

A Study on the Control Characteristics for Reduction of Particulate Material by HC Injection

김 병 우[†] · 허 진^{*}
(Byeong-Woo Kim · Jin Hur)

Abstract - The goals of this research are to understand the regeneration characteristics in diesel particulate filter using the HC injection. This research emphasized on the development of Continuously Regenerating DOC/DPF and HC technology which was the best particulate matters removing technology of current existing technology. This experimental study has been conducted with equipped a Continuously Regenerating DOC/DPF and HC injection on displacement 2.0, 3.3ℓ diesel engine and compared in terms of particulate material and emission. In this study, we could constructed 3 kinds of database according to quantity of temperature to decide the HC injection quantity and develop DOC/DPF ECU algorithm.

Key Words : Regeneration, DOC/DPF, Particulate material, HC injection

1. 서 론

자동차에 대한 에너지 및 환경문제를 해결하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 국내외 자동차 업계에서는 자동차 환경문제를 해결하기 위하여 하이브리드, 연료전지 자동차와 같은 첨단 기술에 대한 다양한 연구를 진행하고 있다. 이 같은 첨단 기술 분야에 대한 연구와 더불어 기존 내연기관 자체의 문제점인 배기가스를 획기적으로 저감시킬 수 있는 방안에 대한 연구도 중요하다.

이의 대표적인 사례로서 연비 및 CO₂, HC와 같은 배기가스 배출 성능이 우수한 디젤엔진을 들 수 있다. 그러나, 디젤 엔진은 우수한 연비 및 거시적 측면의 배기가스 성능이 우수한 반면에 입자상 물질(Particulate material)이 다량 배출되어 대기공해를 유발하고 있다. 선진국은 물론이고 국내에서도 엄격한 배기가스 규제를 실시하고 있는데, 한국의 CO₂ 규제는 140g/km, 유럽의 PM 규제는 EURO-VI(0.02g/kwh), 미국의 PM 규제는 Tire-II(PM 0.01g/bhp-hr)를 들 수 있다. 상기의 강제 배기규제를 만족시키기 위해서는 엔진 자체의 최적 제어와 함께 배출된 배기가스를 효율적으로 제어할 수 있는 제어 기술이 중요하다.

본 연구에서는 디젤엔진의 가장 큰 약점이라 할 수 있는 입자상 물질(PM : Particulate Matter)과 질소산화물(NOx)과 같은 배기가스의 연계성과 특성을 조사하였다. 그 동안,

디젤 엔진의 입자상 물질(PM : Particulate Matter)과 질소산화물(NOx)과 같은 연구는 DOC(Diesel oxidation catalyst)와 DPF(Diesel particulate filter)를 중심으로 다양한 연구를 진행하였다.[1]-[4] 그러나, 기존 연구에서는 디젤 배기가스를 저감시키기 위한 배기가스 후처리 시스템을 중심으로 하는 연구가 중심이었기 때문에 디젤 배기가스 저감 장치(DOC, DPF) 사이의 연계성 및 특성 값을 정량적으로 제시하지 못한 부분이 존재하였다.

따라서, 본 연구에서는 기존 디젤 자동차 배기가스 저감 장치에 적용되고 있는 다수의 DOC와 DPF를 조합하여 PM과 NOx의 상관관계를 규명하고 이를 저감시킬 수 있는 강제적인 제어 방법을 제시하였다. 또한, 강제적인 방법으로 제시된 탄화수소(HC) 분사의 최적 제어를 위한 제어방법을 제시하였다.

2. DPF/DOC 및 배기 계 구성

2-1. DPF/DOC의 배기계 구성

디젤 배기가스 저감장치에 일반적으로 적용되고 있는 DOC와 DPF, 광촉매 플라즈마(PPH)의 기본 특성 및 상호관계를 확인하기 위하여 아래 표 1과 같은 배기 계 조합을 실시하였다. DOC인 경우에는 백금(Pt)이 코팅되어 있고 크기가 다른 두 가지 종류를 사용하였다. DPF인 경우에는 3.3ℓ급 엔진을 사용하였는데, 백금 성분이 차이가 있고 나머지 조합 성분은 동일한 두 가지 종류를 평가 대상으로 설정하였다. 또한, 디젤엔진 배기량 2.0ℓ급 엔진에서 한 가지 종류를 실험하였다. 또한 광촉매 플라즈마(PPH-Photo catalyst plasma honeycomb)를 이용한 실험도 수행하였다. 또한, DPF 종류에 의한 특성 변화를 파악하기 위하여 DPF2와 DPF3는 크기와 백금(Pt) 함량은 동

[†] 교신저자, 정회원 : 울산대학교 전기전자정보시스템학과부
부교수 · 공박

E-mail : bywokim@ulsan.ac.kr

^{*} 정 회 원 : 울산대학교 전기전자정보시스템학과부
부교수 · 공박

접수일자 : 2009년 3월 25일

최종완료 : 2009년 4월 13일

이하도 DPF2는 혼합된 산화물, DPF3는 산화알루미늄(Alumina)이 포함되었다. 마지막으로, 광촉매 플라즈마방식과 함께 적용한 DPF4는 촉매를 코팅하지 않아 포집 기능만을 갖는 필터를 사용하였다.

표 1 DOC와 DPF의 구성 제원

Table 1 Specifications of DOC and DPF

종류	시험 엔진	직경 (mm)	길이 (mm)	촉매	기타
DOC1	3.3ℓ	5.62	4.68	Pt 90g/ft ³	-
DPF1			5.78	Pt 30g/ft ³	-
DOC2	2.0ℓ	7.5	3.8	Pt 90g/ft ³	400 cpsi
DPF2			8	Pt 30g/ft ³	Mixed-Oxidation
DPF3					
PPH	2.0ℓ	3.66	1.42	photo-catalyst 170g/ℓ	400 cpsi
DPF4		5.66	6	No Catalyst	200 cpsi

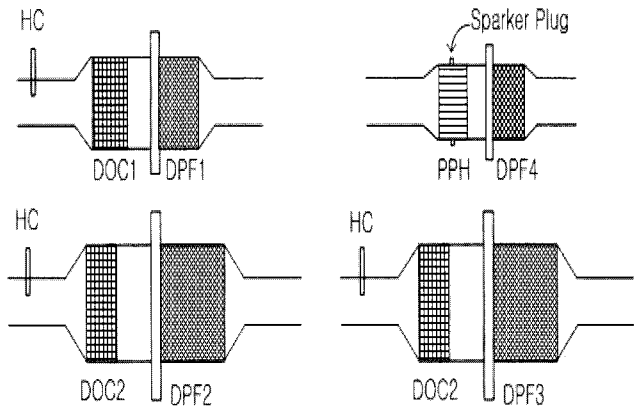


그림 2 DPF와 DOC의 배기 계 구성

Fig. 2 DPF and DOC Structure of exhaust systems

2-2. 광촉매 플라즈마 DPF

2-1절에서 언급한 DOC/DPF 기반의 배기계 조합과 함께 광촉매 플라즈마 DPF의 특성을 해석하기 위하여 광촉매 플라즈마 DPF를 적용하였다. 본 실험에 적용한 광촉매 플라즈마 DPF는 광 반응기와 동일한 직경 93mm, 셀 밀도 400cps(Cell Per Square Inch)이다. 그림 3은 DPF 담체 상단부에서 계측한 플라즈마의 형태를 나타낸 것인데, 전체적으로 균질하게 발생됨을 확인할 수 있었다.

그리고 저온 플라즈마의 광을 광 파장분석기를 이용하여 분석하여 그림 4와 같은 파장 특성을 얻을 수 있었다. TiO₂ 광촉매인 경우, 360nm 이하의 파장에서 3개의 주 파장이 존재하고 광촉매 활성화와 무관한 360nm 이상의 영역에서는 매우 약한 강도만이 존재하였기 때문에 소모된 전력이 광촉매 활성화에 효율적으로 사용됨을 알 수 있었다.

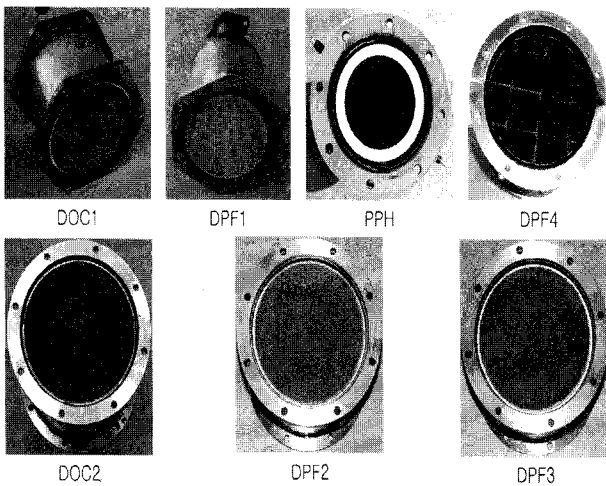


그림 1 DOC/PPH/DPF의 개별 구조

Fig. 1 DOC/DPF/PPH Structure of exhaust systems

실제 엔진에 장착되는 배기계의 기본적 구성은 DOC와 DPF로 연결된 형태로 하였다. 시험한 엔진의 배기량에 따라 필터의 사이즈를 결정하였고 이의 구체적인 조합 형태는 그림 2와 같이 네 가지로 구성하여 실험을 실시하였다. 또한, 광촉매 플라즈마 방식을 제외한 DOC 기반의 세 가지 배기계는 DPF 전·후의 온도와 차압을 측정하기 위한 검지부를 설치하였다. 온도센서는 K 타입의 열전대를 사용하였고 매연(Soot)의 축적 정도를 가늠하기 위하여 DPF 전·후단에 사용된 차압센서는 최대 1bar까지 측정 가능한 압력센서를 장착하였다.

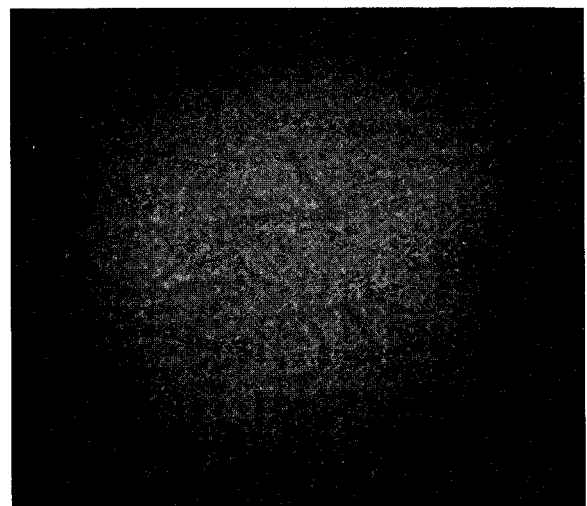


그림 3 세라믹 허니컴에 코팅된 광촉매에 의하여 발생된 비열적 플라즈마

Fig. 3 Non-thermal plasma generated on a photocatalyst coated ceramic honeycomb

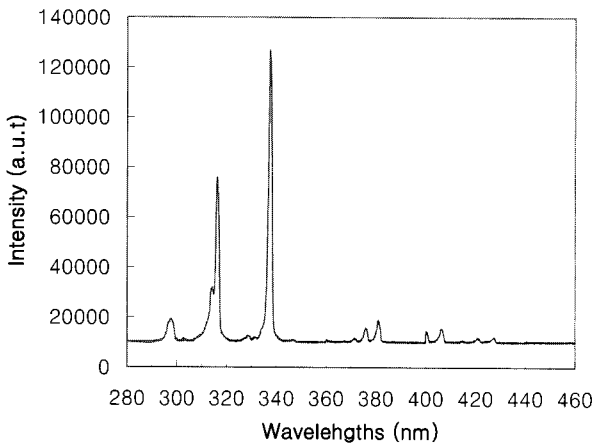


그림 4 광촉매에 의하여 발생된 플라즈마 스펙트럼
Fig. 4 Plasma spectrum of non-thermal plasma generated on a photocatalyst

3. HC 분사 시스템 및 평가 방법

디젤 배기가스의 PM 재생온도는 O₂보다 NO₂ 분위기에 서 화학적인 반응이 활발하게 이루어지기 때문에 일반적으로 O₂ 분위기에서 배기가스 온도 550℃, NO₂ 분위기에서 배기가스 온도 300℃에서 분진(Soot)이 자연 재생될 수 있다. 따라서, 디젤 배기가스 제어장치에서 NO₂의 농도를 증가시키는 방법으로서 DOC 전단 혹은 플라즈마 반응기 전단에 HC를 분사시켜 NO₂의 농도를 가변시키도록 하였다.

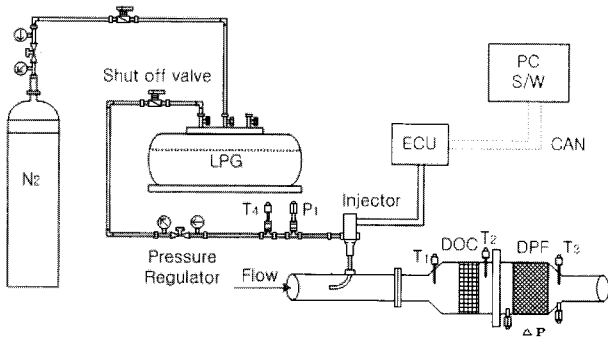


그림 5 DOC/DPF 시스템 구성도
Fig. 5 Schematic diagram of DOC/DPF system

배기가스 내부에서 NO₂ 성분을 형성시키기 위해서는 가능한 많은 HC 성분이 필요하기 때문에 일반적으로 메탄(CH₄), 에틸렌(C₂H₄), 에탄(C₂H₆), 프로펜(C₃H₆), 프로판(C₃H₈)을 이용하고 있다. 본 논문에서는 가능한 다량의 HC 성분이 포함되어 있고 HC 분사 후에 발생하는 배기가스 배출이 상대적으로 적은 LPG를 이용하였다.

디젤 배기가스 저감장치에 LPG를 분사시키기 위하여 LPG 분사 구동기를 포함한 LPG Test Bench 제작과 HC 분사 조건을 최적 제어할 수 있는 전용 전자제어장치(ECU)를 설계, 제작하였다. 그림 5는 DOC/DPF 매연저감장치의

구성도를 나타낸 것으로 LPG를 인젝터까지 액상으로 공급해주는 LPG Test Bench, Soot를 포집하고 재생 시기를 결정하기 위하여 온도센서와 차압 센서가 장착된 배기계, 센서 계측을 통한 LPG 분사 알고리즘이 적용된 DPF ECU, 각종 센서로부터 획득한 데이터를 CAN 통신에 의하여 모니터링 하고 분사 량을 조정하는 PC기반 소프트웨어로 구성하였다.

표 2 엔진 제원

Table 2 Engine specifications

Manufacture	HMC	
Engine	D4AL-L4TCI	CRDI VGT
Volume(cc)	3298	1991
Output(ps/rpm)	120	126/4000
Max. Torque (kg.m/rpm)	30	29.5/2000

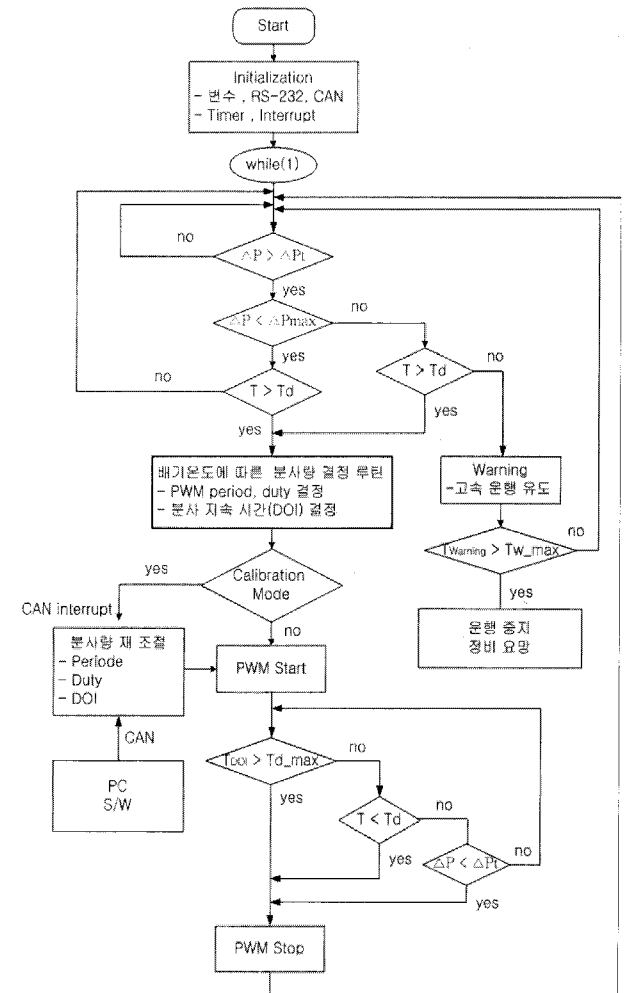


그림 6 DOC/DPF 시스템의 제어 흐름도
Fig. 6 Flow chart of DOC/DPF Algorithm

또한, 필터 사이즈에 따른 LPG 분사 제어기의 DB를 확보하고 실제 엔진 조건에서 배기가스 저감효과를 평가하기 위하여 두 가지 엔진을 이용한 엔진 다이노미터를 이용하였다. 하나는 3.3ℓ급 기계식 엔진이고 다른 하나는 2.0ℓ급 CRDI(Common Rail Direct Injection)엔진을 사용하였다. 본 실험에 적용된 엔진의 사양은 표 2와 같다.

LPG 분사 전용 제어기(ECU)는 Infineon사의 C167CS를 사용하였다. C167CS는 내장형 메모리가 없는 관계로 외부에 2 Mbit 프래시 메모리를 장착하였다.

그리고, 10bit의 A/D 컨버터를 통해 센서로부터 신호를 받아들이고 PWM 제어로 LPG를 분사시켰다. 그림 7은 ECU Board의 H/W 블록 다이어그램을 나타내고 있다.

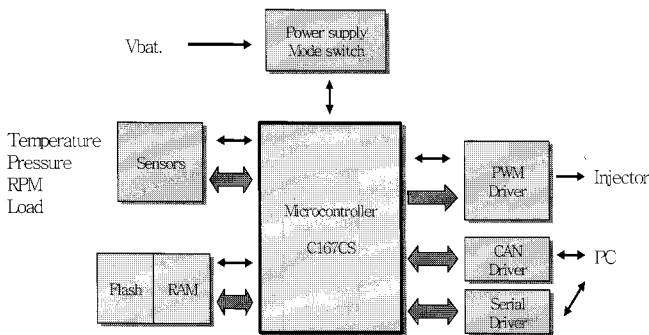


그림 7 HC 분사를 위한 ECU 구성도
Fig. 7 HC ECU Block diagram

디젤 DPF 시스템에서 포집되는 분진의 양과 재생되는 Soot의 양이 동일하게 되면 디젤 DPF 전과 후단의 차압이 일정하게 유지되게 되는데, 이 시점의 온도를 BPT(Balance point temperature)라 정의하고 있다. 따라서, BPT 값은 디젤 DPF 제거장치의 상태와 성능을 해석하는 데에 좋은 지표라 할 수 있다.

먼저, 디젤 DPF 장치에서 재생 시점을 간접적으로 파악할 수 있는 BPT 값 평가 및 특징을 평가하였다. BPT 값 실험 조건은 엔진 회전수를 고정시키고 엔진 출력을 지속적으로 증가시켜 배기가스 온도를 점차적으로 증가시켰다. 디젤 엔진의 배기가스 온도가 일정 값 이하까지는 디젤 DPF 장치 전·후단의 차압 값이 증가하게 되나 일정 온도에 도달하게 되면 차압은 일정하게 유지되고 일정 값 이상에서는 차압이 감소되는 BPT의 절대 값 및 변화를 비교 분석하였다.

둘째는 2절에서 설명한 4가지 종류의 DOC/DPF, PPH 조합에 의한 배기가스 배출 및 분진 저감 효과를 평가하기 위하여 국제적인 연비평가 모드인 D-13 모드를 적용하였다. 디젤 배기가스 배출에 의한 엔진의 토크변화와 배기계의 차압변화, 정량적인 분진 질량, Co/THC/NOx를 측정하여 4가지 정화장치의 조합별 특성을 비교 평가하였다.

셋째는 디젤 배기계에 장착된 DOC/DPF, PPH에 의한 배기가스 및 PM 제거 성능을 기준으로 강제적인 HC 분사에 의한 배기가스 및 PM 제거효과를 평가하기 위하여 배기가스 온도 변화에 의한 HC 영향을 분석하였다. 본 실험에서는 앞서 평가한 BPT 값과 D-13모드 결과에서 가장 우수한 DOC/DPF 조합 배기계를 대상으로 설정하였다.

4. 결과 및 고찰

4-1. BPT 기반의 재생성능 평가

그림 8은 DOC1과 DPF1이 연결된 배기계에서 발생하는 대표적인 BPT 곡선을 나타낸 것이다. 일정 온도(335 ~ 340 ℃) 이상에서는 곡선 A와 같이 배기계의 입구와 출구의 차압이 일정하게 유지되고 일정 시간 이후에는 떨어지기 시작하는 것을 확인할 수 있었다. 위와 같은 방법으로 나머지 DPF2, DPF3, DOC1+DPF1, DOC2+DPF2, DOC2+DPF3의 BPT 시험 결과를 그림 9와 같이 나타냈다. DPF2의 BPT 온도는 482±2.5℃, DOC2+DPF2는 342±2℃, DPF3는 362±2.5℃ 그리고 DOC2+DPF3는 347±3℃, DOC1+DPF1는 337±2.5℃임을 확인하였다.

BPT 결과를 종합해 보면, DOC1+DPF1의 BPT가 가장 낮고 다음으로는 DOC2+DPF2와 DOC2+DPF3 순으로 BPT 값을 나타냈다. DOC1+DPF1이 다른 것들에 비하여 BPT가 낮은 것은 DOC1+DPF1의 실험 엔진이 3ℓ급이고 나머지는 2ℓ급 엔진에서 시험하였기 때문에 필터의 동일 코팅 성분인 경우에도 실험 엔진의 온도와 필터의 사이즈가 영향을 끼칠 것이라 판단된다. DPF2(Mixed oxidation)와 DPF3(Alumina)은 표 1에서 보듯이 DPF의 코팅성분이 조금씩 상이하기 때문에 BPT 온도가 극명하게 차이가 발생됨을 알 수 있었다.

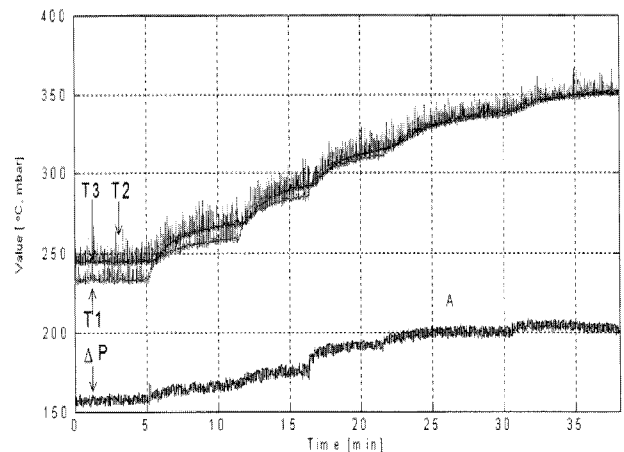


그림 8 DOC1+DPF1 모듈의 BPT
Fig. 8 BPT of DOC1+DPF1 module

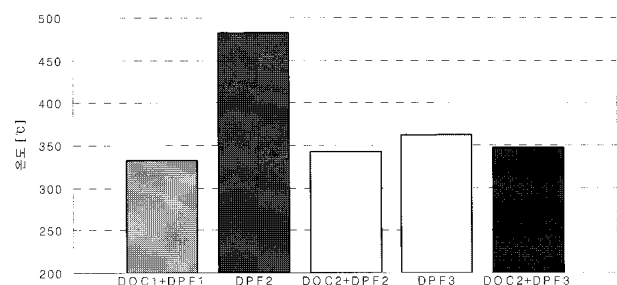


그림 9 디젤 DPF 장치의 BPT 평가 결과
Fig. 9 BPT Results of diesel DPF system

4-2. 준 실차 주행모드 적용 실험

D-13 모드는 유럽에서 사용되는 시험방법으로서 국내의 입자상 물질 배출량 시험 모드로 지정 사용되고 있는 시험 방법이다. D-13 모드 시험은 엔진 동력계상에서 연속적으로 발생하는 13가지 속도와 부하조건으로 수행하였다. 배기가스 측정은 각 모드에서 g/kwh의 단위로 측정되며 최종 시험결과는 각 모드별로 적용되는 가중치를 고려한 평균값으로 결정하였다. 이 시험 조건은 미국의 US-13 모드 사이클과 동일하지만 각 모드 별로 적용되는 가중치의 값이 상이하고 6번과 8번 모드가 높은 가중치로 설정되어 있기 때문에 평균 배기가스 산출에 큰 영향을 미친다. 표 3에 각 모드의 운전 조건을 제시하였고 그림 10은 PPH+DPF4 배기계인 경우, D-13 모드 시험 시의 배기온도, 차압, 토크를 나타내었다.

표 3 D-13 모드
Table 3 D-13 mode

Mode No.	Engine speed(%)	Load rate(%)	Driving time(min)	Weighing factor
1	idle	0	6	0.083
2	Maximum Torque speed	60	10	0.080
3		60	25	0.080
4		60	50	0.080
5		60	75	0.080
6		60	100	0.250
7	idle	0	6	0.083
8	Rated Power speed	100	100	0.100
9		100	75	0.020
10		100	50	0.020
11		100	25	0.020
12		100	10	0.020
13	idle	0	6	0.083

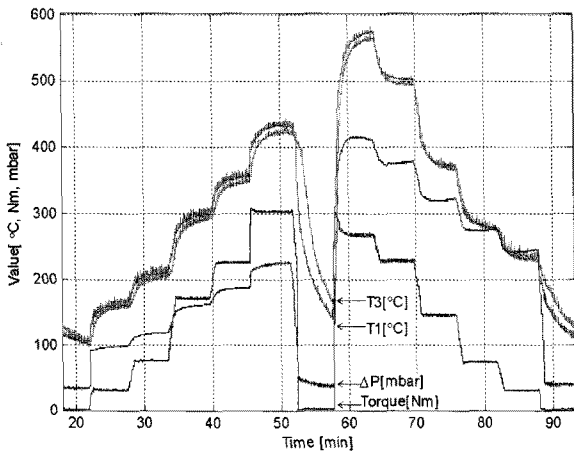


그림 10 PPH+DPF4의 D-13 모드 시험 결과
Fig. 10 Experimental results of D-13 using PPH+DPF4

시험대상은 DOC1+DPF1을 제외한 DOC2+DPF2, DOC2+DPF3 그리고 PPH+DPF4를 실험하였다. DOC1+DPF1을 제외한 것은 엔진 배기량에 비해 필터의 사이즈가 충분히 크지 않아서 높은 RPM과 토크에서 배압이 너무 높게나와 D-13 모드를 시험하지 못했다. 광촉매 플라즈마 방식 DPF의 D-13 모드 시험은 PPH+DPF4의 조합을 사용하였고 시험하는 동안, PPH에 18kV를 인가하여 광촉매를 유발시켰다. 그림 11에서 알 수 있는 바와 같이, 엔진속도와 토크가 증가하면서 광 반응기에서 소모되는 전력이 증가하였다. 이는 광반응에 참여한 광촉매가 다시 재생되는데 필요한 수분이 엔진속도 및 토크 증가와 함께 증대되기 때문이다.

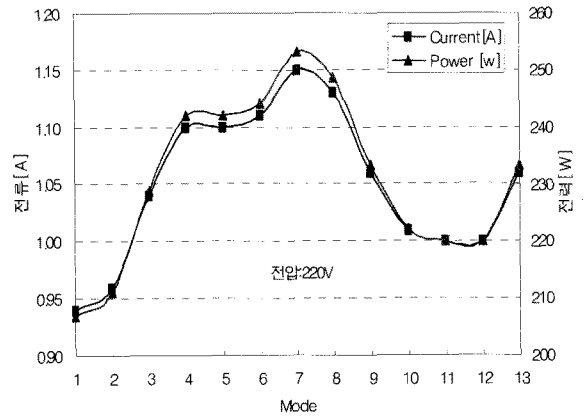


그림 11 광촉매 플라즈마의 D-13 모드에서 소모된 전류/전력
Fig. 11 Current and power of non-thermal plasma generated on a photocatalyst

이러한 현상은 엔진속도가 증가하면서 반응기가 처리해야 할 유량과 토크가 증가되면서 처리해야할 배기 성분도 증가하기 때문이다. D-13 모드에 의한 각종 배기가스 영향을 배기 계 조합인 DOC2+DPF2, DOC2+DPF3, PPH+DPF4 별로 나타낸 결과를 그림 12, 13에 나타냈다.

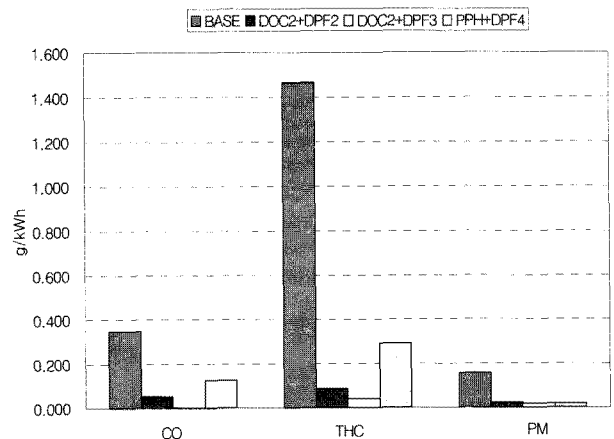


그림 12 D-13에 의한 CO, THC, PM 측정
Fig. 12 Results of exhaust gas using D-13 mode

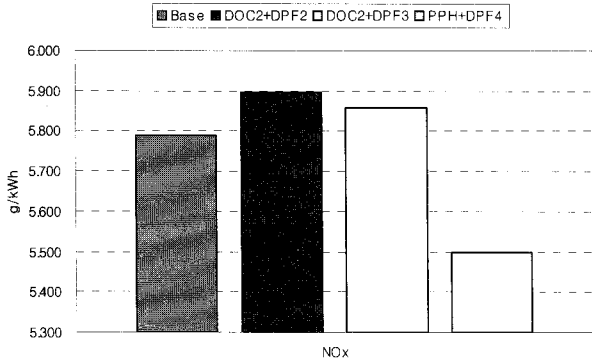


그림 13 D-13에 의한 NOx 측정
Fig. 13 Results of NOx using D-13 mode

위의 결과를 배기가스 제어 모듈을 장착하지 않은 기존 배기 계를 기준으로 한 정화 효율을 표 4에 나타냈다. 배기가스 CO인 경우에는 모든 배기가스 제어 모듈에서 80% 이상의 정화가 발생되었는데, 특히 DOC2+DPF2는 거의 100%에 근접되는 제거 효과를 확인할 수 있었다. THC인 경우에는 63에서 88%까지 정화되었다. PM도 85% 이상으로 3개의 실험 군이 모두 비슷한 수준을 나타냈다. 그러나 NOx의 경우는 PPH+DPF4를 제외하고는 조금씩 더 증가하였다. 이것은 DOC와 DPF는 NOx를 제거하는데 도움이 되지 않는다는 것을 확인시켜 주었다.

표 4 배기가스 효율 변화
Table 4 Variation of exhaust gas

배기 성분	구성	CO	THC	NOx	PM
	DOC2+DPF2	96.5%	75.7%	-1.8%	86.0%
	DOC2+DPF3	100.0%	88.5%	-1.2%	88.6%
	PPH+DPF4	80.1%	63.9%	5.0%	88.8%

따라서, DOC2+DPF3인 경우에 일반적인 기존 DOC 대비 THC, CO가 80% 저감되고 DPF 대비 PM이 80% 저감됨을 확인하였다. 특히, 플라즈마를 이용한 광촉매 방식인 PPH+DPF4는 PM은 물론이고 NOx를 5%까지 저감하여 NOx 저감의 대책으로 활용할 수 있을 것이다.

PPH+DPF4의 NOx 저감은 다른 배기 성분에 비해 상대적으로 낮은 정화성능을 나타내고 있으나 본 실험에 사용한 PPH가 산화 중심의 촉매로 구성된 것과 DPF4 상에 촉매 성분과 같은 정화 유도 물질이 전혀 코팅되어 있지 않은 점을 고려하면 앞으로 NOx 개선 여지는 크다고 판단된다. 다시 말해서, 산화 반응으로 정화를 유도하는 미연 탄화수소, 일산화탄소 및 입자상물질 산화에 에너지 소모가 매우 높은 플라즈마만을 사용하지 않고 플라즈마는 광촉매의 광원인 UV를 발생시키는 광원으로만 사용하고 이로부터 활성화된 광촉매를 산화반응의 주된 촉매로 사용하여 적은 에너지 소모로 배기가스를 효과적으로 저감시킬 수 있을 것이다.

4-3. HC 강제분사에 의한 배기가스 제어

DOC1+DPF1는 엔진 속도를 2,000rpm으로 고정시키고 엔진 토크를 조정하면서 배기온도 200℃에서 280℃까지 시험하였다. 시험결과는 그림 14-17에 나타났다. 배기가스 온도 200℃에서의 LPG 분사는 DOC 활성화 온도에 미치지 못하여 DPF 전·후단의 차압은 떨어지지 않았다. 그러나, 배기가스 온도 280℃에서는 인젝터 듀티 비율이 3% 이상에서 재생이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 그림 16에서 알 수 있듯이, 전용 인젝터에서 HC 가스를 분사하게 되면 차압이 15 mbar 정도 저하되는 것을 확인하였다.

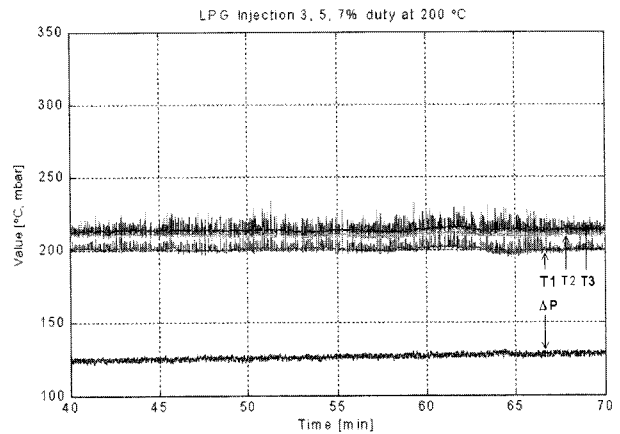


그림 14 배기온도 200℃에서 HC 분사 시 온도 및 차압
Fig. 14 Tem. and diff. pressure according to HC injection (200℃)

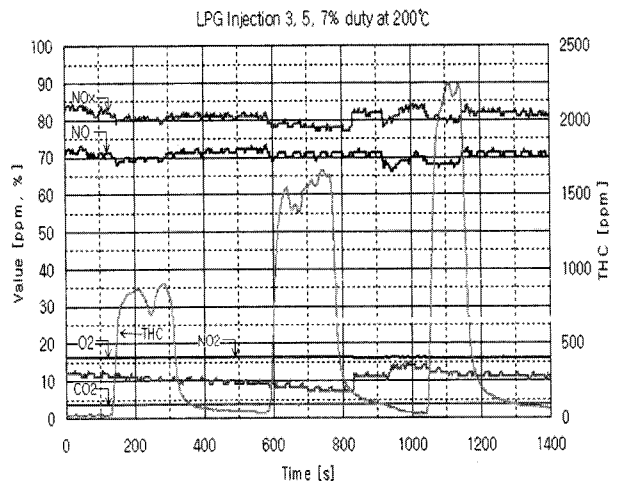


그림 15 배기온도 200℃에서 HC 분사 시 배기가스 분석
Fig. 15 Analysis of exhaust gas according to HC injection (200℃)

배기가스 온도가 200℃일 때에 비하여 280℃인 경우, THC가 2,250ppm에서 110ppm으로 감소되었고 NO2가 10ppm에서 55ppm로 증가하였다. 이 같은 현상은 분사된 HC 성분이 NO에서 NO2 성분으로 전환시키는 것에 큰 기여를 하고 있다는 것을 확인시켜 주는 것이다.

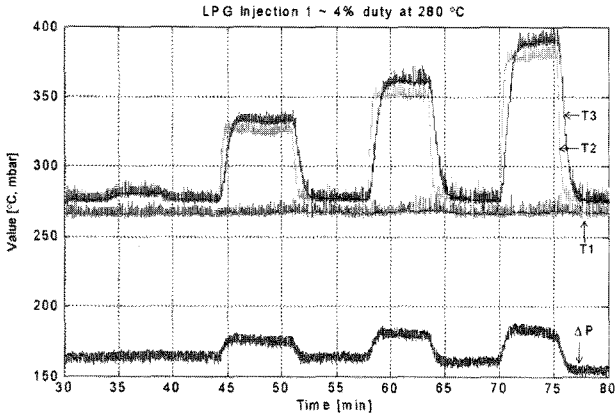


그림 16 배기온도 280°C에서 HC 분사 시 온도 및 차압
 Fig. 16 Tem. and diff. pressure according to HC injection (280°C)

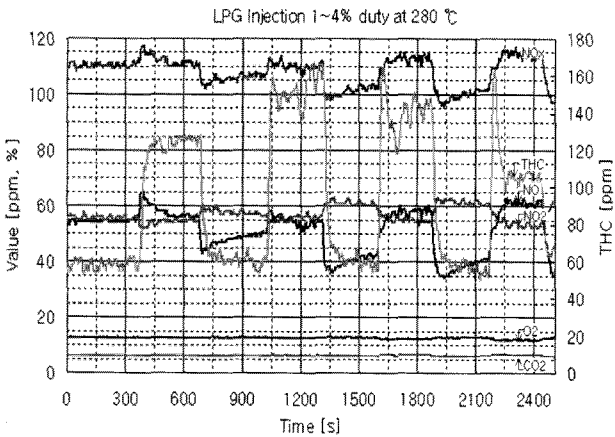


그림 17 배기온도 280°C에서 HC 분사 시 배기 분석
 Fig. 17 Analysis of exhaust gas according to HC injection (280°C)

그러나, HC 분사에 의한 배기가스 THC, NO₂의 긍정적인 효과 이면에 질소산화물 NO_x는 5ppm에서 15ppm으로 증가되는 현상이 발생되었다. 이는 HC 가스 분사에 의하여 불완전 연소된 HC 성분에 의한 것이라 판단되며 이를 최소화시키기 위해서는 분사 시기 및 분사량을 최적으로 제어할 수 있는 방법에 대한 검토가 필요하다.

5. 결 론

디젤 자동차 매연저감 장치로서 상용화되고 있는 네가지 DOC와 DPF 조합에 의한 배기가스 저감 효과를 정량적으로 분석하여 최적 제어에 활용할 수 있는 DB를 구축할 수 있었다. DOC2+DPF3인 경우, 일반적인 기존 DOC 대비 THC, CO가 80% 저감되고 DPF 대비 PM이 80% 저감됨을 확인할 수 있었다. 특히, 플라즈마를 이용한 광촉매 방식인 PPH+DPF4는 PM은 물론이고 NO_x를 5%까지 저감되어 NO_x

저감의 대책으로 활용될 수 있는 가능성을 확인하였다.

또한, 기존 DOC와 DPF 조합에 의한 디젤 매연저감 장치의 한계성을 극복하기 위하여 배기계에 대한 강제적인 HC 분사를 통하여 매연저감 효과와 배기가스 상관관계를 규명할 수 있었다. 배기가스 온도가 200°C일 때에 비하여 280°C인 경우, THC가 2,250ppm에서 110ppm으로 감소되었고 NO₂가 10ppm에서 55ppm로 증가하였다. 이 같은 현상은 분사된 HC 성분이 NO에서 NO₂ 성분으로 전환시키는 것에 큰 기여를 하고 있음에 기인하는 현상이다. 그러나, HC 분사에 의한 배기가스 THC, NO₂의 긍정적인 효과 이면에 질소산화물 NO_x는 5ppm에서 15ppm으로 증가되는 현상이 발생되었다.

따라서, 향후 연구에서는 강제적인 HC 분사에 의한 부산물로 작용하는 질소산화물을 저감시키기 위한 인젝터 제어 방법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 울산대학교 학술연구비에 의하여 연구된 논문입니다.

참 고 문 헌

- [1] Robert D. Clayton, Michael P. Harold, Vemuri Balakotaiah, "Selective catalytic reduction of NO by H₂ in O₂ on Pt/BaO/Al₂O₃ monolith NO_x storage catalysts Applied Catalysis", Environmental, Vol. 81, No.3-4, 24, pp. 161-181, 2008.
- [2] Zhaoliang Zhang, Yexin Zhang, Zonggang Mu, Pengfei Yu, Xianzhi Ni, Shilong Wang, Lisheng Zheng., "Synthesis and catalytic properties of Ce_{0.6}Zr_{0.4}O₂ solid solutions in the oxidation of soluble organic fraction from diesel engines", Applied Catalysis B:Environmental, Volume 76, No 3-4, pp.335-347, 2007.
- [3] A. Güthenke, D. Chatterjee, M. Weibel, N. Waldbüßer, P. Kočí, M. Marek, M. Kubíček., "Development and application of a model for a NO_x storage and reduction catalyst", Chemical Engineering Science, Volume 62, No.18-20, pp. 5357-5363, 2007.
- [4] Xiaoyan SHI, Yunbo Yu, Hong He, Shijin Shuai, Hongyi Dong, Rulong Li., "Combination of biodiesel-ethanol-diesel fuel blend and SCR catalyst assembly to reduce emissions from a heavy-duty diesel engine", Journal of Environmental Sciences, Volume 20, No 2, pp 177-182, 2008.

저 자 소 개



김 병 우 (金柄禹)

1965년 4월 15일생. 1987년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1990년 한양대학교 정밀기계공학과 졸업(석사). 2002년 한양대학교 정밀기계공학과(박사). 1989년 일본 KOSAKA연구소 초빙연구원. 1994~2006년 자동차부품연구원 전장기술연구센터장. 2006년~현재 울산대학교 전기전자정보 시스템공학부 부교수.

Tel : 052-259-1287

Fax : 052-259-1686

E-mail : bywokim@ulsan.ac.kr



허 진 (許眞)

1999년 공학박사, 한양대(전기공학), 1999년~2000년 Texas A&M Univ. Post doc. Research Associate, 2000년~2001년 한양대 연구교수, 2002년~2008년 전자부품연구원 지능메카트로닉스연구센터장, 2008년~현재 울산대 전기전자정보시스템 공학부 조교수, 2004년~현재 IEEE Senior member, 2006년~현재, Associate Editor, IEEE Trans. on Power Electronics, 2008년~현재, Associate Editor, IEEE Trans. on Vehicular Technology, 2008년~현재, IEEE Intelec 2009 Publication Chair.

E-mail : jinhur@ulsan.ac.kr