

# EGR율에 따른 엔진성능 및 배출가스 특성에 관한 연구

백두성\*, 이종선\*

\*대전대학교컴퓨터응용기계설계공학과  
dsbaik@daejin.ac.kr

## Study on Characteristics of Engine Performance and Emission by EGR Ratio

Doo Sung Baik\*, Jong-Sun Lee\*

\*Daejin University, Dept. of Computer-aided Mechanical Design Engineering

### 요 약

유럽을 포함한 많은 선진국들은 자동차 배기가스에 대한 환경규제를 만족하기 위해서 노력을 하고 있다. 가솔린 엔진에 비해서 문제가 되는 디젤엔진에서 배출되는 배기가스 즉 질소 산화물과 입자상 물질을 저감하려는 노력은 꾸준히 진행되고 있다. 본 논문은 11,000cc 대형 터보 디젤엔진에 배기가스 순환장치를 설치하여 질소산화물을 효과적으로 저감하는 기술을 개발하고자한다.

### 1. 서 론

최근에 들어서 급격한 자동차 수의 증가로 인한 대기오염이 매우 심각해졌다. 디젤엔진에서 배출되는 오염물질은 가솔린 경우보다 위대한 물질이 많다. 이중 질소산화물과 입자상물질을 저감하려는 노력은 꾸준히 진행되고 있다.

이러한 이 디젤엔진에서 배출되는 배출가스는 CO, HC, NOx, PM(입자상물질), Smoke인데 이중에 CO와 HC는 양적으로 가솔린엔진에 비해서 덜 배출되지만 NOx, Smoke, PM 은 문제가 되고 있어 EGR을 적용하려는 추세이다. 최근에 적용된 Cooled-EGR은 배기가스의 온도를 낮추어 배치가스를 재순환하고자 하는 기술을 도입하고 있다. 이러한 EGR 기술은 후처리 기술도입과는 달리 시스템 장치가 비교적 간단하기 때문에 향후에도 후처리장치인 DeNOx, SCR 와 함께 지속적인 개발이 요구되고 있다.

### 2. 실험 장치

본 실험에서 사용된 엔진은 배기량이 11,000cc 터

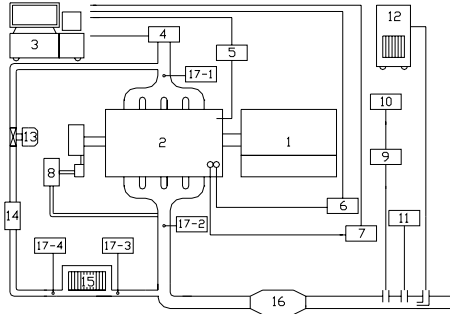
보가 장착된 엔진으로 제원은 Table 1에서 보여준다. Fig.1은 630W AC엔진 동력계(Australia, AVL), 배기가스분석기(Horiba), 배기가스재순환장치 등등으로 구성된 전체적인 Table을 보여준다. 여기서 적용된 압력시스템은 저 압력루트를 적용했으며 순환된 배기가스온도를 낮추기 위해서 출구에 EGR을, 입구에는 블로워를 장착했다.

[Table 1] Specification of test engine

Type	In-line, 6 cylinders
Fuel injection	Direct injection
Aspiration	Turbo-charged
Bore & Stroke	130mm X 150mm
Compression Ratio	18 : 1
Displacement	11,000 cc
Rated Power	142 kW / 2200rpm
Max. Torque	750Nm / 1200rpm

$\frac{q_o - q_a}{q_o} \times 100(\%)$ 은 EGR율을  $q_o(kg/h)$ 는 EGR을 적용하지 않을 때의 흡입공기량을,  $q_a(kg/h)$ 는 EGR

적용시 흡입공기량을 나타낸다. 엔진 성능에 관한 데이터는 1000rpm에서 2200rpm까지 400rpm의 간격으로 매 30초마다 기록하여 평균값을 취했고 엔진 부하는 25%, 50%, 75%, 100%로 변경시켰다.



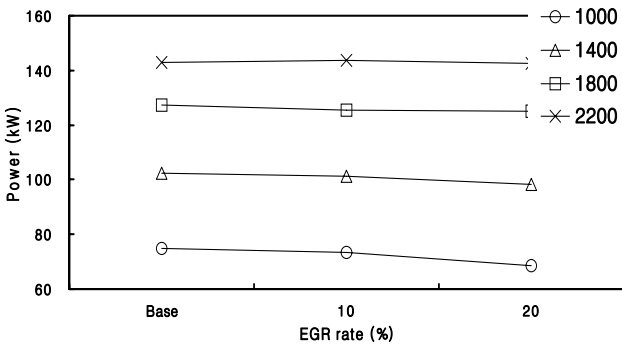
- |                               |                                |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1. Dynamometer (AC, 630kW)    | 2. Heavy-duty diesel engine    |
| 3. Dynamometer control desk   | 4. Intake air flow meter       |
| 5. Throttle actuator          | 6. Fuel temperature controller |
| 7. Oil temperature controller | 8. Air pump analyzer           |
| 9. Exhaust analyzer           | 10. Pen recorder               |
| 11. Smoke meter               | 12. Mini dilution tunnel       |
| 13. EGR valve                 | 14. Blower                     |
| 15. EGR cooler                | 16. Muffler                    |
| 17-1,2,3,4. Thermocouple      |                                |

[Fig. 1] Schematic diagram of experimental system

### 3. 실험 및 결과

#### 3.1. 엔진 동력

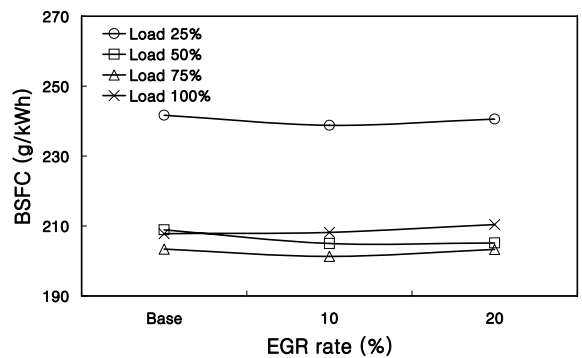
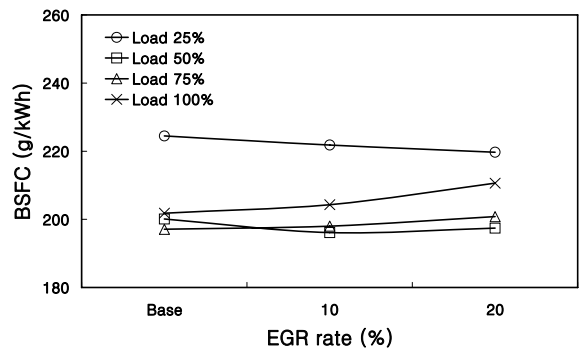
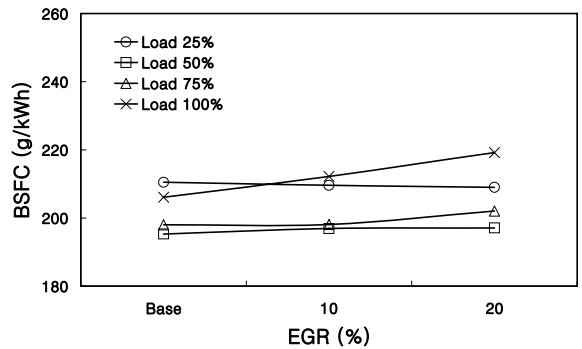
Fig. 2는 EGR율과 회전수 변경에 따른 동력을 나타냈다. EGR율이 0%에서 20%로 변경함에 따라서 동력은 1000rpm에서는 8% 1400rpm에서는 4% 1800rpm에서는 1% 그리고 2200rpm에서는 0.1%가 증가했다. EGR율이 증가함에 따라서 산소 함유량이 적어지기 때문에 결과적으로 엔진동력의 감소를 초래했지만 장착에 따른 동력손실은 상대적으로 5% 미만으로 미미했다.

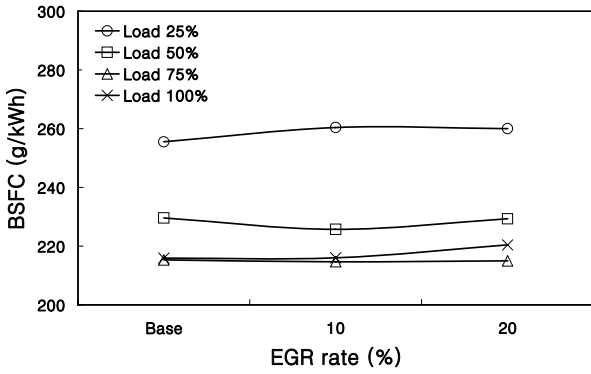


[Fig. 2] Power variation with respect to EGR rates

#### 3.2. BSFC

Fig. 3은 EGR율의 변화에 따른 연료 소비를 나타낸다. 비교적 EGR율이 증가할 때 비교적 낮은 부하의 경우 예를 들면 25%인 경우연료 소비는 약간 증가했으나 부하가 높아질 때 100% 부하의 경우 연료소비는 확연히 증가하는 양상을 보였다. 엔진 부하가 낮은 경우 재순환된 배기가스로 인해서 흡입 공기온도가 증가함에 따라서 연료소비를 저감시키는 반면에 고부하에서는 산소농도의 감소로 인해서 점화시간을 지연시키고 공연비가 낮아서 연소실내의 최고압력과 온도를 낮추어서 그 결과 연료소비율이 증가되었다. 그러나 전체적으로 EGR을 장착함으로써 엔진 성능에 미치는 영향은 미미했으며 본 실험 엔진의 경우 최고 EGR율 20% 정도까지는 적용이 가능했다.





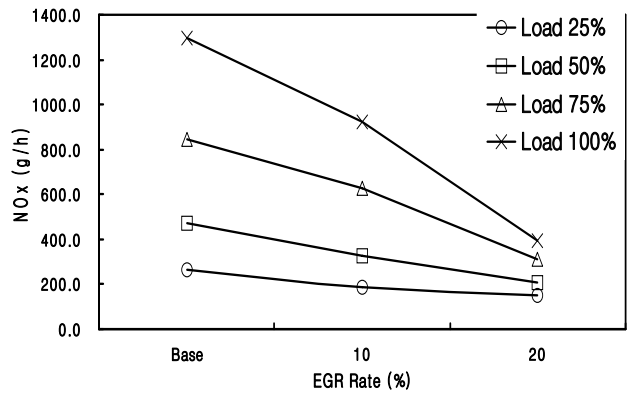
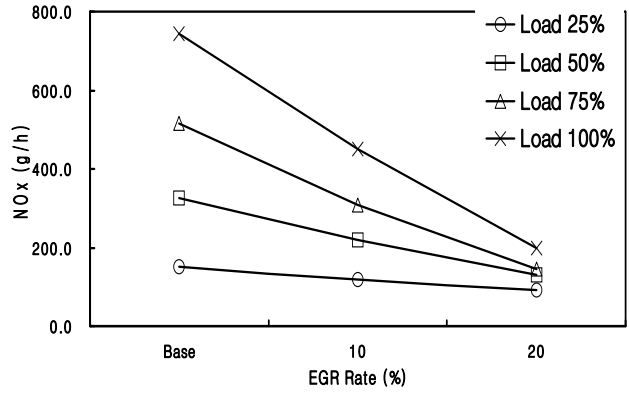
[Fig. 3] Effect of BSFC (1000, 1400, 1800, 2200rpm)

### 3.3. 질소산화물

Fig. 4 는 EGR 율과 부하를 변경함에 따라서 얻어진 질소산화물의 농도를 보여준다. Fig. 4(a)를 보면 EGR율이 0%에서 20%로 증가함에 따라서 부하 25%, 50%, 75%, 100%에서 질소산화물의 감소 비율은 각각 39.3%, 59.8%, 72.1% 73.1%로 감소했다. 따라서 Fig. 4을 보면 EGR의 장차에 따른 질소산화물의 감소 효과를 볼 때 부하가 낮은 경우는 효과가 적었지만 EGR율을 증가시킴으로써 질소산화물의 감소는 증가했다. 결과적으로 낮은 부하의 경우에는 EGR에 의한 효과는 미미했으나 고부하의 경우 공기와 연료의 높은 혼합비 경우는 질소산화물의 저감효과가 높았다.

### 4. 결 론

실험은 11,000cc 대형엔진에 Cooled-EGR을 적용하여 엔진 성능과 배기가스 질소산화물과 입자상 물질의 특성에 대해서 집중적으로 연구되었으며 정리하면 다음과 같다. EGR율이 증가함에 따라서 엔진 동력은 약간 감소했으나 전체적인 엔진 동력에는 미미했다. 다만 엔진동력의 크기에 따른 최적의 EGR율에 대한 검토가 필요하다. 저부하에서는 질소산화물의 저감율은 고부하에서 보다 저감효과가 현저히 낮았다. 그러나 2005년 EU-4 규제 (0.25g/km)와 비교한다면 낮았으며 EGR기술에 대한 재검토가 필요할 뿐 만 아니라 SCR 또는 DeNOx 등의 후처리장치의 도입이 서둘러 이루어져야 될 것으로 판단된다.



[Fig. 4] Effect of NOx emission (1000, 2200rpm)

### 참고문헌

- [1] Paul Zelenka, Hans Aufinger, Water Reczek and Wolfgang Cartellieri, "Cooled EGR-A Key Technology for Future Efficient HD Diesel Engines", SAE980190, 1998.
- [2] M. Lapuerta, J. J. Hernandez and F. Gimenez, "Evaluation of Exhaust Gas Recirculation as a Technique for Reducing Diesel Engine NOx Emissions", IME D05698, 2000.
- [3] M. Lapuerta, J. J. Hernandez and F. Gimenez, "Evaluation of Exhaust Gas Recirculation as a Technique for Reducing Diesel Engine NOx Emissions", IME D05698, 2000.