

커먼레일 디젤기관의 공회전시 디젤과 팜 바이오 디젤 연료가 연소 및 배기 특성에 미치는 영향

김정봉*, 갈준충**, 김민수**, 최낙정**
*전북대학교 산업기술학과(기계공학)
**전북대학교 기계설계공학부
† e-mail: njchoi@jbnu.ac.kr

Influences of pure diesel and palm oil biodiesel on combustion and emission characteristics in a common rail diesel engine under idling conditions

Jeong-Bong Kim*, Jun-Cong Ge**, Min-Soo Kim**, Nag-Jung Choi**†

*Dept. of Industrial Technology (Mechanical Engineering),
Jeonbuk National University

**Division of Mechanical Design Engineering, Jeonbuk National University

† e-mail: njchoi@jbnu.ac.kr

요약

본 논문에서는 커먼레일 디젤기관의 공회전 조건에서 디젤과 바이오디젤의 배기특성에 대하여 분석하였으며, 디젤에 비해 바이오디젤 사용 시 PM은 증가 하고 NOx는 감소하는 결과를 볼 수 있었다. 디젤에 비하여 높은 세탄가와 함산소 특성의 장점을 가지고 있는 바이오디젤은 단점으로 점도가 높다. 그로 인하여 연료의 무화가 잘 이루어지지 않아 연소실 내 흡입된 공기와의 혼합이 불량하고 그 결과 불완전한 연소로 진행되어 PM의 배출량은 증가하였고, 연소실내 온도는 하락하여 NOx의 배출량은 감소하였다. 이 결과를 볼 때 공회전 상태에서는 바이오디젤의 장점보다는 단점이 배기가스에 미치는 영향이 크다.

1. 서론

최근 들어 대기환경이 급격히 나빠지고 있다. 그에 따라 대기환경에 영향을 끼치는 요인에 대한 관심이 높아지고 있으며, 특히 화석연료를 사용하는 내연기관에서 배출되는 배기가스는 자동차 사용량 증가에 따라 대기환경을 악화시키는 주요 요인 중 하나로 더욱더 대두되고 있다. 그중 가솔린엔진에 비해 높은 열효율을 얻을 수 있는 디젤엔진을 장착한 자동차의 수요가 증가하였는데, 디젤 자동차의 경우 입자물질(PM)과 질소산화물(NOx)의 배출량이 많다. 그렇기 때문에 각 나라별 규제를 점점 강화하고 있고 유럽연합에서는 디젤 차량의 배기가스 규제를 1992년 Euro1을 시작으로 Euro6 까지 지속적으로 강화하여 시행하고 있다. 자동차 제조사들은 그 규정을 맞추기 위하여 DPF, LNT, SCR등 기계적인 기술 개발과 연구를 하고 있다. 그러나 이를 극복하기 위해서는 기계적인 기술 개발 뿐만 아니라 내연기관에 사용되는 연료에 대한 개선을 통한 대기환경 오염물질 저감방안에 대한 연구가 필요하다[1-3]. 대표적인 예로 바이오디젤과, 바이오 에탄올이 있다. 그중 바이오디젤은 ULSD(Ultra low sulfur diesel)보다 높은 세탄가를 가지고 있어 착화성이 좋으며, 연료 내

산소를 포함하고 있는 함산소 연료로 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 입자상 물질(PM)을 저감 할 수 있는 장점이 있고 그에 반해 높은 점도와 저온에서 결정화 되는 문제점이 있다. 높은 점도로 인해 연료의 무화가 잘 이루어 지지 않는 단점이 존재 하며 그로인한 불완전 연소로 일산화탄소, 탄화수소, 입자상 물질의 배출량이 증가할 수 있으며, 이것은 산소 함유의 장점을 무마시킨다. 또한 완전연소시 질소산화물(NOx)의 배출이 기존 ULSD보다 약간 증가하는 연구 결과가 있다.[4]

본 연구에서는 ULSD와 바이오디젤의 배기가스 특성을 분석하고 자 하였음, 그에 따라 실린더 내 연소 환경이 가장 좋지 않는 공회전 상태 750RPM, 무부하 상태 0Nm과 부하 상태 35Nm을 적용하여 배기가스 특성을 비교하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1 실험장치

실험에 사용된 기관은 4기통 2.0리터 CRDI 디젤 기관으로 터보차저를 포함하고 있으며 Bosch Fie 시스템을 사용하였다. 세부 사항은 Table 1과 같다. 실험에 사용된 바이오디젤

은 B로 표현하였다. B0는 바이오 디젤을 혼합하지 않은 순수 ULSD이며, B100은 순수 바이오 디젤이다. 이 실험에 사용된 연료의 상세한 사항은 Table2에 표시되어있다.

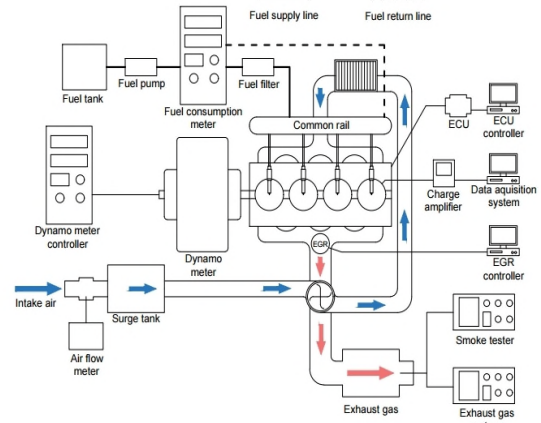
[Table 1] Engine specifications

Items	Specification
Engine type	In-line 4cylinder
Maximum power	82kW / 4000rpm
Maximum torque	260Nm / 2000rpm
Bore × Stroke	83mm × 92mm
Displacement	1991cc
Compression ratio	17.7 : 1
FIE system type	Bosch CRDI
Injector	5 Hole (spray angle 150°)

[Table 2] Properties of test fuels

Properties	B0	B100
Density (kg/m ³ at 15°C)	836.8	877
Viscosity (mm ² /s at 40°C)	2.719	4.56
Calorific value (MJ/kg)	43.96	39.72
Cetane index	55.8	57.3
Flash point (°C)	55	196
Oxygen content (%)	0	11.26

실험 장치는 Fig. 1과 같이 와전류 타입 동력계 (DY-230kW)와 연료공급 장치, 연료의 소모량 측정을 위한 전자저울(GP100) 배기가스 분석 장치(MK2, HPC-501) 그리고 광투과식 매연 측정기(OPA-102)를 사용하였으며, 연소 압력은 기관의 예열플러그 자리에 압전 소자 방식의 압력 센서(Kistler, 6056a)로 데이터를 수집하여 분석하였다.



[Fig 1] Schematic diagram of the experimental apparatus

2.2 실험방법

본 실험은 기관의 회전속도는 공회전 속도인 750rpm으로 기관의 부하는 무 부하 상태인 0Nm 와, 외부 부하장치 사용에 의한 부하 상태인 35Nm 을 적용하여 실험을 수행하였다. 연료분사 압력은 400bar로 고정하고, 예비분사를 1회를 적용하였으며 주 분사는 BTDC 4°Ca 예비분사는 BTDC 20°Ca 로 하였다. 상세한 사항은 Table 3에 표시되어 있다. 열 발생량과 연소 압력은 CA값에 따른 측정값으로 하였으며, 배기가스와 매연은 각 실험 조건 별로 기관을 가동시키고 냉각수는 353±3K 범위에서 유지되고, 기관회전수의 변화가 750±5rpm 이내로 유지되어, 기관이 안정화 되었을 때 측정을 시행하였다.

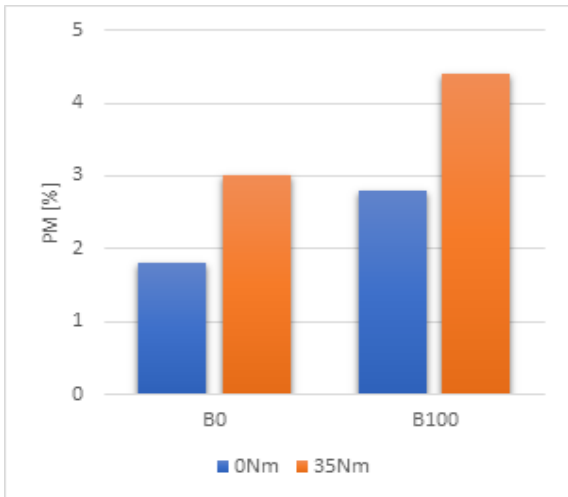
[Table 3] Test conditions

Items	Conditions
Engine speed	750±5rpm(Idle speed)
Engine Load	0Nm & 35Nm
Cooling water / Intake temp.	358±3 / 298±3 K
Fuel injection pressure	400bar
Main & Pilot injection timing	Main BTDC 4°Ca Pilot BTDC 20°Ca

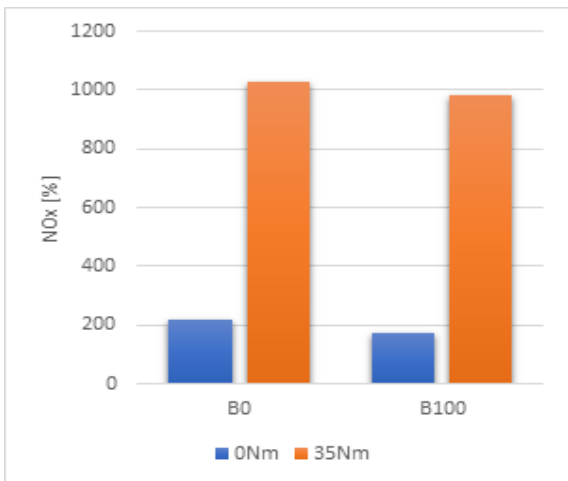
3. 실험결과 및 고찰

Fig. 2와 Fig. 3를 보면 ULSD(B0) 와 바이오디젤(B100) 의 연소에 따른 배기가스 특성과 부하에 따라 배기가스 특성이

다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 무 부하 상태인 0Nm 보다 부하 상태인 35Nm에서 B0 와 B100 모두 PM과 NOx의 배출량은 증가하였다. 이는 부하 상승에 따른 보정으로 연료의 분사량이 증가되었으며, 그로인해 PM과 NOx의 배출량이 증가한 것으로 생각된다. 그리고 부하와 무관하게 B100에서 B0에 비해 PM의 배출량이 증가하였다. B100의 경우 세탄가는 높지만 높은 점도로 인하여 연료의 무화가 잘 되지 않아 연소실 내의 연소 환경이 악화되었기 때문으로 생각된다. 반면 그로인해 연소실내 연소온도 감소로 NOx의 배출량은 감소되었다.



[Fig 2] PM



[Fig 3] NOx

4. 결론

공회전(750rpm) 상태에서 바이오디젤(B100) 사용 시 ULSD(B0)에 비해 PM의 배출량은 증가하고 NOx는 감소하는 경향을 보였다. PM의 증가는 바이오디젤의 높은 점도로 인하여 분사된 연료의 무화가 잘 이루어지지 않아 연소실내

흡입된 공기와의 혼합이 불량 해지고 그에 따라 연소가 불완전 하여 PM배출량이 증가한다. 그리고 불완전한 연소로 인하여 연소실내 온도가 하락하여 NOx의 배출량은 줄어든다.

연소 환경이 가장 좋지 않은 공회전 상태에서 바이오디젤(B100) 사용 시 바이오디젤의 장점인 합산소와 높은 세탄가가 배기가스에 미치는 영향보다는 높은 점도가 미치는 영향이 크며, 높은 점도로 인한 불안정한 연소로 PM의 배출량이 증가하고 그 결과 연소실 온도하락으로 NOx 배출량은 감소한다.

후 기

이 논문은 2019년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2019R1I1A1A01057727)을 받아 수행된 기초연구사업 및 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2019R1F1A1063154)을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] 백석흠, et al. "디젤엔진에서 바이오디젤의 배기가스 특성 평가." 대한기계학회 논문집 B 권 38.2 (2014): 129-137.
- [2] 도현철, et al. "바이오 디젤유를 사용한 직분식 디젤 기관의 배기특성." 한국동력기계공학회 학술대회 논문집 (2004): 217-222.
- [3] 유병오, et al. "저속 공회전시 커먼레일 디젤기관에서 디젤-팜오일 바이오디젤-에탄올 혼합연료의 연소 및 배기 특성에 관한 연구." 한국기계기술학회지 22.1 (2020): 125-130.
- [4] 조행묵. "커먼레일 디젤엔진을 이용한 바이오디젤 연료의 연소 및 배출가스 특성." 한국마린엔지니어링학회지 33.2 (2009): 252-258.