

1B3) 대형 디젤트럭에서 연료종류, 운전모드와 후처리 장치가 미세입자의 배출에 미치는 영향

Effect of Fuels, Driving Modes and After-treatment on PM Emission in a Heavy Duty Diesel Truck

나광삼 · David Cocker · 이종훈¹⁾ · 배귀남²⁾

College of Engineering, Center for Environmental Research and Technology
(CE-CERT), University of California, Riverside, ¹⁾South Coast Air Quality
Management District, ²⁾한국과학기술연구원 환경기술연구단

1. 서 론

디젤엔진의 배출가스에 대한 규제가 점점 엄격해짐에 따라 이의 기준치를 충족시키기 위한 새로운 엔진, 효과적인 배출가스 제거장치, 그리고 배출을 최소화 할 수 있는 연료의 개발이 진행되고 있다. 디젤엔진에서 배출되는 가스 및 입자의 양은 엔진유형, 운전조건, 엔진제작년도, 차량관리, 배출가스 후처리장치, 연료 종류 등에 따라 다른 것으로 보고되어 있다(Na et al., 2007; Alander et al., 2004; Shah et al., 2004) 그러므로 배출량에 영향을 주는 여러 조건에서의 배출 연구는 배출 기준을 만족시키는 후처리장치와 연료의 개발, 그리고 정부 차원의 효과적인 자동차 배출 규제 및 정책 수립에 중요한 역할을 한다. 본 연구에서는 최근 관심을 끌고 있는 바이오디젤 등 산소가 포함된 디젤유 사용에 따른 디젤 배출가스의 저감효율과 대형 디젤차량의 여러 운전조건에서 후처리 장치의 성능을 살펴보았다.

2. 연구 방법

운전조건과 연료종류가 디젤엔진의 오염물질 배출에 미치는 영향을 규명하기 위하여 대형 디젤트럭과 전기생산용 디젤엔진을 선택하였다. 디젤트럭의 운전조건은 캘리포니아환경부의 4-mode driving cycle (cold start/idling, creep, transient, and cruising)을 사용하였다. 사용된 연료는 바이오디젤(BD1), 물/디젤에멀전 혼합유(WDE), 일반디젤유(CARB)(황함유량 <500ppm), 초저유황디젤유(ULSD)(황함유량 <15 ppm)이었다. 후처리 장치로는 디젤산화촉매(DOC)와 디젤입자필터(DPF)를 사용하였다. 본 연구소의 이동식 분석장치를 이용하여 배출가스를 측정하였다. 이 장치는 두 개의 희석터널(primary and secondary dilution tunnel)을 갖추고 있으며, 희석비율은 프로판을 이용하여 조절하였다. PM과 OC/EC를 분석하기 위하여 Cahn Microbalance와 미국 SUNSET사의 OC/EC 분석기를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

대형 디젤트럭의 주행시 측정된 OC와 EC의 배출량을 연료별로 비교하여 그림 1에 나타내었다. On-road 배출원의 배출량과 off-road 배출원의 배출량을 직접적으로 비교하기 위해 주행거리와 무관한 이산화탄소 배출량을 기준으로 한 배출계수 단위를 사용하였다. OC와 EC의 배출계수는 이산화탄소를 기준으로 한 단위를 사용하였다. 4가지 연료 중에서 물/디젤에멀전 혼합유(WDE)를 사용하였을 때 총입자탄소(OC+EC)의 배출이 가장 적었으며, 표준디젤유(CARB)와 비교하여 EC 배출량이 약 80% 감소하였다. 반면, OC의 배출은 다른 연료를 사용했을 때보다 많았다. 이것으로부터 물/디젤에멀전 혼합유는 EC 배출 감소에만 효과적임을 알 수 있다. 바이오디젤(BD1)은 표준디젤유와 비교하여 OC와 EC의 배출이 모두 감소하였으며, 총감소율은 약 45%이었다. 바이오디젤은 다른 디젤과 비교하여 OC의 감소에 가장 효과적이었다. 초저황디젤은 OC와 EC의 저감에 효과가 없는 것으로 나타났다.

표 1은 OC와 EC의 배출 특성이 서로 다른 두 디젤엔진에 설치한 3가지 배기후처리 장치에서 얻은 저감효율을 나타낸 것이다. 사용된 후처리 장치는 디젤산화촉매(DOC), 디젤입자필터(DPF), 연료주입형 촉매 (FBC)이었다. DPF는 자체제생용과 강제제생용의 두 가지를 사용하였다.

일반디젤유에 대하여 후처리 장치를 설치하지 않은 조건에서 측정된 PM, OC 그리고 EC의 배출량을 비교를 위한 기준치로 정하고, 각 후처리 장치를 사용한 후 얻은 값들과 비교하여 감소효율을 계산하였다. 2000 CAT 3406C 엔진은 EC의 배출이 OC보다 많은 반면, 1985 DDC V92 엔진은 OC가 EC보다 많이 배출되는 특징을 가진 엔진이다.

디젤산화촉매는 OC에 대하여 66%, 그리고 EC에 대해서는 약 2%의 저감효율을 나타내었다. 디젤입자필터는 OC와 EC 모두 약 90% 이상의 높은 저감효율을 보였다. 디젤산화촉매를 단독으로 사용하는 경우에 비해 연료주입형촉매(FBC)를 디젤산화촉매와 함께 사용하는 경우 디젤입자의 저감효율이 낮아졌다.

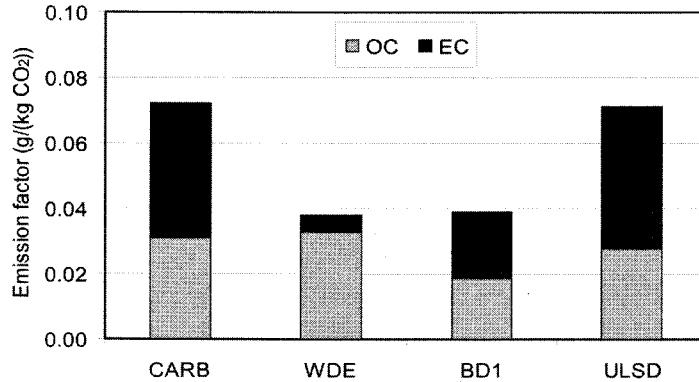


Fig. 1. Comparison of OC and EC emission obtained from heavy duty diesel truck on cruising mode.

Table 1. Reduction efficiency in emission of PM, OC, and EC for three different control technologies.

Engine	After-treatment	Reduction efficiency(%)		
		PM	OC	EC
2000 CAT 3406C	DOC	7	66	2
	Passive DPF	91	93	89
	Active DPF	98	92	97
1985 DDC V92	DOC	45	70	14
	FBC+DOC	38	61	7

참 고 문 헌

- Alander, T.J.A., A.P. Leskinen, T.M. Raunemaa, and L. Rantanen (2004) Characterization of diesel particles: Effects of fuel reformulation, exhaust aftertreatment, and engine operation on particle carbon composition and volatility, *ES & T*, 38, 2707-2714.
- Na, K., A. Nigam, A. Chaudhary, W. Welch, K. Johnson, W.J. Miller, and D.R. Cocker III (2007) Effects of sampling conditions on size-segregated PM mass and its chemical composition emitted from a diesel backup generator, AAAR Conference, September 2007, Reno, Nevada.
- Shah, S., J.W. Miller, D.R. Cocker, and J.M. Norbeck (2004) Emission rates of particulate matter and elemental and organic carbon from in-use diesel engines, *ES & T*, 38, 2544-2550.