일모드에서 바이오디젤 혼합량이 증가할수록 THC, CO, PM 배출량은 줄어들고 NO_x는 약간 증가하는 반면, 15% EGR적용시 NO_x는 최대 43.87%의 저감율을 보였으나 CO, THC, PM은 고속, 최대부하 조건을 제외하고는 큰 변화를 보이지 않았다.

(4) 규제 인증시험모드인 ND-13모드 실험에서

BD20과 EGR15% 적용결과 NO_x, THC는 최대 28.17%, 27.24%의 저감율을 보였으나 CO, PM은 20.9%, 16.5% 증가하였고, 온실가스인 CH₄는 27.24% 감소하는 반면, N₂O, CO₂는 0.35%, 2.08%로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 김철완(2009) 바이오디젤 연료의 산업 및 기술현황과 미래 시나리오, 한국자동차공학회, Workshop, pp. 64-82
- 김정인(2007) 기후변화에 대응한 각국의 정책 동향과 한국 대기정책의 시사점, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 39-40.
- CARB(2006) Biodiesel Retrofit Special Project, 5-6.
- Han, Y.C., J.H. Ryu, Y.S. Oh, H.W. Lee, and H.I. Kang (2000) A exhaust gas study by EGR in heavy-duty diesel engine, Atmospheric Environment, 16(3), 285-291.
- Kim, D.O., D.S. Eom, S.M. Kim, J.H. Ryu, Y.S. Ryu, D.M. Lee, and W.K. Lee (2008) A study on exhaust characteristics of heavy-duty engine by bio-diesel and EGR, Atmospheric Environment, 46, 314-315.
- OECD(2004) Biofuels for Transport, 25-27.
- Ryu, J.H., M.D. Eom, J.C. Kim, T.O. Lee, S.M. Kim, K.H. Kim, and C.S. Jung (2003) A study on the reduction effectiveness of vehicle emission by biodiesel fuel, Atmospheric Environment, 36, 181-182.