

자동차 소음기의 내부 형상이 배기소음과 배기가스에 미치는 영향

이 중 섭* · 공 태 우* · 정 한 식** · 정 효 민**

The Influence of exhaust sound and emission by according to automobile muffler inner shapes

C. S. Yi, T. W. Kong, H. S. Chung, H. M. Jeong

Key Words: automobile muffler(자동차 소음기), exhaust sound (배기소음),
exhaust emission(배기가스)

Abstract

This study represents effect to attain to the exhaust gas and the exhaust noise by the inner shapes of automobile muffler, and obtained optimization-data for the inner muffler shapes by the temperature variation of the exhaust gas in muffler. The results of noise show to decrease in order of model-1, 2 and 3 under that the engine speed is 3500 R.P.M and similar values beyond it. CO represented good the model-2 at low engine speed and model-1 at high engine speed. The model-3 was show to tiny variation difference by the variables. HC decrease mostly by increase of the engine speed and expressed low values the model-2 at 3,000 R.P.M and the model-1 at high speed. Wholly, the model-2 expressed stable results. The temperature distributions expressed high distributions by increase of the engine speed, and the model-3 was express most good among three models.

1. 서 론

자동차는 산업과 우리생활에 밀접한 관계를 가지고 있는 교통수단이다. 최근 10년 동안 우리나라는 자동차 보급이 급격히 증가함에 따라 소음문제가 심각히 대두되고 있는 실정이며, 자동차가 수출품목으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 또한 차량의 배기 소음은 환경 소음원의 주 요인으로 인식하고 있는 추세이다. 그러므로 선진국의 소음기준에 만족하고 나아가 환경공해라는 사회문제를

개선하기 위해 자동차 배기 소음에 대한 대책 마련이 필요하다. 현재 자동차 소음기의 소음 대책으로 능동배기소음 제어기의 개발이나 소음기의 음향학적 해석을 위해 파동방정식을 기초로 한 절달행렬법을 사용한 소음기의 성능 해석 소프트웨어의 개발 등 활발한 연구가 진행되고 있다.^{(1)~(2)} 소음기의 효율을 높이기 위해 소음기 내부 구조를 효과적으로 설계하려면 소음기 성능을 수학적으로 해석하거나 실험에 의해 성능을 평가하여 설계를 하여야 한다.^{(3)~(6)} 자동차 소음기에서 발생하는 배기음에 관해서는 소음레벨의 저감만이 아니라 감성적 측면인 음질에 이르는 많은 연구가 이루어지고 있다.^{(7)~(8)} 자동차의 60% 이상을 차지하는 가솔린 자동차는 광화학적 스모그, 온실효과등 대기오염이 심각해지고 있는 현실에서 점점 선진국들은 배출

* 경상대학교 대학원

** 경상대학교 수송기계공학부, 해양산업연구소

물에 대한 규제를 더욱 강화시키고 있다. 배기 공해 물질인 CO, NOx, HC를 초저감, 완전 방출 억제 등의 연구가 발히 이루어지고 있다.^{(9)~(11)} 본 연구는 자동차 소음기의 내부형상이 배기소음과 배기가스배출에 미치는 영향과 소음기내부의 배기가스의 온도변화를 연구하여 소음기의 내부 형상의 최적화 자료를 도출하고자 한다.

2 실험장치 및 방법

1596cc DOHC 모델엔진을 사용하여 3가지의 모델소음기를 제작하여 실험하였으며, 실험장치의 개략도는 Fig.1과 같다. 또한 Fig.2는 test model의 내부구조를 나타낸 개략도이며, Fig.3은 내부사진이다. 소음 측정과 배기가스 측정은 실험의 신뢰를 주기 위하여 최대값과 최소값을 제외한 5번의 실험 결과를 나타내었으며, K-type의 열전대와 data logger를 사용하여 소음기 각 부분의 온도를 측정하였다. 열전대 설치 위치는 Fig.4와 같다

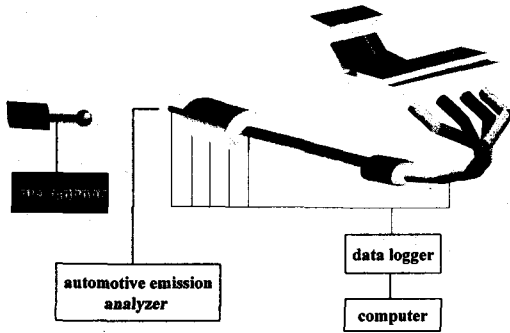
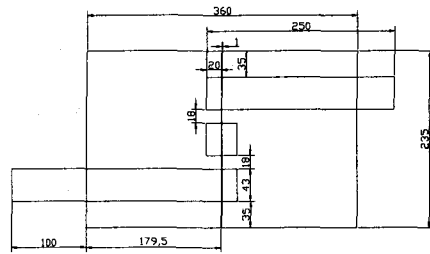
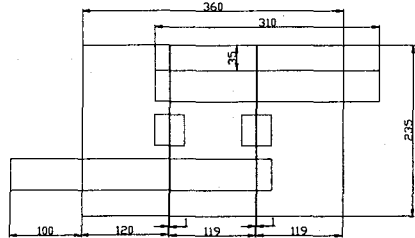


Fig. 1 Schematic diagram of experimental setup.

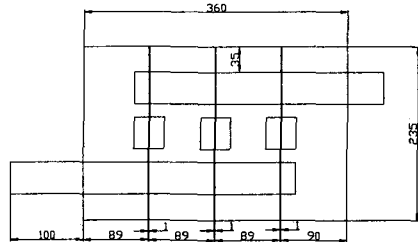
배기가스 측정기는 고체 간접 필터센서를 사용하고 있는 비분산 적외선 분석방식으로 광원, 셔터, 샘플 셀, 집광기, 고체센서, 전치 증폭기 등으로 구성되어 있다. 광원에서 방사된 적외선은 샘플 셀을 통과하여 검출기에 들어가며, 이 때 샘플 내에는 가스 특유의 파장을 흡수하여 투과율의 농도를 검출하는 시스템이다. 배기가스를 측정하는데 있어 측정방법은 교통안전공단의 배기가스 측정법을 기준으로 측정하였다. 측정하기 전에 측정기를 충분히 예열시킨 후 측정농도범위에서 영점을 맞추고, 기관의 변속기를 중립의 위치에 둔다.



(a) model - 1



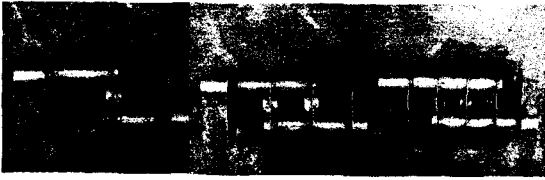
(b) model - 2



(c) model - 3

Fig. 2 Drawing of experimental engine muffler at model 1,2,3.

그리고 기관의 정상작동온도 즉 엔진 냉각방식이 수냉식인 경우 온도가 40℃이상인 경우에 측정할 수 있으며 본 실험에서는 기관이 적열상태가 되었다고 판단되는 시간을 공회전에서 5분간 예열 후 소음기 배기가스 배출구로부터 30cm 위치에 시료 채취관을 삽입하고, 측정기 지시계가 안정될 때 배기가스의 가스농도를 기록하였다. 시험모델 3의 경우에는 배기관이 2개이므로 임의의 배기관 한 개를 선정하여 측정하였으며, 측정 종료 후 배기관에서 시료 채취관을 빼고 약 15분간 펌프로 공회전시켜 공기로 충분히 세척하여 실험변수인 1,500RPM, 2,000RPM, 2,500RPM, 3,000RPM, 3,500RPM, 4,000RPM의 6가지에 대해 최대 값과 최



(a) model-1 (b) model-2 (c) model-3

Fig. 3 Photograph of the experimental muffler inner parts.

소 값을 제외한 5번의 측정 결과를 정량화 하였다. 소음측정방법은 배기가스측정법과 같이 교통안전공단 소음 측정법을 기준으로 하였다. 소음측정을 위한 장소 선정은 가능한 주위로부터 음의 반사와 흡수 및 압소음에 의한 영향을 받지 않은 개방된 장소로서 소음측정기 설치 중심으로부터 반경 3m 이내에는 돌출 장애물이 없어야 되며, 소음측정기 설치 위치의 높이에서 풍속이 2m/sec 이하가 되어야 한다. 소음측정기는 KSC-1502에서 정한 보통소음계를 사용하였으며, 지시계의 동 특성은

"Fast"를 사용하였다. 배기소음의 측정은 시플레이터 기관의 변속기어를 중립위치에 두고, 배기관 끝로부터 배기관 중심선에 $45^\circ \pm 10^\circ$ 의 각을 이루는 연장선 방향으로 50cm 떨어진 지점에서 동시에 지상으로부터의 높이는 배기관 중심선에서 ± 5 cm인 위치에 소음측정기를 설치하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.5는 model-1,2,3에 대한 평균 소음레벨을 나타낸 것이다. model 실험에 앞서 각 최대값과 최소값을 제외한 5개의 데이터를 평균값을 구해 정량화 하였다. 실험실의 평균 압소음은 약 54dB로 나타났다. 일반적으로 engine speed가 증가할수록 소음이 증가하였으며, engine speed가 1,500R.P.M에서 소음기가 없는 경우에 비하여 model-1, model-2, model-3이 각각 5.54%, 6.84%, 7.30%의 소음저감 효과가 나타났으며, 2,000R.P.M에서는 각각 7.24%, 7.17%, 8.36%로 model-3이 2,000R.P.M에서는 다소 높은 성능을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 2,500R.P.M일 때는 각각 7.26%, 8.40%, 8.49%로 model-3이 다소 높은 성능을 나타내고 있다. 또한 3,000R.P.M일 때 약 7.39%, 8.61%, 9.19%의 소음저감이 각각 이루어짐을 알 수 있었다. engine speed가 3,500R.P.M일 때 model-1과 model-2, 그리고 model-3의 소음저감은 각각 6.05%, 6.69%, 5.49%로 나타났으며, model-2가 다소 높은 소음저감을 나타냄을 알 수 있었다. 4,000R.P.M일 때 각각 4.79%, 5.28%, 4.87%의 소음저감으로 model-2가 다소 높은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 저속의 경우에는 chamber수가 3개인 model-3이 소음저감이 크게 나타나지만 3,500R.P.M이상에서는 거의 유사한 값을 나타내었다. 또한 이를 보간법을 사용하여 보간식으로 나타낼 수 있었으며 식 1과 같다. 그리고 그 계수는 표 1로 나타낼 수 있었다.

Fig.6은 배기가스중의 일산화탄소 배출량을 나타낸 것이다. engine speed가 1,500R.P.M일 때 model-1과 model-3은 약 0.52vol%로 거의 차이가 나지 않았고, model-2는 약 0.33vol%로 0.19vol%의 저감됨을 알 수 있었다. 2,000R.P.M에서는 model-1과 model-2가 각각 0.054vol%, 0.03vol%의 상승이 있었으며, model-3에서는 0.046vol%가 감소함을 알 수 있었다. 또한 2,500R.P.M과

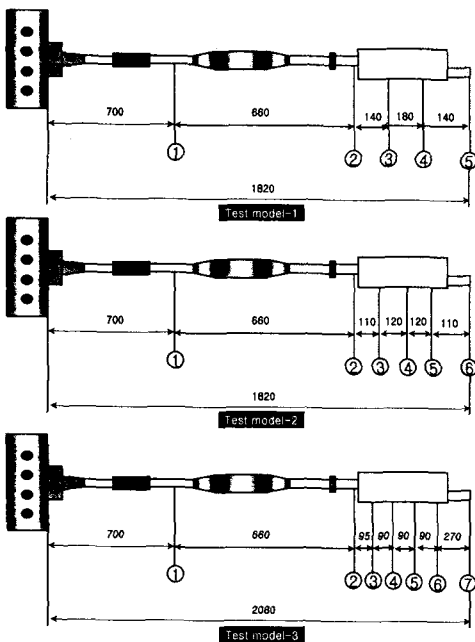


Fig. 4 The position of thermocouple points.

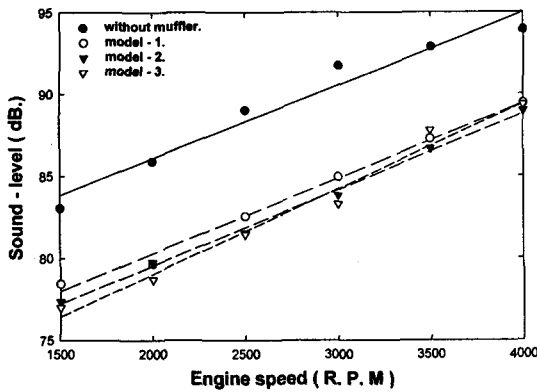


Fig. 5 The distributions sound level for engine speed at various muffler models.

$$dB. = a + b(R.P.M) \quad (1)$$

Table 1 Correlation coefficient.

	a	b
model - 1	71.12	$4.58e^{-3}$
model - 2	70.27	$4.63e^{-3}$
model - 3	68.64	$5.19e^{-3}$

3,500R.P.M과 4,000R.P.M에서는 3가지 model이 거의 유사한 값을 나타냄을 알 수 있다. 가 3,000R.P.M에서는 model-3이 0.426vol%로 가장 높게 나타남을 알 수 있었다. 또한 model-2가 0.360vol%로 model-3에 비해 0.066vol%가 낮게 나타났고, model-1은 0.272vol%로 model-3에 비해 0.154vol% 낮게 나타남을 알 수 있었다. 대체적으로 model-2가 CO의 변동이 작게 나타남을 알 수 있어 3가지 model중 가장 우수한 것으로 판단된다. Fig.7은 탄화수소량을 일산화탄소량과 같은 방법으로 실험변수 6가지 경우에 대하여 실험한 결과를 평균으로 나타내었다. engine speed가 1,500R.P.M에서 model-1과 model-3이 약 186ppm으로 거의 유사한 값을 나타내고 있으며, 모델 2가 205ppm으로 약 9.27% 높게 나타남을 알 수 있었다. 2,000R.P.M에서 model-1이 136ppm으로 가장 높게 나타났으며, model-2와 model-3을 비교하면 22.39%와 6.77%가 높게 나타났다. 2,500R.P.M에서는 model-2와 model-3이 약 83ppm으로 유사한

값을 나타내고 있으며, model-1은 130ppm으로 model-2와 model-3에 비해 약 36.15%높게 나타남을 알 수 있었다. engine speed가 3,000R.P.M에서는 model-1과 model-2가 약 90ppm으로 유사한 값을 나타내고 있으며, model-3이 136ppm으로 약 33.92% 높게 나타남을 알 수 있다.

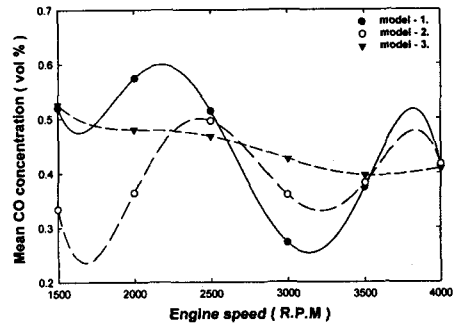


Fig. 6 The distributions mean CO concentration for engine speed at various muffler models.

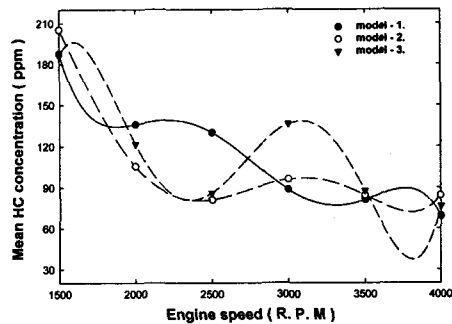
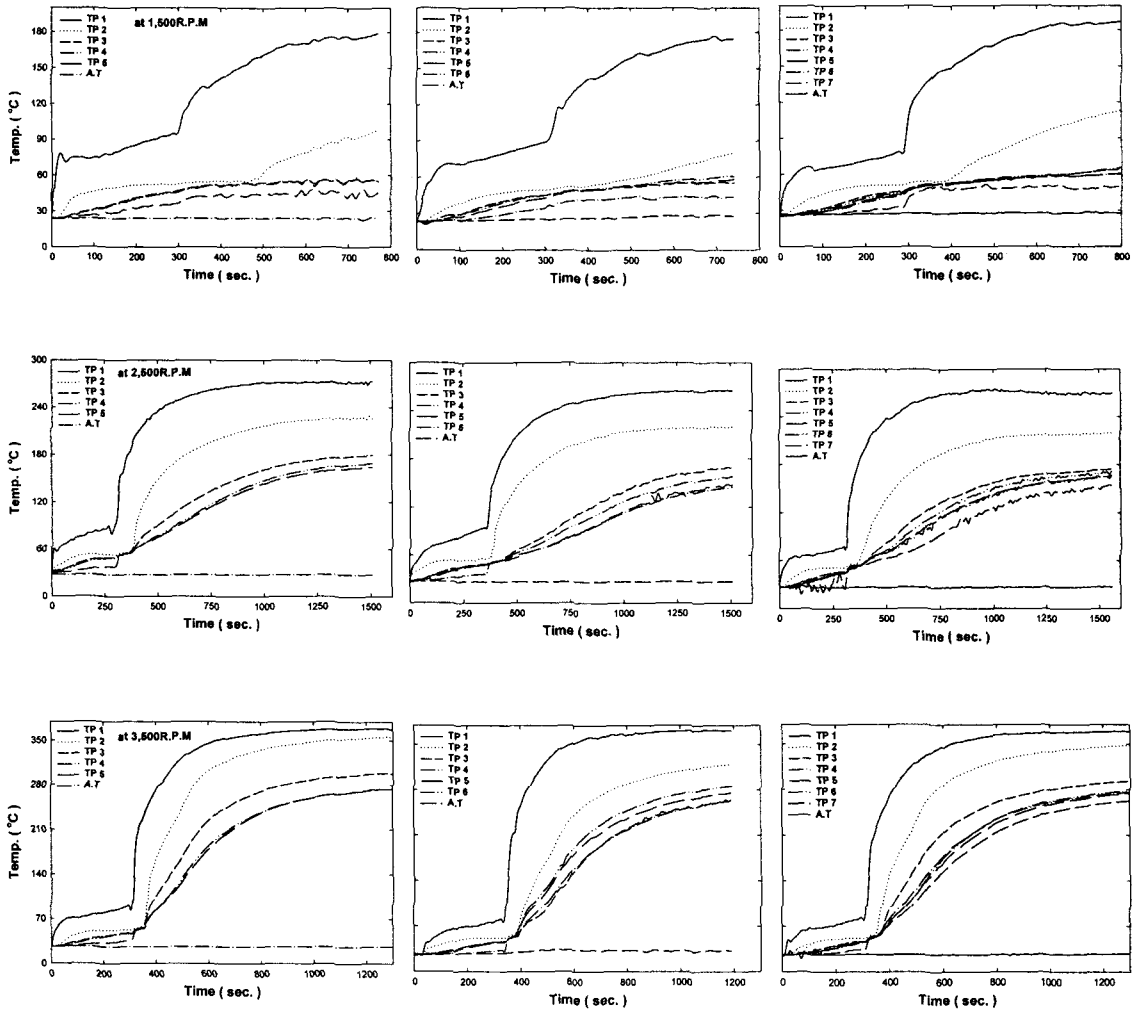


Fig. 7 The distributions mean HC concentration for engine speed at various muffler models.

engine speed가 3,500R.P.M에서 약 84ppm으로 다소 유사한 결과 값을 얻을 수 있었다. engine speed가 4,000R.P.M에서는 84ppm으로 model-2가 다소 높게 나타남을 알 수 있었다. 또한 model-3과는 9.04% 높게 나타났고, model-1과는 17.85%로 높게 나타남을 알 수 있었다. model-1과 model-3과의 차이는 9.68%로 모델 3이 다소 높게 나타남을 알 수 있었다.



(a) model-1

(b) model-2

(c) model-3

Fig. 8 The temperature distributions in muffler for various models.

Fig.8은 여러 가지 engine speed에 대한 소음기내의 온도분포를 나타낸 것이다. 1,500R.P.M의 경우 300초경과 후 TP 1 에서 약 180°C정도의 온도상승이 있었다. 또한 소음기 내부의 배기가스 온도는 약 60°C의 온도로 유지되는 것을 알 수 있었고, model-3에서 TP 7의 토출 배기가스의 온도가 300초경과 후 다소 상승하는 것을 볼 수 있다. 이것은 model-3의 내부에 chamber수가 많으므로 소음기 내부의 baffle에 가열된 배기가스가 정체되어 열전달이 다소 둔화된 것으로 사료된다

2,500R.P.M인 경우 TP 1은 약 270°C의 온도 상승으로 1,500R.P.M과 비교할 때 약 90°C의 온도 상승이 일어남을 알 수 있었다. 소음기 내부의 온도는 3가지 model 모두 평균적으로 약 170°C의 온도 상승이 일어남을 알 수 있었고, 1,500R.P.M과 비교할 경우 약 110°C의 온도 상승이 있었다.

3,500R.P.M인 경우 TP 1이 300초경과 후 약 370°C의 온도로 상승하였다. 1,500R.P.M과 비교할 때 약 190°C의 온도 상승이 있었고, 2,500R.P.M을 비교

할 때 각각 약 100℃의 온도차를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

소음기 내부의 온도는 300초경과 후 약 280℃의 온도상승이 일어났고, 1,500R.P.M과 비교할 때 약 220℃의 온도로 급격한 차이를 보이고 있음을 알 수 있었다. 또한 2,000R.P.M, 2,500R.P.M, 3,000R.P.M과 비교할 때 약 140℃, 110℃, 30℃의 온도차이를 나타내고 있다.

4. 결론

- (1) 소음에 대한 실험결과 engine speed가 3,500R.P.M이하에서는 model-1, model-2, model-3 순으로 소음저감이 일어났으며, 3,500R.P.M 이상에서는 유사한 값을 보여주었다.
- (2) CO량은 engine speed가 저속에서는 model-2가 우수한 것으로 나타났고, 고속에서는 model-1이 우수한 것으로 나타났다. model-3은 변수에 따라 변동폭이 가장 작게 나타났다.
- (3) HC량은 engine speed가 증가함에 따라 일반적으로 감소하며, 3,000R.P.M에서는 model-2가 다소 낮은 값을 나타냈으며, 고속에서는 model-1이 다소 낮은 값을 나타내었고, 전체적으로 model-2가 변동폭이 작으므로 안정적인 결과를 나타내었다.
- (4) 온도분포에 있어서는 engine speed가 증가함에 따라 높은 온도분포를 나타내며, model 별로는 model-3이 다소 낮게 나타남으로 3가지 model중 우수한 것으로 나타났다.

후기

이 논문은 2000년도 두뇌한국21의 사업에 의하여 지원되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 고병갑, 박경진, 1997, "상하향식 설계법을 이용한 자동차 배기시스템의 설계", 한국자동차공학회논문집 제5권, 제6호, pp.13~27.
- (2) 오재웅, 이규태, 이재철, 1996, "승용차용 소음기 성능 해석 소프트웨어 개발 및 향상에 관한 연구", 자동차공학회지 제4권, 제6호, pp.133~

- 143.
- (3) 김홍섭, 손동구, 박수홍, 오재웅, 1997, "능동배기소음 제어기 개발에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집 제5권, 제1호, pp.79~88.
- (4) 손동구, 김홍섭, 오재웅, 1999, "저소음 저배압을 위한 다중모드 지능제어 배기계에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집 제7권, 제3호, pp.166~177.
- (5) 이규태, 도중석, 오재웅, 1998, "트랙터 소음기의 성능해석 및 개선에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집 제6권, 제4호, pp.151~159.
- (6) 김홍섭, 홍진석, 오재웅, 송진호, 1998, "상용차 배기계에서 액티브 머플러를 이용한 배기소음 제어", 한국자동차공학회논문집 제6권, 제1호, pp.36~42.
- (7) 이해설, 석동현, 이준서, 차경옥, 2000, "배기계의 배압 감응형 제어 머플러 개발에 관한 실험적연구", 대한기계학회 춘계학술대회논문집 B권, pp.892~898.
- (8) 김종태, 김용모, 맹주성, 류명석, 구영근, 1996, "배기소음기의 선형 및 비선형 감쇄 특성에 대한 수치해석", 한국자동차공학회논문집 제4권, 제4호, pp.179~189.
- (9) 박종범, 최희명, 이형승, 김용서, 1998, "기체연료를 사용한 전기점화기관에서의 운전조건이 HC 배출물 성분에 미치는 영향", 한국자동차공학회지 제6권, 제1호, pp.108~121.
- (10) 최병철, 김영길, 사카이 타카유키, 1998, "천연가스자동차 촉매의 온도분포 및 배기정화특성", 대한기계학회논문집 B권, 제22권, 제2호, pp.205~212.
- (11) 오영택, 문영호, 김준수, 1999, "연료조기증발장치를 이용한 가솔린기관의 배기가스저감 및 시동성능개선에 관한 연구", 한국자동차공학회논문집 제7권, 제2호, pp.59~71.