

## Peugeot 406차량 엔진의 DPF 재생과정 특성 분석

김 창 일\* · 백 충 현

현대자동차 승용디젤엔진시험팀

### A Study on the Characteristics of DPF Regeneration Process of Peugeot 406 Vehicle Engine

ChangIl Kim\* · Choonghyun Baek

Passenger Car Diesel Engine Test Team, Hyundai Motor Company, 772-1 Jangduk-Dong, Whasung-Si, Gyeonggi 445-706, Korea

(Received 25 August 2004 / Accepted 12 October 2004)

**Abstract** : The diesel particulate filter(DPF) is effective for particulate removal from diesel engine under a variety of conditions, and then the regeneration strategies is very important in the aspects of engine fuel consumption and engine durability. This paper addresses the changes of Peugeot 406 vehicle engine parameters(fuel injection timing, period, rail pressure, emissions exhaust temperature so on) during DPF regeneration. additionally, checked the soot loading mass with mileage and the change of fuel consumption and performance with ash accumulation.

**Key words** : DPF(Diesel Particulate Filter, 디젤매연여과장치), Regeneration(매연필터 재생), PSA 406 vehicle(푸조 406차량), Post injection(연료 후 분사), Emission regulation(배기규제), Common rail fuel injection(커먼레일 연료분사)

#### 1. 서 론

경유자동차에 배출되는 입자상물질의 저감대책으로 현재까지는 매연여과장치(DPF)가 가장 효율적인 것으로 알려져 있다. 2000년 5월에 607차량에 세계 최초로 매연여과장치 DPF(Diesel Particulate Filter)를 장착한 경유자동차 양산을 개시 했고, 현재까지 큰 문제 없이 7만대 이상의 차량이 판매 되었다. 최근에는 Citroen C5, Peugeot 406 그리고 신 307 모델에 확대 장착하여 판매되고 있다. 매연여과장치에 포함되어 있는 매연 이 어느 정도 쌓이면 이를 태워 없애야 하는데, 이를 재생과정 이라고 한다. 일반적으로 매연여과장치에 포함되어 있는 매연 및

PM을 재생하기 위해서는 엔진의 배기가스온도가 일정수준(약550~600도)에 도달하여야만 가능하다, 그러나 대부분의 경유승용차가 운행되는 영역에서의 엔진 배기가스 온도는 150~300도 정도이기 때문에, 이 경우 재생을 위하여는 엔진 연소과정을 인위적으로 변경하여 배기가스 온도를 상승시키는 특별한 재생 기술 이 필요 하게 된다. 이 재생 기술에 따라서 엔진의 내구성, 엔진 연료소비율, 차량 운전 성능이 상당한 영향을 받음으로서, 재생 방법에 대한 연구는 꾸준히 지속되고 있으며, 디젤엔진 발전 과정에서 중요한 연구과제로 부각되고 있다.

본 연구에서는 최근 출시된 Peugeot 406경유승용차에 장착된 매연여과장치의 재생 기술을 엔진시험을 통하여 분석함으로써, 향후 국내에서 개발되는 경유승용차의 매연여과장치 재생 기술 개발에 기여

\*To whom correspondence should be addressed.  
changil@hyundai-motor.com

하고자 한다.

## 2. 시험엔진 및 배기계 구성

### 2.1 시험엔진

본 푸조의 DW12ATED4 엔진은 4도어 세단 차량인 406(GVW:1,950kg)에 탑재되며 배기량 2,179cc의 엔진으로, 세계 최초로 첨가제 방식의 매연여과장치를 적용하여 동 차량 및 607 차량에 양산 적용하였다. 디젤 매연 및 입자상물질은 통상적으로 550°C 이상에서 완전연소 되며, 첨가제 방식은 적어도 배기가스 온도가 450°C 이상 요구되므로 매연여과장치 내에 포집된 매연을 태우기 위해서는 연료의 후분사 등을 통하여 엔진의 배기온도를 450°C 이상 상승 및 유지시킬 필요가 있다.

일정 주행거리에 도달하거나 매연여과장치 전후의 차압이 기준 이상으로 되면, 재생모드로 운전되어 필터 내의 매연을 태우게 되며 이때 필터 내에는 타고 남은 재(Ash)가 축적되는데 푸조에서는 이를 위해 80,000Km 운행거리에 도달하면 필터 정비 및 교환 등의 무상 서비스를 한다.

하드웨어 구성으로는 보쉬(Bosch)사의 커먼레일(Common Rail)분사계, 가변밸브 터보 차저(VGT: Variable Geometry Turbocharger)터보차저, 냉각 EGR, 듀얼라인 흡기 시스템 등의 기술과 함께 적용하여, Euro III 규제치를 만족하였다. 성능 면에서는 출력 133Ps, 토오크 32kg.m 수준이며, 전 부하 최소 연료소비율은 210g/kwh로 일반적인 소형디젤엔진 수준으로 평가 되었다. Table 1은 주요엔진제원이다.

Table 1 Specification of Peugeot 406

엔진명	단위	PSA 406 2.2 l
엔진 형식		14, DOHC 4V
주요 특징		TCl, C/Rail, VGT Cooled EGR, DPF In Port Deactivation Dual Line Intake System Euro III
배기량(B×S)	cc	2,179 (85×96)
최고 출력	PS	133@4000rpm
최대 토오크	Kg.m	32@2000rpm
최대 BMEP	bar	18.3
전부하 최소연비	g/Kwh	215@2000rpm
최대 Smoke	FSN	3.3@1000rpm

### 2.2 배기계 구성

매연여과장치는 산화촉매와 일체형으로 된 일본 이비덴(IBIDEN)社 제품을 사용하였으며, 매연여과장치 필터 재질은 SiC 로 약 90% 이상의 매연 정화율을 가진다.

연료에는 항상 연료의 30ppm에 해당하는 세륨계열 첨가제가 혼합되게 되어 있으며, 연료를 보충하면 보충한 양을 전자제어장치(ECU)가 감지하여 첨가제가 들어있는 보조탱크에서 연료탱크에 소비된 연료 양에 해당되는 만큼을 보충해 준다.

따라서 엔진시험을 위해서 차량에서 탈거한 실차 연료탱크를 그대로 사용하였으며, 연비계로의 연료이송을 위해 별도의 저압펌프를 추가로 부착하였고, 후단에는 3회로 밸브를 구성하여 일정압력으로 이송되도록 하였다.

Fig. 1은 재생원리 및 배기시스템의 구성이다.

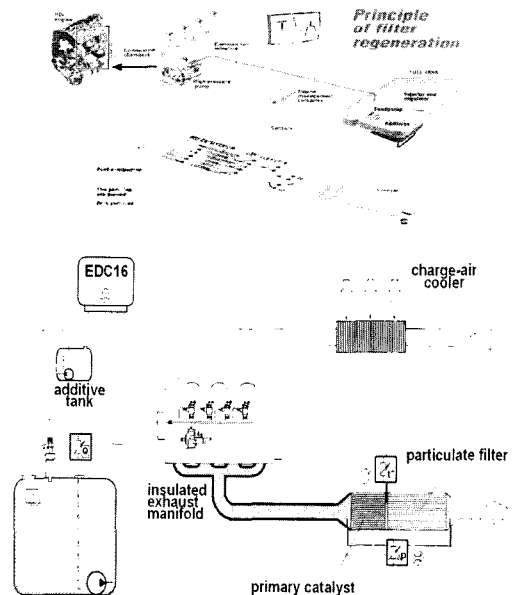


Fig. 1 Schematic diagram of Peugeot 406 exhaust systems

## 3. 재생 기술 분석

### 3.1 재생 시 연료분사 형태 변경 고찰

재생을 위하여는 배기가스 온도 향상을 하여야만 하고, 따라서 연료분사 형태를 변경시킨다. 현재 양산되는 엔진의 연료분사형태는 Pilot분사와 Main분

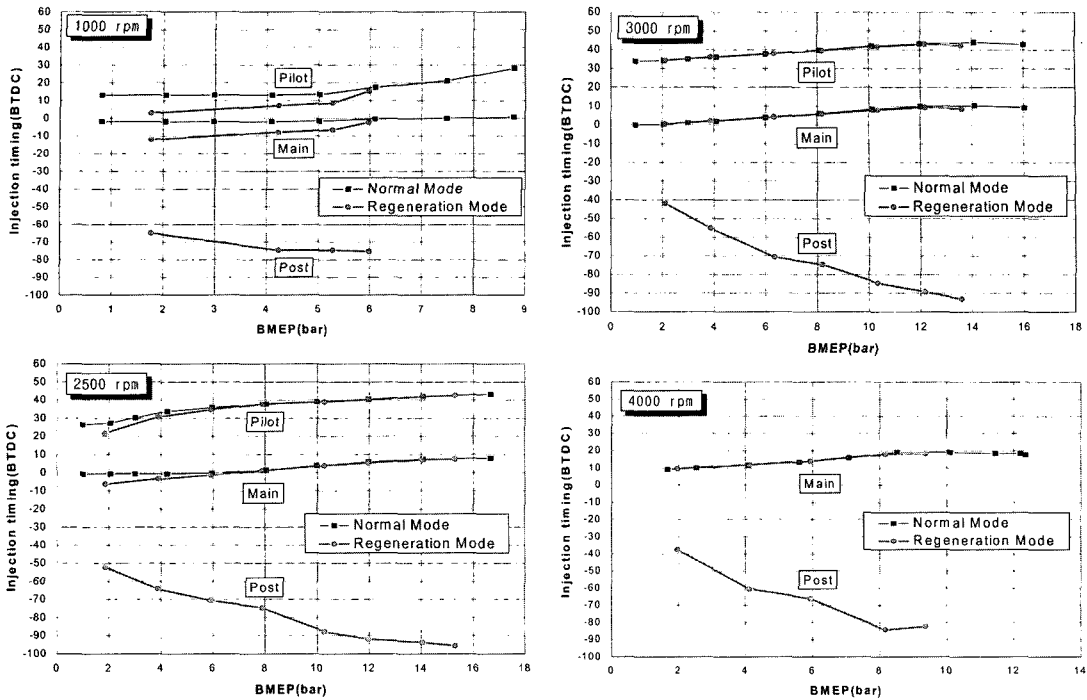


Fig. 2 The change of injection period with regeneration

사만 존재했었다. 그러나 매연여과장치내의 쌓인 매연을 태우기 위하여는 배기가스의 온도를 높여 주어야만 하고, 이를 위하여는 Post 연료분사(후 분사)를 하여야만 한다. 따라서 기존 연료분사형태와는 상당히 변경된 연료분사가 되어야만 한다.

3.1.1 재생 시 연료 분사시기 변화

첫 번째로 연료분사시기 측면에서 재생모드로 운전이 되면 후 분사(post Injection)가 개시되며, 분사시기는 운전조건에 따라 ATDC 40~95도 CA 에 위치한다. 따라서 주 분사(Main Injection)와 후 분사사이의 분사간격은 40~100도 CA가 됨을 볼 수 있다. 또한 1000rpm 저 부하 영역에서는 추가의 배기가스 상승을 위하여 전 분사(Pilot Injection)와 주 분사의 분사시기를 약 5~10도 CA 지각 하였다.

Fig. 2는 저, 중 고속에서의 재생 시 연료분사시기 변화를 나타내었다.

3.1.2 재생 시 연료 분사기간 변화

두 번째로 연료분사기간의 변화이다. Fig. 3은 재생 시 연료 분사기간 변화 결과를 나타내었다. 시험

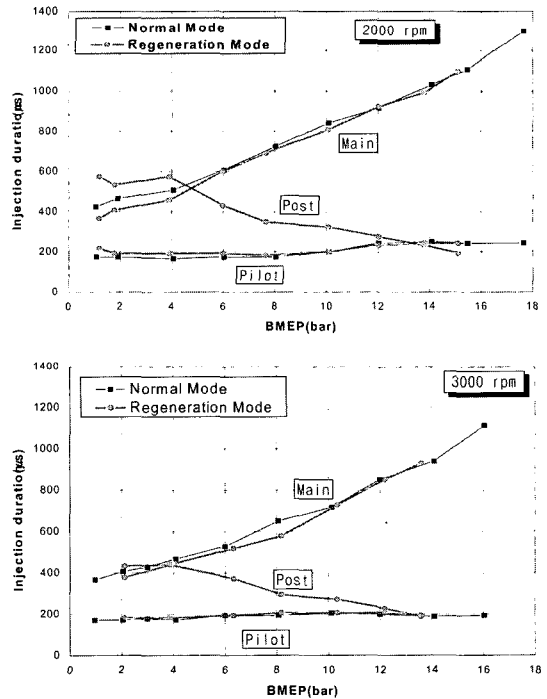


Fig. 3 The change of injection period with regeneration

결과를 보면, 재생 시 Pilot 분사는 부하증대에 따라 미소 증가 하며, Main 분사기간은 약간 감소한다. Post 분사는 부하가 증가할수록 상승 목표 배기온도가 낮아지므로 분사 량 이 줄어드는데, 배기가스 온도를 많이 상승시켜야 하는 저회전수 일부구간에서는 Main 분사 량 대비 Post 분사량이 더 많은 구간이 존재하는 것을 알 수 있다.

### 3.1.3 재생 시 연료 분사압력 변화

세 번째 로 Fig. 4는 재생 시 의 연료 분사압력의 변화시험결과 이다. 그림에서 나타내듯이 재생 시

분사압력은 정상운전 시 대비 약 10bar 정도 미소 증대 하거나, 동등수준인데 이는 연료분사압력이 배기가스 온도를 올리는데 영향도가 낮음을 알 수 있고, 미소의 압력 변화는 재생 시 일정한 성능 을 유지하기 위하여 변화되는 연료량의 변화 때문으로 분석할 수 있다.

### 3.1.4 재생 시 엔진 연비 및 배기가스 변화

재생동안 후 분사가 이루어지면, 엔진에서 소비되는 연료의 량이 증가하기 때문에 연료의 소비를 최소화하고, 매연여과장치의 내구성을 유지하는 것

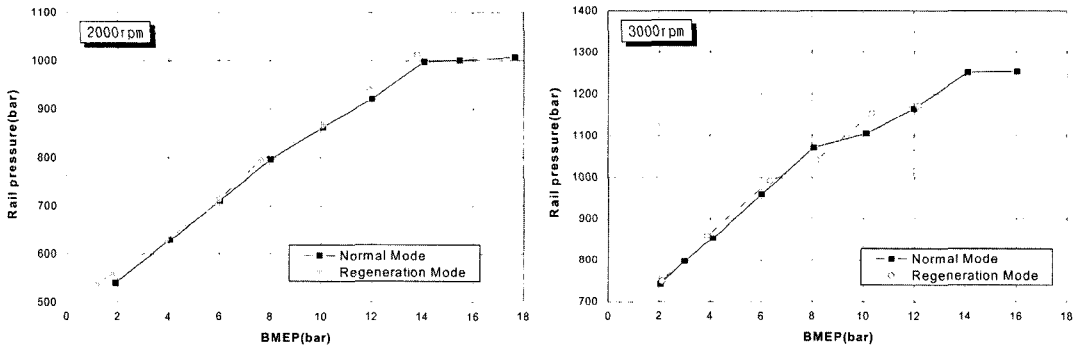


Fig. 4 The change of rail pressure with regeneration

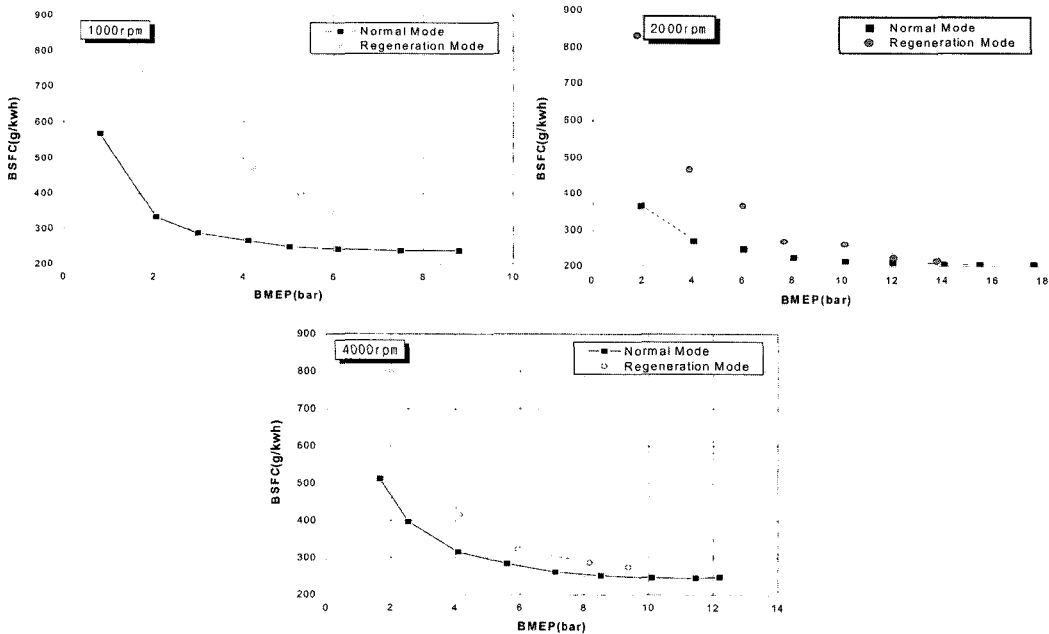


Fig. 5 The Change of fuel consumption with regeneration

이 재생의 중요한 기술이다.

Fig. 5는 푸조 406의 경우 재생 시 연비변화이다. 그림에서 나타내듯이 재생 시의 연비는 Post 분사 등에 의해 정상 운전 시 대비 연료소비율은 20~200%까지 악화되는 것을 알 수 있다. 또한 온도를 더 올려야 하는 저 부하 영역에서의 연료 소비율 악화는 상당히 증가함을 알 수 있다.

두 번째로 재생 시 배기가스인 질소산화물(Nox) 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 질소산화물은 2000rpm 이하의 배기가스 재순환장치(EGR)가 작동하는 영역에서 큰 차이가 있다. 재생 시에는 연소안정 및 산소의 확보를 위하여 EGR 작동을 중지시킴으로서, NOx는 약 1~3 g/kwh 증가하나, 나머지 구간은 동등하다.

세 번째로 일산화탄소(CO) 및 하이드로카본(THC)의 변화를 보면 재생모드 운전 시 폭발행정 말기의 Post 분사에 의해 미연가스가 발생하고, 불완전 연소되어 정상운전 대비 다량의 CO 및 THC가 발생하게 됨을 알 수 있다.

Fig. 7은 재생이 CO 및 THC의 변화이다.

네 번째로 매연후처리장치 입구부의 배기온도는 후 분사, 터보차저 배인의 개도 등의 변경에 의해, 저회전수 일부구간을 제외하고 배기온도는 매연후처리장치 전단 기준으로 450도 이상 유지되는데, 이는 Post 분사 등에 의해 배기온도(매연여과장치 전단)가 약 50~250도 상승된 것이다(Fig. 8).

### 3.2 재생 시 매연후처리장치 변화 분석

#### 3.2.1 후처리장치 재생영역

후 분사를 하지 않아도 후처리 장치 입구 온도가 450도 이상되거나, 엔진 부하가 평균 80% 이상인 영역에서는 재생을 하지 않는 것으로 확인되었다. 또한 엔진의 저 부하 BMEP 2bar 이하의 영역에서도 재생을 하지 않는 것으로 확인되었다. 재생을 하는 도중, 재생이 되지 않는 영역으로 이동시에는 재생을 중지하며, 다시 재생되는 영역으로 이동되면 재생을 재개하는 것이 관찰되었는데, 재생이 시작된 후 운전조건에 따라 재생이 안 되는 영역에서 운전되더라도 총 재생에 소요되는 시간에서는 제외되며, 약 320~340sec 동안의 총 재생 시간은 유지되도

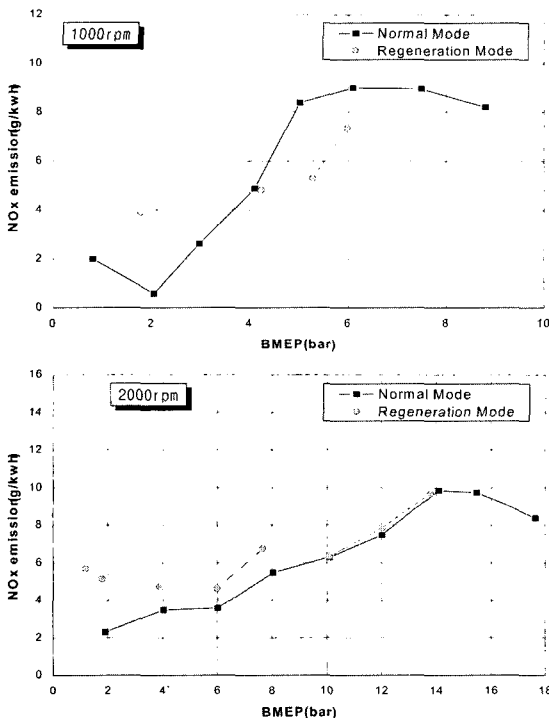


Fig. 6 The change of Nox emission with Regeneration

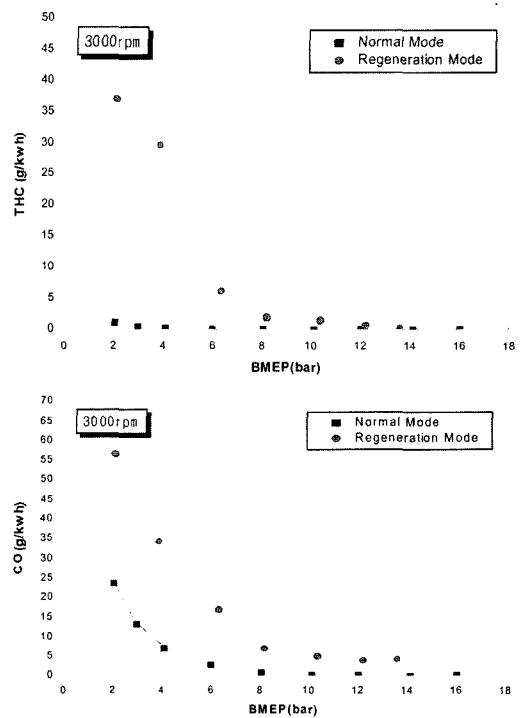


Fig. 7 The change of CO, THC emission with Regeneration

Peugeot 406차량 엔진의 DPF 재생과정 특성 분석

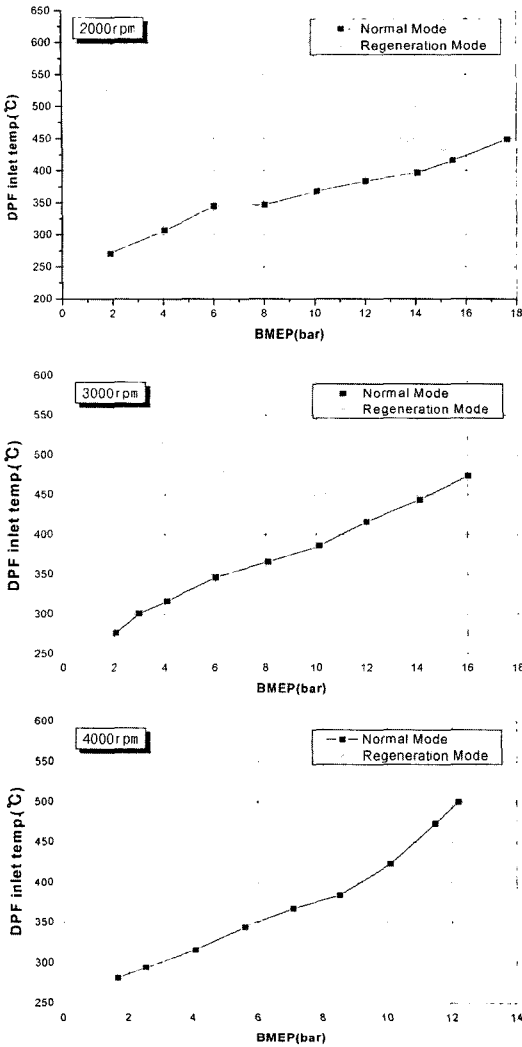


Fig. 8 Change of exhaust temperature with regeneration

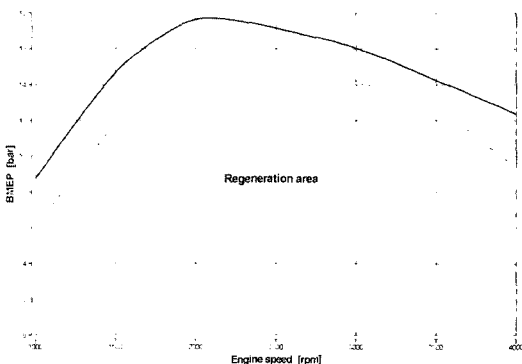


Fig. 9 Regeneration area on 406 vehicle engine

록 매핑이 되어 있음을 확인할 수 있었고, 이는 충분한 재생 시간을 통하여 후처리장치 내에 매연을 완전히 제거 함으로써, 엔진 내구성을 증시킨 전략으로 생각된다.

Fig. 9는 406차량이 재생되는 엔진작동영역이다.

3.2.2 매연여과장치 내에 재(Ash) 따른 영향

매연여과장치의 Ash 축적에 대한 엔진 배압 및 출력의 영향도를 파악하기 위하여, 80,000Km가 주행된 차량의 매연여과장치와, 8,000Km가 주행된 차량의 매연여과장치를 교환하여 엔진시험을 수행하였다. Fig. 11에서 나타내듯이 80,000Km 주행완료된 매연여과장치 내부에 남아있는 Ash에 의한 배압 증가는 예상수준 보다는 미미했으며, 이로 인한 출력저하도 무시할 만한 수준으로 확인되어, 푸조의 80,000Km 마다의 매연후처리장치 교환 주기는 상당한 안전성을 고려한 주기로 평가되었다.

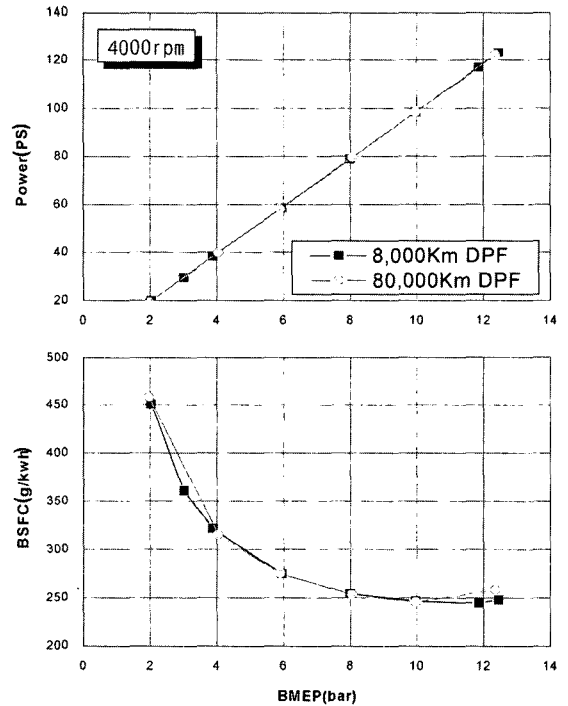


Fig. 10 The change of Power with ash accumulation

3.2.3 재생 전 배압증가 및 매연 축적량

본 푸조 406 차량에 탑재된 2.2 리터 엔진은 매번 약 850Km 일정 주행거리 마다, 강제적으로 재생을

하는 것이 확인되었는데, 재생된 직후부터 다시 재생이 일어나기 전까지 배압증가 및 매연여과장치 내의 매연 축적량을 확인하기 위해, 임의의 회전수에서 임의의 부하영역을 운전영역의 대표점으로 잡고, 이때의 차 속도를 30Km/h로 가정하여 운행거리가 850Km가 될 때까지 30여 시간 운전을 하여 측정하였다. 시험결과 재생이 일어나기 직전인 950Km 운행거리에서 배압은 약 15% 상승하여, 약 15g 가량의 매연이 축적되는 것이 확인되었다. 동 엔진에 적용된 매연여과장치의 용량은 3.75L이며 통상 L당 매연 축적 허용치가 8g 임을 감안하면, 최대허용 매연 축적량은 30g이고, 950Km 주행 후 축적된 양은 15g이므로 최대허용 용량의 50% 수준으로 확인되어 상당히 내구 안전성을 고려하여, 재생이 이루어짐을 확인 하였다. Fig. 11에 운행거리 당 매연 축적량을 표시하였다.

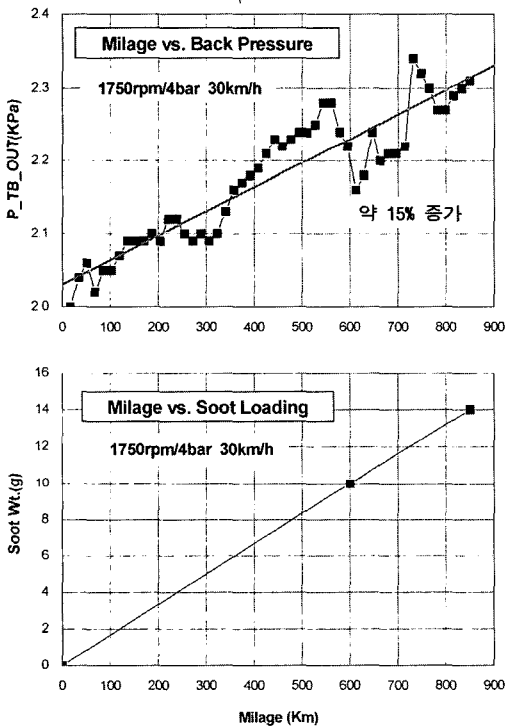


Fig. 11 The change of soot loading with mileage

#### 4. 결론

1) 푸조 406차량에 탑재된 엔진은 세계 최초로 첨가

제 방식의 매연여과장치를 장착하여 양산한 엔진으로 이번 시험을 통하여, 재생 시 각 변수들이 어떻게 변경되어 배기가스 온도를 재생가능 온도까지 도달하도록 하였는지 전략을 확인하였다.

- 2) 재생 시 분사시기는 2000rpm 6bar 이하에서는 Pilot와 Main 분사시기를 진각 시켰으며, 나머지 영역에서는 변화를 주지 않았다. Post분사시기는 ATDC 40~90도 위치에 있음을 확인 했다. 또한 동 회전수에서는 부하가 증가할수록 분사시기는 지각하였다.
- 3) 재생 시 분사시간은 Pilot분사는 미소 증가, Main 분사는 미소 감소, Post분사는 영역별로 상당한 차이가 있었다.
- 4) 재생 시 엔진의 연료소비율은 Post분사 등에 의하여 통상연소 시 대비 20~200% 악화되었으며 Nox는 EGR 중단에 의하여 미소 증가함을 확인 하였다.
- 5) 매연 필터의 교환주기인 80,000Km 주행이 완료된 경우 여과장치 내의 남아있는 Ash에 의한 배압증가는 미미하며, 이로 인한 출력저하는 무시할 수준이었다.
- 6) 재생조건은 차압에 관계없이는 약 830Km마다 재생하였고, 아이들 구간 및 80%이상의 부하구간에서는 재생을 하지 않았다.

#### References

- 1) M. D. Rumminger and X.Zhou, "Regeneration Behavior and Transient Thermal Response of Diesel Particulate Filters," SAE 2001-01-1342, 2001.
- 2) M. Quigley and T. Seguelong, "Series Application of a Particulate Filter with a Ceria-Based Fuel-Born Catalyst: Preliminary Conclusions after One Year of Service," SAE 2002-01-0436, 2002.
- 3) H. S. Kim, J. H. Kim and Y. I. Jeong, "A Study on the Characteristics of DPF Systems of Peugeot 607 Diesel Passenger Car," Transactions of KSAE, Vol.12, No.3, pp.66-74, 2004.
- 4) N. Jeuland and J. C. Momique, "Performances and Durability of Diesel Particulate Filter Tested on a Fleet of Peugeot 607 Taxis" SAE 2004-01- 0073, 2004.