

B-2

운행중인 승용차의 배출가스 저감을 위한 정비 및 검사

Inspection/Maintenance on Exhaust Emission Reduction
of In-Use Passenger Cars.

조강태* 김중춘 홍유덕
국립환경연구원 자동차공해연구소

I. 서론

휘발유 및 액화석유가스(LPG)를 연료로 사용하고 있는 불꽃점화엔진(Spark Ignition Engine)은 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC) 및 질소산화물(NOx) 등의 오염물질을 많이 배출하여 대기를 오염시켜 왔다.

1950년대초 미국의 로스앤젤레스 지역의 광화학 스모그 사건과 1970년대초 동경 스모그 사건 등은 자동차 배출가스가 그 원인이었으며, 오늘날에도 멕시코시와 같은 개발도상국의 대도시에서는 자동차 배출가스에 의한 대기오염이 심각한 지경에 이르고 있다.

자동차 배출가스에 의한 대기오염이 크게 문제시 되자 미국을 비롯한 자동차 선진국에서는 자동차 배출가스 방지기술을 개발하여 종전의 기계식 카뷰레타엔진에 비하여 10분의 1 정도로 오염물질을 저감시켰다. 이러한 저공해 엔진은 배기관에 삼원촉매장치를 장착하고 배기가스중의 산소농도를 측정하여 엔진에 공급하는 공기와 연료의 양을 이론공연비로 정확히 조절할수 있는 전자식폐쇄회로엔진(Electronic Closed Loop Engine)을 사용하고 있다. 이러한 엔진중에는 기화기식 엔진(Carburetor Engine)과 전자식 연료분사엔진(Electronic Fuel Injection Engine)이 있으며 후자는 전자에 비하여 공연비 조절이 정확하여 배출가스 저감효과가 크다.(Armstrong, 1987).

우리나라도 1987. 7. 1부터 삼원촉매장치를 부착한 저공해자동차를 생산 보급하였으며 초기에는 1500cc 승용차에 카뷰레타식 엔진을 많이 사용하였으나, 배출가스 관련장치의 성능보증이 80,000km로 실시된 1990년 부터는 일부 소형승용차를 제외하고는 대부분 전자식 연료분사장치를 장착한 승용차가 보급되었고 현재는 경승용차를 제외하고는 모두 전자식 연료분사방식의 승용차가 보급되고 있다.

폐쇄회로에 의한 연료공급과 삼원촉매에 의하여 오염물질을 정화하고 있는 오늘날의 승용차는 올바른 운전과 정비 점검을 철저히 하지 않으면 오염물질이 많이 배출된다. 그러므로 가장 엄격한 배출가스 규제를 실시하고 있는 미국에서도 정비 및 검사제도 (Inspection/Maintenance Program)를 운영하고 있으며(Haskew, 1987, Hughes, 1981) 미국 환경청은 물론 자동차 제작사에서도 새로운 기술을 적용한 자동차를 제작 판매할 때에는 운행되고 있는 자동차를 샘플링하여 오염물질 배출실태를 검사하고 정비점검 효과를 평가하고 있다. (Haskew, 1987, Armstrong, 1987)

저자등은 우리나라에서 운행되고 있는 삼원촉매부착 휘발유승용차 및 LPG택시에 대한 오염물질 배출실태 및 정비점검에 의한 배출가스 저감효과를 측정분석하여 여기에 소개하고자 한다.(조강태 등, 1991-1993).

II. 시험방법

2.1 시험자동차

서울에서 운행되고 있는 승용차를 대상으로 설문조사에 의해 배출가스 검사에 참여를 희망하는 자동차중에서 시험목적에 알맞는 휘발유승용차 67대를 선정하였으며 LPG택시는 개인택시 35대를 선정하여 시험자동차로 사용하였다. 시험자동차의 주행거리별, 연료별 선정대수는 표1과 같다.

2.2 시험방법

배출가스 시험방법은 제작차 배출가스 시험방법인 CVS-75 시험법을 사용하였다.

표 1. 시험자동차의 주행거리별, 연료별 대수

단위 : 대

주행거리	1990년 이전 생산차		1990년 이후 생산차		계	
	휘발유승용차	LPG 택시	휘발유승용차	LPG 택시	휘발유승용차	LPG 택시
20,000 - 40,000	8	0	10	0	18	0
40,000 - 60,000	10	0	12	5	22	5
60,000 - 80,000	12	0	11	4	23	4
80,000 - 100,000	1	1	1	1	2	2
100,000 - 200,000	2	10	0	9	2	19
200,000 이상	0	5	0	0	0	5
계	33	16	34	19	67	35
	49		53		102	

2.3 정비점검 방법

시험자동차의 배출가스 검사는 먼저 육안검사에 의해 자동차의 이상 유무를 점검한후 가능한 원리의 상태에서 CVS-75 시험법과 전차(환경처 고시 제93-36호)에 의해 배출가스를 측정하였다.

배출가스 측정결과 제작차 배출가스 허용기준을 만족시키면 더 이상의 시험을 하지 않았으며, 제작차 배출가스 허용기준을 초과시는 일상 정비점검을 실시한후 다시 CVS-75 시험법에 의해 배출가스를 측정하고 그래도 배출가스 허용기준을 초과시는 삼원촉매를 교환후 시험하였다.

배출가스 시험 및 정비점검 절차를 그림1에 나타내었다.

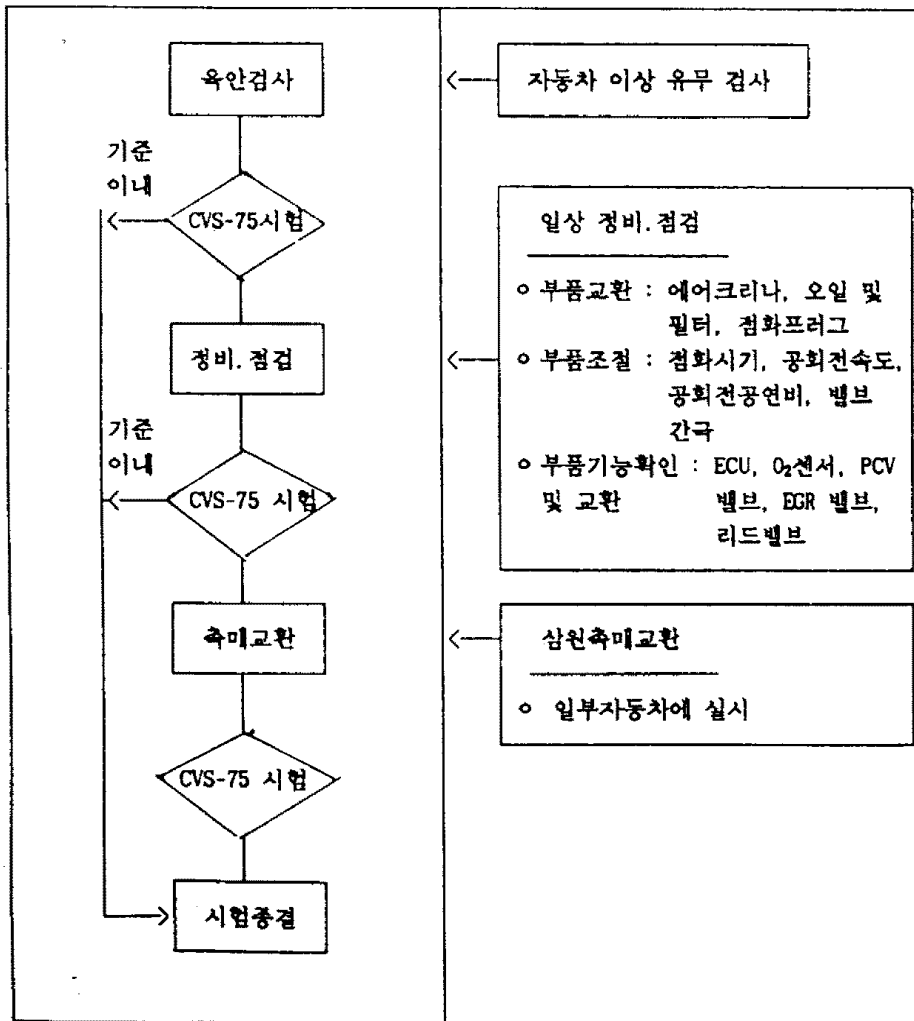
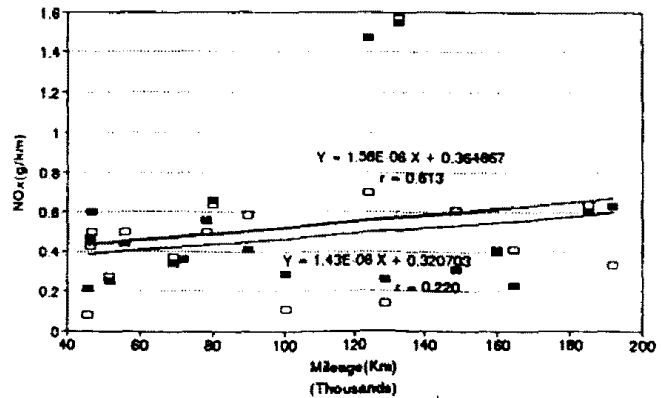
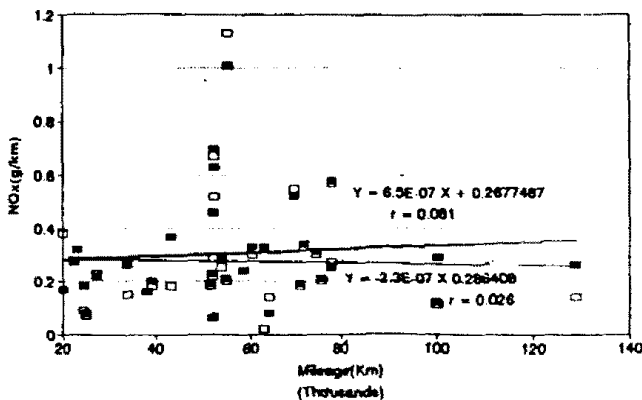
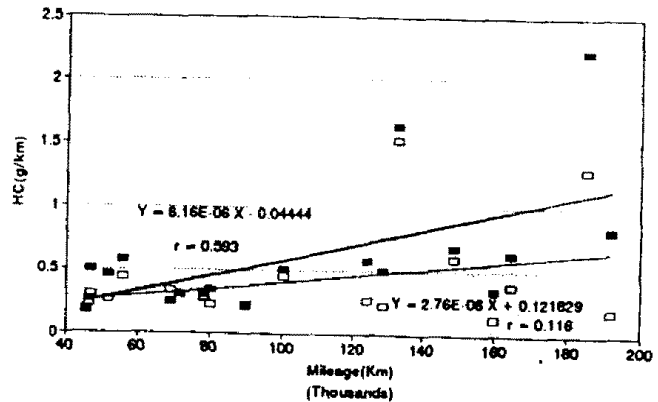
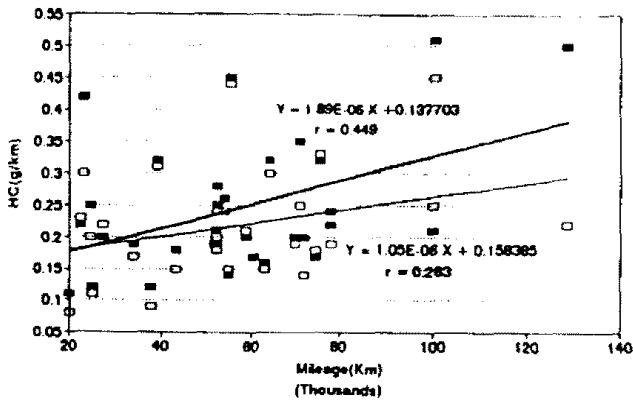
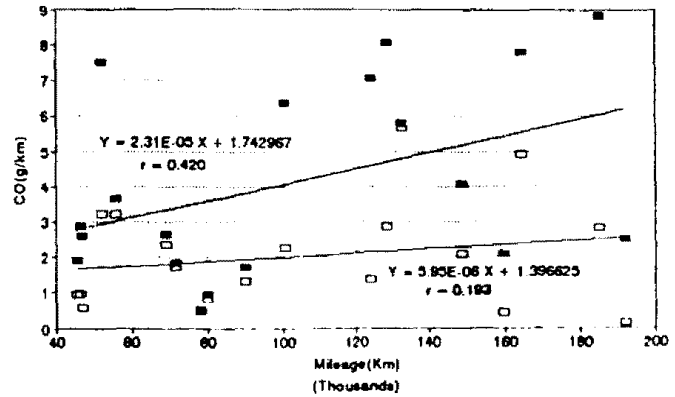
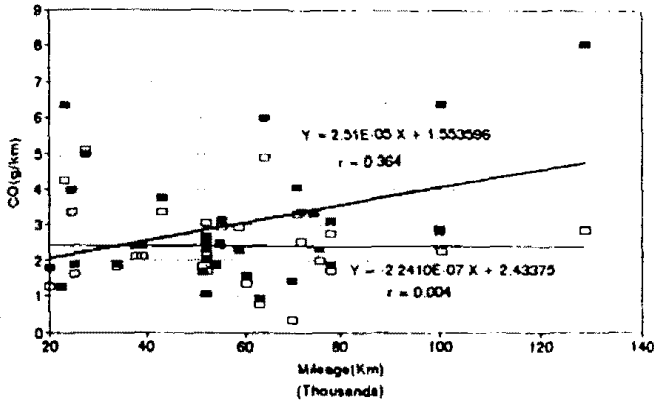


그림 1. 배출가스 시험 및 정비 점검 절차

III. 결과 및 고찰

3.1 정비점검 전후의 오염물질 저감효과

80,000 km 보증기간이 적용되고 있는 1990년 이후 생산 판매된 휘발유 승용차 중 정비 점검후 배출가스 시험을 실시한 승용차 33대(전자식 연료분사엔진 28대+기화기식엔진 5대)와 LPG택시 19대에 대한 배출가스 측정결과를 오염물질별로 주행거리별 오염물질 배출량의 상관성을 구하여 휘발유자동차는 그림2에 LPG택시는 그림3에 나타 내었다.



■ BEFORE I/M □ AFTER I/M — BEFORE I/M — AFTER I/M

■ BEFORE I/M □ AFTER I/M — BEFORE I/M — AFTER I/M

그림 2. 휘발유 승용차의 주행거리별
오염물질 배출량

그림 3. LPG택시의 주행거리별
오염물질 배출량

그림2에서 볼수 있는 바와 같이 주행거리별 오염물질 배출량의 상관은 크지 않았으나 주행거리가 길어짐에 따라 일반적으로 오염물질의 배출량이 증가하고 있으며 정비점검의 효과도 증가함을 볼수 있다.

배출가스 보증기간인 80,000km 시점에서 오염물질별 정비점검에 의한 저감효과는 CO 32%, HC 17%, NOx 16% 였으며 주행거리가 길어짐에 따라 정비점검 효과는 더 크게 나타나고 있다.

그림3에 나타난 LPG택시에 대한 주행거리별 오염물질 배출량의 상관에 있어서도 휘발유자동차와 마찬가지로 그렇게 크지 않으나 일반적으로 주행거리가 증가하면 오염물질 배출량이 증가하며 정비점검 효과가 크게 나타났다. 100,000km 시점에서의 오염물질별 정비점검에 의한 저감효과는 CO 51%, HC 30%, NOx 11%로서 아주 높게 나타났다.

그림2 및 3에서 볼수 있는 바와같이 정비점검에 의한 오염물질 저감효과는 정비전 오염물질 배출량이 많을수록 정비효과가 크게 나타났다.

이와같은 사실을 확인하기 위하여 시험자동차 102대(LPG택시 35대 포함)에 대하여 오염물질별로 정비전 오염물질 배출량과 정비에 의한 오염물질 저감량 사이의 상관성을 분석하여 그림4에 나타내었다.

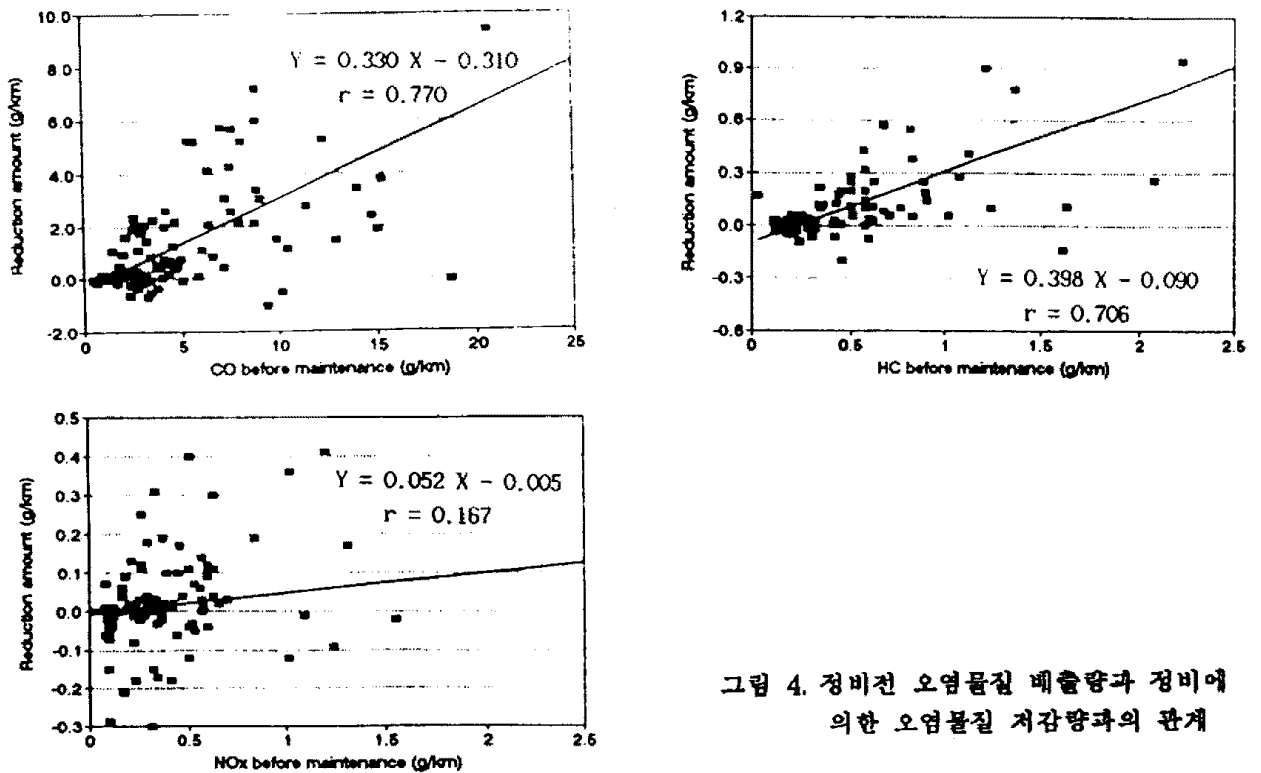


그림 4. 정비전 오염물질 배출량과 정비에 의한 오염물질 저감량과의 관계

그림4에서 볼수 있는 바와 같이 CO 및 HC에 있어서는 정비전 오염물질 배출량과 정비에 의한 오염물질 저감량 사이에는 높은 상관성을 나타내고 있음을 알수 있다. 이와 같은 연구는 미국 환경보호청에서 실시한 결과에서도 잘 나타나고 있다. (Armstrong,1987)

3.2 정비점검에 의한 연료공급방식별 오염물질 저감효과

정비점검후 배출가스를 측정된 102대중 전자제어 연료분사방식 승용차 63대와 기화기식 승용차 39대(LPG택시 35대 포함)에 대한 정비점검후 배출가스 저감효과를 그림5에 나타내었다.

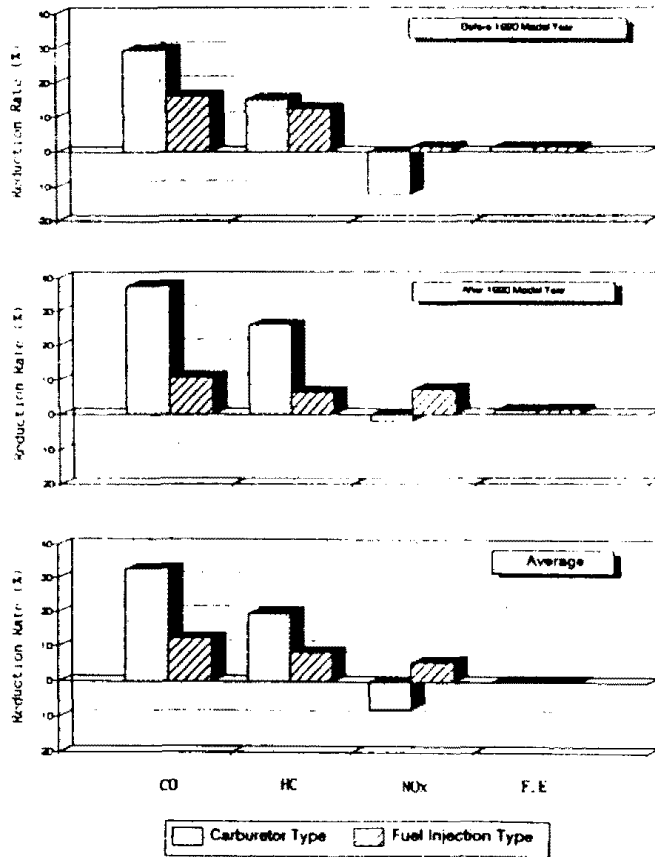


그림 5. 정비점검에 의한 연료공급방식별 배출가스 저감효과

그림에서 1990년식 이전이라고 표시한 것은 1987. 7부터 1989. 12까지에 생산 판매된 자동차로서 배출가스 보증기간이 적용되지 않았을 때이며, 1990년식 이후라고 표시한것은 1990년 이후에 생산 판매한 자동차로서 배출가스 보증기간 80,000km가 적용된 자동차이다. 그림에서 볼수 있는 바와같이 정비점검에 의한 배출가스 저감효과는 전자제어연료분사식인 자동차에서 CO 12%, HC 8%, NOx 6% 의 저감율을 나타내고 있으며 기화기식인 자동차는 CO 33%, HC 20%가 저감되었으나 NOx는 오히려 8%가 증가 되었다. 이는 기화기식 자동차가 잘 정비되어 있지 않을 뿐만 아니라 오염물질을 많이 배출하고 있다는 것을 나타내고 있다.

배출가스 저감을 위한 정비점검은 기화기식 자동차인 경우 정지가동시의 엔진회전수나 공연비의 조정에 의해 배출가스 저감효과가 크게 나타났으며 전자제어 연료분사식인 자동차인 경우 O₂ 센서와 ECU의 결합이 배출가스 증가에 크게 영향을 나타낸다. 또한 에어크리나, 윤활유 및 점화프러그의 적기교환은 오염물질을 저감시키는데 아주 중요한 정비 항목이다.

3.3 정비점검 및 촉매교환에 의한 배출가스 저감효과

배출가스 보증기간인 80,000km 이상 주행한 1990년 이후 생산 판매된 자동차와 배출가스 보증기간이 적용되지 않았던 1987. 7 - 1989. 12에 생산 판매된 자동차에 대한 일상 정비점검 및 촉매교환에 의한 배출가스 저감효과를 표 2에 나타내었다.

표 2에서 볼수 있는 바와 같이 CO에 있어서는 정비점검에 의한 배출가스 저감효과가 촉매교환에 의한 저감효과보다 크며 NOx에 있어서는 정비점검에 의한 저감효과는 적었으나 촉매교환에 의한 저감효과가 크게 나타났다.

전체적으로 정비점검후 저감효과는 CO 22-54%, HC 17-25%, NOx 2-7%였으며 촉매교환에 의한 저감효과는 CO 22-49%, HC 18-47%였다. 또한 정비점검후 촉매까지 교환하였을때 전체 배출가스 저감효과는 CO 45-77%, HC 38-60%, NOx 35-43%였다.

표 2. 정비점검 및 촉매교환에 의한 배출가스 저감효과

차종	연료공급방식	시험대수	정비구분	오염물질 배출량 및 저감율					
				CO		HC		NOx	
				g/km	저감율 (%)	g/km	저감율 (%)	g/km	저감율 (%)
휘발유 자동차	전자제어식	15대	정비전	5.37	0	0.35	0	0.47	0
			정비후	2.83	47	0.29	17	0.46	2
			촉매교환후	2.22	22	0.18	38	0.29	37
			전체량	3.15	59	0.17	59	0.18	38
	기화기식	18대	정비전	10.47	0	0.60	0	0.23	0
			정비후	8.16	22	0.45	25	0.22	4
			촉매교환후	5.77	29	0.37	18	0.15	32
			전체량	4.7	45	0.25	38	0.08	35
LPG택시	기화기식	26대	정비전	4.28	0	0.83	0	0.86	0
			정비후	1.98	54	0.62	25	0.80	7
			촉매교환후	1.0	49	0.33	47	0.49	39
			전체량	3.28	77	0.5	60	0.37	43

IV. 결론

삼원촉매장치를 부착하고 O₂ 센서에 의해 배기가스중의 산소농도를 측정하여 공기와 연료의 비율이론공연비로 조절할수 있는 전자식 폐쇄회로 삼원촉매장치를 장착함으로써 휘발유나 LPG승용차에서 배출되는 오염물질 배출량을 기존 자동차에 비하여 대폭 저감시킬수 있었다.

그러나 이러한 자동차는 장기간 사용함에 따라 삼원촉매장치를 포함한 배출가스 관련 부품의 수명이 제한되어 있으며 난폭한 운전과 임의조작 또는 올바른 정비점검을 하지 않으므로서 발생할수 있는 배출가스 관련 장치의 비정상적인 작동은 오염물질 배출량의 증가를 가져온다. 그러므로 철저한 정비점검과 이의 이행 여부를 확인할수 있는 정기검사 제도의 확립이 절실히 요구되는바 현행대기환경보전법에 운행차 배출가스 정기검사 관련 규정이 보완되어야 할것이다.

참고문헌

- Armstrong, J.D.J.Brzezinski, L. Landman and E. J.Glover (1987), Inspection/ Maintenance in the 1990 's , SAE 870621
- Haskew H. M, J.J.Gumbleton, D.P.Garrett(1987), I/M Effectiveness with Today's Closed Loop Systems, SAE 871103,
- Haskew H.M.J.J.Gumbleton (1988), GM's In-Use Emission Performance, Past, Present, Future, SAE 881682,
- Hughes D.W, Inspection and Maintenance for 1981 and Later Model Year Passenger Cars, SAE 810830,
- 조강래의 (1991) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅰ), 국립환경연구원보 제13권, 293-305.
- 조강래의 (1992) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅱ), 국립환경연구원보 제 14권, 265-277.
- 조강래의 (1993) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅲ), 국립환경연구원보 제 15권, 329-340.