

운행중인 삼원촉매부착 승용차의 오염물질 배출특성

Exhaust Emission Characteristics of In-use Passenger Cars Equipped with Three-way Catalyst

조 강 래 · 김 종 춘 · 홍 유 덕
국립환경연구원 자동차공해연구소
(1994년 12월 13일 접수, 1995년 3월 5일 채택)

K. R. Cho, J. C. Kim, Y. D. Hong
*Motor Vehicle Emission Research Laboratory,
National Institute of Environmental Research*

Abstract

As exhaust emission standards for new passenger cars amended in 1987 have become more stringent, vehicle manufacturers have employed three-way catalyst in order to meet these requirements.

The purpose of this study was to gather informations on new emission control systems in customer use for in-use vehicle emission control strategies.

128 vehicles from the 1987 through 1992 model years were sampled and tested by CVS-75 test procedure as received. The test results indicated that vehicles equipped with these systems were capable of achieving low exhaust emission levels although high levels do occur due to defects, deterioration or maladjustments with the emission control equipment. The vehicles with closed loop electronic control fuel injection system emitted low exhaust emission, but the carburetor control system equipped vehicles emitted high exhaust emissions and the high mileage vehicles exhibited higher average emissions than low mileage vehicles.

It was also found that the useful life of 80,000km is very important to maintain the low emission levels within customer service period.

1. 서 론

우리나라는 1980년 제작자동차 배출가스 규제를 실시한 이래 1987년 7월부터 휘발유 및 액화석유가스(LPG; liquified petroleum gas)를 사용하는 승용차에 대해서는 당시 미국과 같은 수준의 엄격한 배출가스 허용기준으로 강화하였다(환경처, 1992).

자동차 제작사는 엄격한 배출가스 허용기준을 만족시키기 위하여 엔진개량은 물론 후처리 장치인 삼원촉매장치를 장착한 저공해 자동차를 보급하였다. 삼원촉매장치

장착 자동차는 엔진개량에 의하여 오염물질을 최대도로 줄이고 배기관에 부착한 촉매장치에 의해 일산화탄소(CO)와 탄화수소(HC)는 탄산가스(CO₂)와 물(H₂O)로 산화시키고 질소산화물(NO_x)은 질소(N₂)로 환원시키고 있다. 이때 CO, HC 및 NO_x를 촉매에 의해 동시에 정화시키기 위해서는 기관에서 연료의 연소시 이론공연비 상태로 유지해 주어야 하기 때문에 배기관에 산소감지기(O₂ sensor)를 부착하여 산소농도를 측정하고 그 신호를 전자조절장치(ECU; electronic control unit)에 보내어 공기와 연료의 양을 조절하고 있으며 NO_x를 줄이기 위해서 배기가스 재순환장치(EGR; exhaust gas

recirculation)를 사용하고 있다(Kaneko et al., 1978; Blumberg et al., 1981). 이들 자동차는 배출가스 관련 부품의 결함이나 잘못 조정에 의해 배출가스 정화 능력이 저하되거나 나쁜 운전습관이나 임의조작 또는 장기간의 사용에 의해 촉매장치 등의 성능이 제대로 발휘되지 못하므로써 오염물질이 과다하게 배출될수가 있다.

이러한 저공해 자동차는 생산 판매하기전 배출가스가 제작차 배출가스 허용기준에 적합하게 배출되며 내구성에 있어서도 80,000km 배출가스 보증기간을 만족시킨다는 배출가스 인증을 받아 생산 판매하고 있지만 이러한 배출가스 인증은 시작차에 대하여 실험실적인 시험을 통하여 실시하고 있으므로 양산후 실제 도로에서 운행시 배출되는 오염물질 배출량의 평가가 요구된다. 그러므로 미국에서도 새로운 기술을 적용한 자동차가 생산 판매될 때는 운행중인 자동차를 샘플링하여 배출가스를 평가하고 있다(Armstrong et al., 1987; Hughes, 1987).

본 연구에서는 1987년 7월부터 판매되어 운행되고 있는 삼원촉매부착 자동차의 오염물질 농도를 차종별, 연료별, 주행거리별로 측정함으로써 삼원촉매 부착에 의한 오염물질 저감 실태, 정비점검에 의한 오염물질 저감 효과, 운행차 배출가스 시험방법의 문제점 및 연료증납, 인 함유량 등을 측정함으로써 운행차 배출가스의 효과적인 관리를 위한 기초자료를 확보코자 하였다. 본 논문에서는 우선 삼원촉매부착 승용차의 오염물질 배출 실태를 측정하여 제작차 배출가스 허용기준을 어느 정도 만족시

키며 장기간 사용에 따른 장치 성능의 노후도를 파악하고자 하였다. 정비점검에 의한 오염물질 저감 효과 및 운행차 배출가스 측정방법에 대한 문제점과 연료에 의한 배출가스 방지장치의 영향등에 대해서는 다음호에 소개하고자 한다(조강래 등, 1991, 1992, 1993).

2. 실험방법

2.1 시험자동차

휘발유자동차는 서울에서 운행중인 자동차를 대상으로 설문조사에 의해 배출가스 검사에 참여를 희망하는자 중에서 자동차의 주행거리 등을 감안하여 선정하였으며 LPG택시는 개인택시를 대상으로 하였다.

시험자동차의 종류는 시중에서 많이 운행되고 있는 자동차를 연료공급방식에 따라 전자제어식과 기화기 방식으로 구분하고 생산연식에 따라 80,000km 보증기간이 적용되지 않았던 1987.7~1989.12에 생산 판매된 자동차와 1990년 이후 생산 판매된 자동차로 구분하였다. 시험자동차의 종류별 배기량, 연료공급방식 및 배출가스 제어기술은 표 1과 같다.

2.2 시험방법

시험자동차는 운전자로부터 인계받은 그대로의 상태에서 제작자동차 배출허용기준 검사 방법인 CVS-75시험법(환경처고시 제 93-36호)에 따라 실시하였다(환경처, 1993).

Table 1. Emission control system for test vehicles.

Model	Displacement (cc)	Fuel system	Type of control		Three-way catalyst	EGR
			Closed loop	Open loop		
Pride-EGI(A-EGI)	1323	MPI	o		o	x
Pride-Carb. (A-Carb.)	1323	Carb.	o		o	o
Leman-TBI(B-TBI)	1498	TBI	o		o	o
Excel-MPI(C-MPI)	1468	MPI	o		o	o
Excel-Carb. (C-Carb.)	1468	Carb.	o		o	o
Sonata-MPI(D-MPI)	1997	MPI	o		o	o
Concord-EGI(E-EGI)	1997	MPI	o		o	o
Stellar Carb. (F-Carb.)	1499	Carb.		o	o	o
Concord-LPG(G-LPG)	1789	Carb.	o		o	o
Prince-LPG(H-LPG)	1997	Carb.		o	o	o
Sonata-LPG(I-LPG)	1997	Carb.	o		o	o
Stellar-LPG(J-LPG)	1597	Carb.		o	o	o

MPI; Multi point injection TBI; Throttle body injection Carb.; Carburetor

즉 시험 자동차를 차대동력계(Clayton DC-80) 상에서 주행모드(LA-4모드)에 따라 운전할때 배출되는 가스를 정용적 시료채취 장치(CVS, ACS Co.)로 일정 비율로 희석시켜 테프론 백에 채취하고 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO₂)는 비분산적외선분석기(NDIR, Beckman 867, 868), 질소산화물(NOx)은 화학발광분석기(CLD, Beckman 951A), 탄화수소(HC)는 불꽃이온화검출기(FID, Beckman 400A)로 분석하였다. 배출가스 분석결과는 데이터 처리장치에 의해 단위 주행거리당 오염물질 배출량(g/km)으로 계산하였으며 에너지 소비효율(fuel economy)은 탄소균형법(carbon balance)에 의하여 CO, CO₂ 및 HC의 측정결과로 계산하여 단위 연료당 주행거리(km/l)로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 오염물질 배출현황

80,000km 배출가스 보증기간 적용자동차

1990년 이후에 생산판매된 자동차로서 배출가스 보증기간(우리나라의 대기환경보전법에 승용차는 80,000km로 규정하고 있음)이내에서 운행되고 있는 자동차에 대한 평균 오염물질 배출량을 표 2에 나타내었다.

표 2에서 볼수 있는 바와 같이 전자제어 연료분사 장치를 장착한 자동차 40대에 대한 평균 주행거리는 50,525km이며 제작차 배출가스 시험방법(CVS-75시험법)에 의한 평균오염물질 배출량은 CO 2.05g/km, HC 0.20g/km, NOx 0.27g/km로서 제작차 배출가

Table 2. Average exhaust emissions from in-use passenger cars equipped with three-way catalyst for 1990 or later model year.

Vehicle category	No. of sample	Mileage (km)	CVS-75 test				standard meeting (%)
			CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	Fuel economy (km/l)	
A-EGI	7	45,904 (25219-71097)	1.96 (0.73- 4.08)	0.18 (0.05-0.35)	0.18 (0.05-0.7)	14.30 (13.12-15.54)	57
A-Carb.	4	35,562 (23809-54700)	7.88 (2.93-11.4)	0.52 (0.17-0.83)	0.21 (0.09-0.34)	13.82 (12.95-14.24)	0
B-TBI	10	49,915 (20053-74619)	2.87 (1.56- 5.00)	0.17 (0.11-0.21)	0.24 (0.17-0.37)	12.31 (10.92-13.29)	20
C-MPI	10	48,935 (20358-78000)	1.63 (0.95- 2.92)	0.20 (0.15-0.29)	0.25 (0.14-0.33)	13.26 (11.29-15.04)	80
C-Carb.	7	33,326 (20427-64095)	5.16 (1.90- 6.36)	0.47 (0.16-1.44)	0.44 (0.08-1.95)	12.76 (10.64-13.44)	14
D-MPI	9	56,703 (39101-75688)	1.78 (0.93- 2.35)	0.23 (0.17-0.32)	0.31 (0.19-0.63)	10.37 (9.37-11.41)	56
E-EGI	4	50,206 (29659-78000)	1.81 (1.08- 3.10)	0.21 (0.03-0.45)	0.44 (0.06-1.01)	11.32 (10.07-12.52)	75
G-LPG	8	59,037 (46752-79747)	4.76 (0.48-12.93)	0.55 (0.29-0.90)	0.40 (0.09-0.60)	9.28 (8.32-10.12)	0
I-LPG	8	56,995 (42512-80000)	2.82 (0.93- 7.49)	0.30 (0.16-0.46)	0.38 (0.25-0.66)	8.31 (7.84- 8.84)	25
Weighted average	67	-	3.14	0.30	0.31	-	37
MPI	40	50,525	2.05	0.20	0.27	-	55
Carb.	11	34,139	6.14	0.49	0.36	-	9
LPG	16	58,016	3.79	0.42	0.39	-	13
Emission standard			2.11	0.25	0.62	-	-

MPI=MPI+EGI+TBI

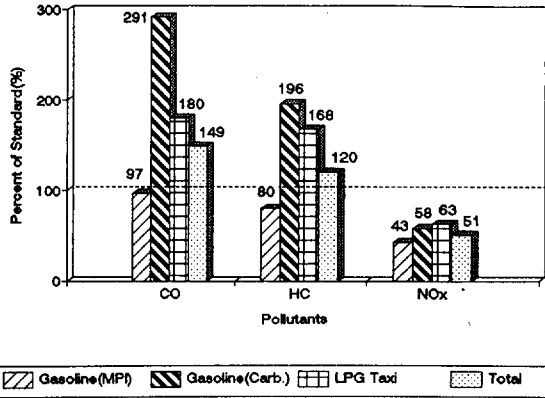


Fig. 1. Average exhaust emissions as percent of standards for 1990 or later model year.

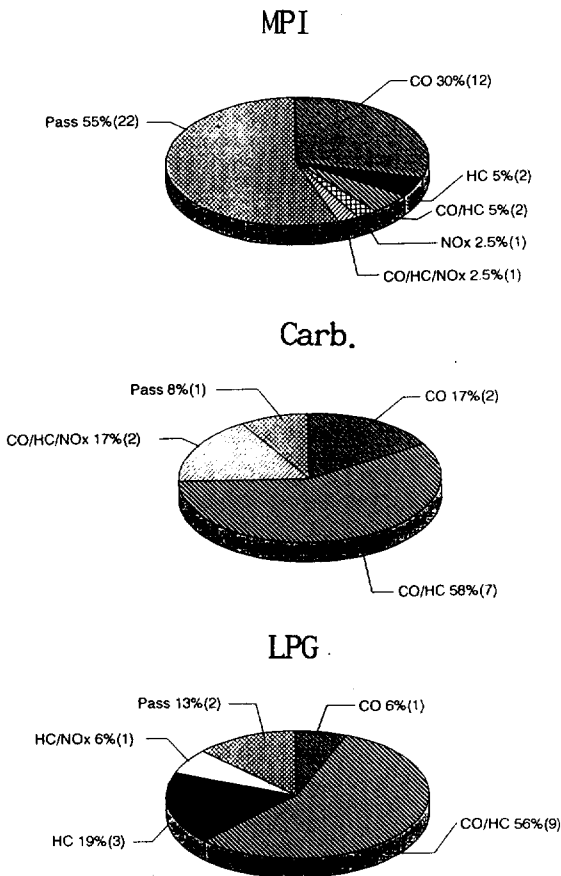


Fig. 2. CVS test results as pass/fail outcomes individual vehicle categories for 1990 or later model year.

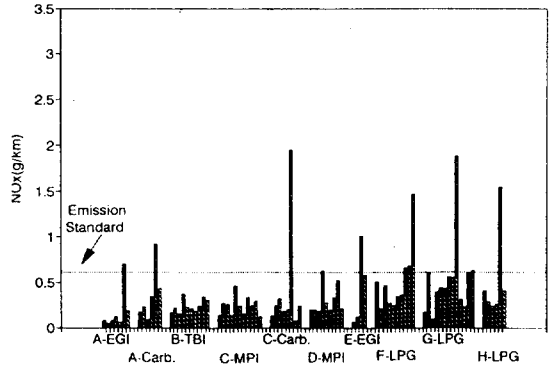
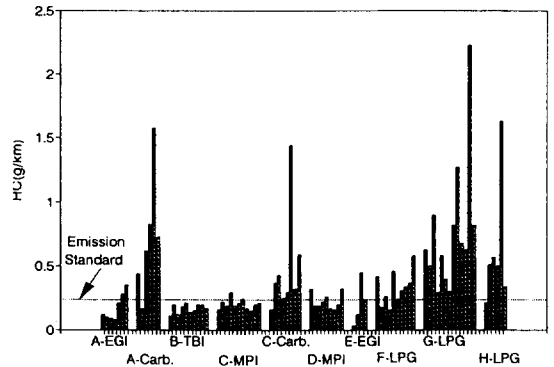
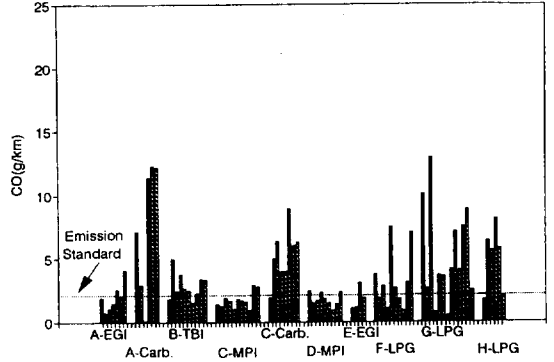


Fig. 3. Emission level of all test vehicle for 1990 or later model year.

스 허용기준을 만족시키고 있으며 개개의 자동차에 있어서도 40대중 22대가 기준에 적합하여 기준적합율 (standard meeting, %)은 55%였다. 그러나 기화기방식 자동차 11대에 대한 평균 주행거리는 34,139km이며 평균 오염물질 배출량은 CO 6.14g/km, HC

0.49g/km, NOx 0.36g/km로서 CO와 HC는 제작차 배출가스 허용기준을 각각 191% 및 96%씩 초과하고 있을 뿐만아니라 11대의 시험자동차중 1대만이 제작차 배출가스 허용기준을 만족시키고 있어 기준적합율은 9%였다.

또한 LPG 택시에 있어서도 16대의 평균주행거리는 58,016km이며 평균 오염물질 배출량은 CO 3.79g/km, HC 0.42g/km, NOx 0.39g/km로서 CO와 HC는 제작차 배출가스 허용기준을 각각 80% 및 68% 초과하고 있었으며 16대중 2대만이 제작차 배출가스 허용기준을 만족시키고 있어 기준 적합율은 13%였다.

표 2의 연료공급방식별 평균 오염물질 배출량을 제작차 배출 허용기준과 비교한 백분율을 그림 1에 나타내었으며 기준초과 자동차중 기준초과 오염물질별 구성비를 그림 2에 나타내었다. 그리고 각 차종별 시험자동차 각각의 오염물질 배출수준을 그림 3에 나타내었다. 그림 3에서 볼수 있는 바와 같이 MPI 자동차는 오염물질 배출량

도 적을 뿐 아니라 시험자동차 개개의 차이도 크지 않았으나 기화기식 승용차 및 LPG택시는 오염물질 배출량도 많고 개개의 자동차별 변화도 크게 나타났다.

80,000km 배출가스 보증기간 미적용 및 초과자동차

1987.7~1989.12에 생산 판매되어 운행되고 있는 자동차와 80,000km 배출가스 보증기간을 초과하여 운행되고 있는 택시에 대한 평균 오염물질 배출량을 표 3에 나타내었다.

표 3에서 볼 수 있는 바와 같이 보증기간이 적용되지 않은 자동차는 보증기간이 적용된 자동차에 비하여 같은 주행거리를 주행한 자동차라 하더라도 오염물질을 훨씬 많이 배출하고 있음을 알수있다. 즉 배출가스 보증기간이 적용되지 않는 자동차는 배출가스 보증기간이 적용된 자동차에 비하여 표 4에서 볼수있는 바와 같이 MPI 자

Table 3. Average exhaust emissions from in-use passenger cars equipped with three-way catalyst for 1987 to 1989 model year.

Vehicle category	No. of sample	Mileage (km)	CVS-75 test				Fuel economy (km/l)	meeting standard (%)
			CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)			
A-Carb.	10	51,290 (28000-73800)	11.76 (4.15-20.66)	0.71 (0.35-1.37)	0.12 (0.07-0.25)	15.07 (14.34-16.57)	0	
B-TBI	10	49,013 (22000-77632)	4.51 (3.10-9.36)	0.28 (0.18-0.60)	0.49 (0.29-0.84)	14.37 (13.83-15.19)	0	
C-MPI	8	45,229 (26967-70132)	4.78 (0.91-9.87)	0.37 (0.16-0.82)	0.32 (0.10-1.42)	13.87 (12.35-15.02)	39	
F-CARD	6	53,559 (38200-80000)	5.59 (3.21-8.81)	0.23 (0.12-0.41)	0.44 (0.10-0.63)	11.10 (10.29-11.63)	0	
G-LPG ²⁾	9	161,056 (81833-203077)	3.99 (0.64-8.82)	1.14 (0.60-2.23)	0.91 (0.23-1.88)	10.13 (8.57-10.80)	0	
H-LPG ²⁾	12	119,900 (89897-142270)	4.96 (0.71-8.06)	0.72 (0.21-1.63)	0.60 (0.24-1.55)	8.23 (7.65-8.72)	0	
J-LPG ²⁾	6	196,218 (144235-253616)	3.60 (2.45-7.13)	0.65 (0.30-1.61)	1.30 (0.10-3.46)	9.96 (8.21-11.87)	0	
Weighted average	61	-	5.76	0.61	0.56		5	
MPI	18	47,331	4.63	0.32	0.41	-	17	
Carb.	16	52,141	9.45	0.53	0.24	-	0	
LPG	27	150,578	4.33	0.84	0.85	-	0	

¹⁾ Passenger cars equipped with three-way catalyst produced in 1987.7 to 1989.12 was not applied 80,000km of useful life

²⁾ Mileage of LPG Taxi was over 80,000km of useful life

Table 4. Excess emission rate of vehicle not applied useful life compared to vehicle applied useful life.

Kind of vehicle	Fuel supply	Excess emission rate (%)		
		CO	HC	NOx
Total	-	83	103	81
Gasoline vehicle	MPI	126	60	52
	Carb.	54	8	△67
LPG Taxi	Carb.	14	100	118

* Excess emission rate(%) = $\frac{\text{Useful life not applied} - \text{Useful life applied}}{\text{Useful life applied}} \times 100$

동차의 경우 CO 126%, HC 60%, NOx 52%가 더 많이 배출되고 있으며 보증기간 이내에서도 오염물질이 많이 배출되었던 기화기식 자동차는 CO 54%, HC 8%가 더 많이 배출된 반면 NOx는 67%가 감소하였다. 그리고 배출가스 보증기간을 초과하여 운행되고 있는 LPG 택시에 있어서는 CO 14%, HC 100%, NOx 118%가 더 많이 배출되고 있다.

표 3의 연료공급 방식별 평균 오염물질 배출량을 제작 자동차 배출 허용기준과 비교한 백분율을 그림 4에 나타내고 있으며 각 차종별 시험자동차 각각의 오염물질 배출수준을 그림 5에 나타내었다.

지금까지 살펴본 바와 같이 삼원촉매장치를 장착한 자동차라 하더라도 적용기술에 따라 오염물질 배출량에 현저한 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 전자식 연료분사장치를 장착한 자동차는 종래의 기화기식 연료공급방식에 비하여 오염물질이 아주 적게 배출됨을 알 수 있다. 그리고 배출가스 보증기간도 운행중인 자동차의 오염물질 배출량과 밀접한 관계가 있다. 삼원촉매장치를 장착한 자동차는 촉매는 물론 배출가스 저감 관련 부품의 내구성이

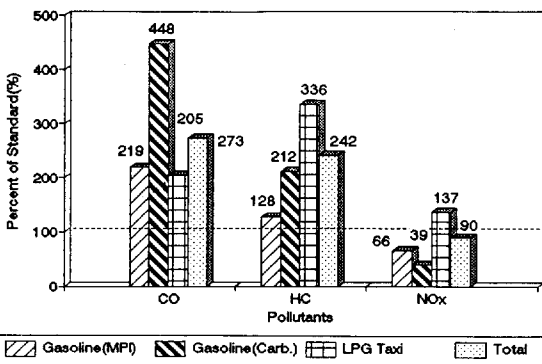


Fig. 4. Average exhaust emissions as percent of standards for 1987 to 1989 model year.

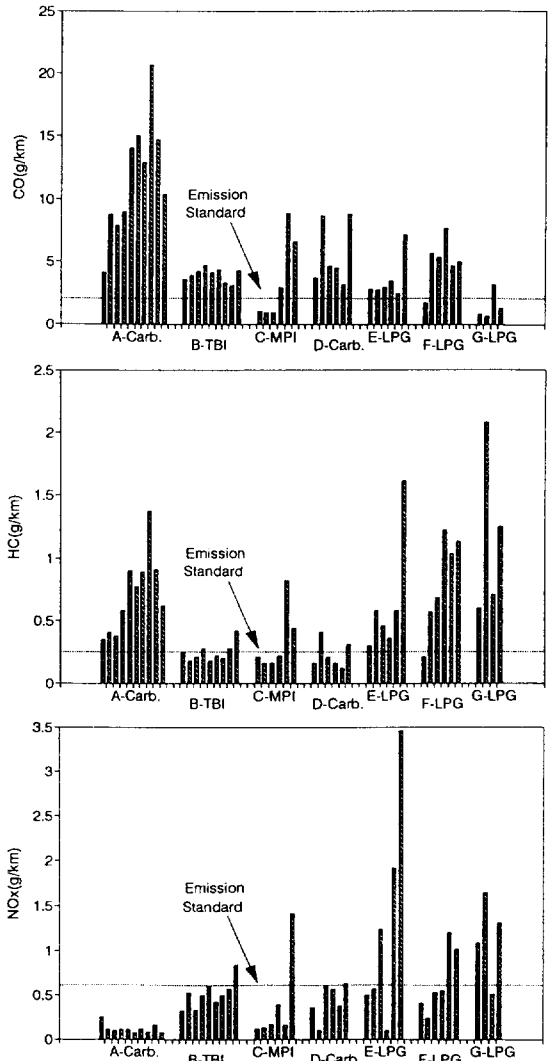


Fig. 5. Emission levels of all test vehicle for 1987 to 1989 model year.

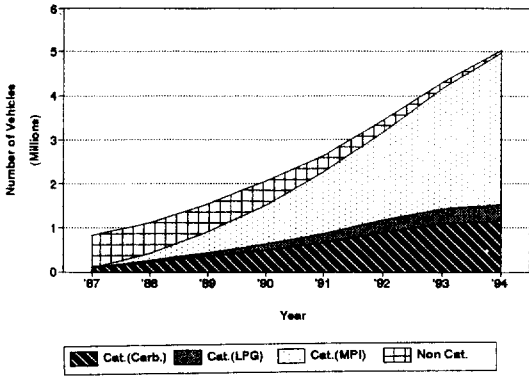


Fig. 6. Trends of registered vehicle according to fuel supply technologies.

보증되어야 하나 배출가스 보증기간이 적용되지 않거나 보증기간이 짧게되면 제작시부터 올바른 관리가 되지 않기 때문이다. 우리나라는 1990년 이후 승용차에 대하여 80,000km 배출가스 보증기간의 적용과 결합확인검사의 실시로 자동차 제작사들은 운행중인 자동차의 배출가스 보증을 위하여 다중연료분사장치(MPI; multi point injector)를 점차 확대 적용하여 1994년 현재 경자동차와 LPG택시를 제외한 거의 모든 자동차에 적용하고 있다. 그림 6은 삼원촉매장치 부착 자동차가 보급되었던 1987년 이후 1994년 10월 현재까지의 연료공급방식별 삼원촉매부착 자동차의 등록현황을 나타낸것이다. 그림에서 보는 바와 같이 1993년 이후 기화기식의 승용차는 일정한 수준을 유지하고 있으나 MPI식의 자동차는 계속 증가하고 있음을 알수있다(환경처, 1994).

3.2 오염물질 배출허용기준 초과율

제작차 배출허용기준을 초과하여 오염물질을 배출하는 자동차라 할지라도 기준치와 비교해서 얼마나 초과하는냐에 따라 대기오염에 대한 영향은 달라진다. 그림 7은 1990년도 이후에 생산된 80,000km 보증기간내에 있는 자동차 67대를 대상으로 하여 시험대상 차종별로 몇대의 자동차가 얼마만큼 기준치를 초과하는 지를 보여준다. 수평축의 한축은 시험 차종을 나타내고 다른 한축은 배출허용기준을 100으로 보았을때의 오염물질 배출량을 퍼센트로 표시하였으며 수직축은 자동차의 대수를 나타내었다.

시험자동차 67대중 CO에 있어서도 허용기준치 이내 인것이 32대 였으며 100~200%가 24대, 200~300%가 3대 및 300% 초과가 8대이다. HC에 있어서는 허용 기준치 이내인 것이 39대, 100~200%가 21대, 200%

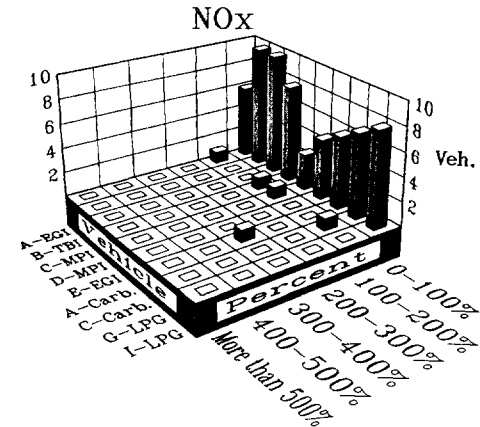
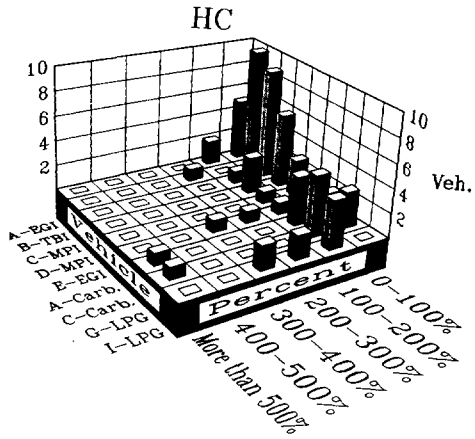
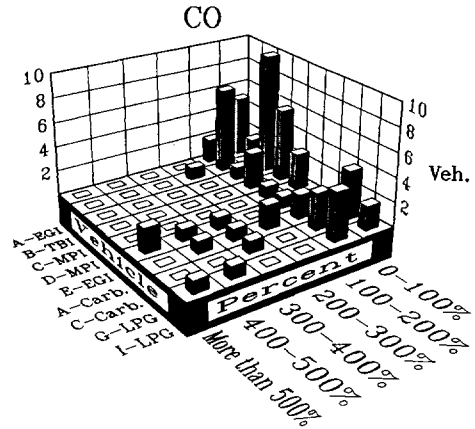


Fig. 7. Distribution of excess rates of emission by kinds of vehicles.

를 초과하는 것은 7대이고 NOx는 허용기준치 이내인 것이 62대 100~200%가 4대, 그리고 200% 초과가 1대였다. 삼원촉매부착 승용차의 오염물질 배출상태를 볼 때 배출가스가 허용기준을 초과한다 하더라도 대부분이 허용기준치의 2배 이내에서 초과하고 있음을 알수있다.

3.3 주행거리에 따른 오염물질 배출량

일반적으로 자동차를 오래 사용하게되면 오염물질이

많이 배출된다. 그러므로 제작차 배출가스 인증시에는 그 자동차의 80,000km 주행에 따른 배출가스 열화율(열화계수)을 실측에 의해 산출하고 0km 또는 6,400km 주행후 배출가스를 측정 한 결과에 열화계수를 곱하여 그 자동차의 배출가스량으로 표시하고 있다. 본 연구에서는 실제 도로 주행시의 배출가스 열화 정도를 알아보기 위하여 주행거리별로 자동차를 샘플링하여 배출가스를 측정하고 회귀직선식에 의해 6,400km와 80,000km 시

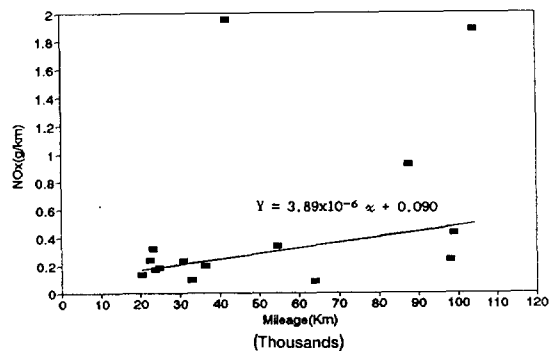
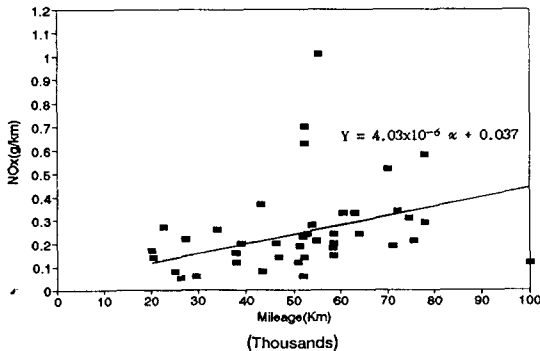
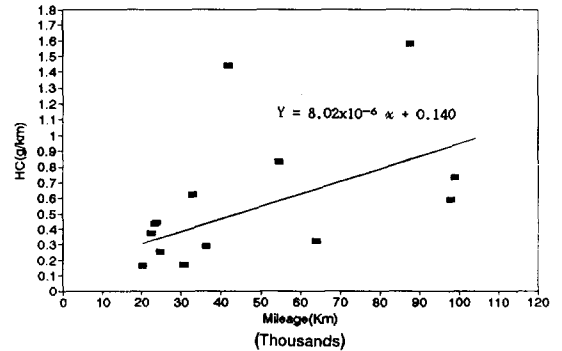
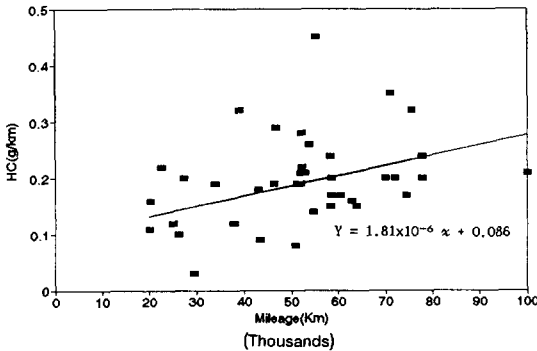
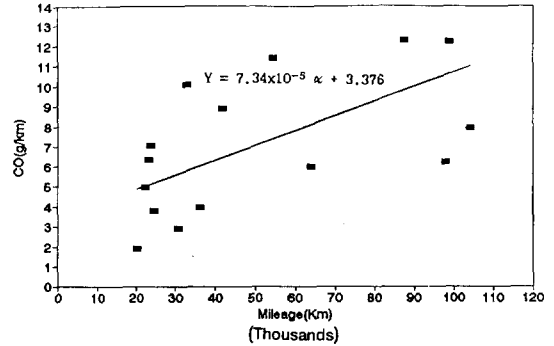
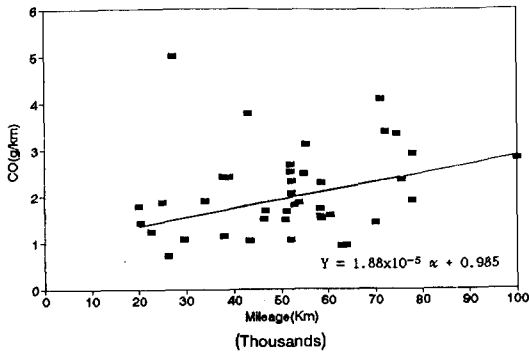


Fig. 8. Emission rate according to mileage for MPI gasoline vehicle.

Fig. 9. Emission rate according to mileage for carburetor gasoline vehicle.Y.

Table 5. Calculation of emission by regression equation.

Type of vehicle	Regression equation	Exhaust emissions		
		CO	HC	NOx
MPI gasoline passenger car	Regression equation	$Y = 1.88 \times 10^{-5}x + 0.985$	$Y = 1.81 \times 10^{-6}x + 0.086$	$Y = 4.03 \times 10^{-6}x + 0.037$
	Correlation coefficients	0.395**	0.428*	0.431*
	Emission level at 6,400km (g/km)	1.11	0.11	0.06
	Emission level at 80,000km (g/km)	2.49	0.24	0.36
	DF	2.24	2.18	6.00
Carb. gasoline passenger car	Regression equation	$Y = 7.34 \times 10^{-5}x + 3.376$	$Y = 8.02 \times 10^{-6}x + 0.140$	$Y = 3.89 \times 10^{-6}x + 0.090$
	Correlation coefficients	0.618**	0.632**	0.286***
	Emission level at 6,400km (g/km)	3.85	0.19	0.11
	Emission level at 80,000km (g/km)	9.25	0.78	0.40
	DF	2.40	4.11	3.64

** : $p < 0.01$ *** : $p < 0.05$ **** : $p < 0.1$ N: Number of test vehicles

DF: Deterioration Factor $\left(\frac{\text{Emission level at 80,000km}}{\text{Emission level at 6,400km}} \right)$

의 오염물질 배출량과 열화계수를 산출하여 80,000km 초과 주행시의 오염물질 배출량을 예측해 보고자 하였다. 휘발유승용차 각각에 대한 누적 주행거리(x)에 따른 오염물질 배출량(Y)을 그림 8 및 그림 9에 나타내었으며 이 그림에서 구한 회귀직선식을 이용하여 누적 주행거리 6,400km시와 80,000km시의 오염물질 배출량을 구하고 이를 이용 열화계수를 산출하여 표 5에 나타내었다.

그림 및 표에서 볼 수 있는 바와 같이 오염물질 배출량은 자동차의 주행거리가 길어지면 많이 배출되고 있다. 전자제어식 연료분사방식의 휘발유승용차는 누적주행거리 80,000km에서 CO 2.49g/km, HC 0.24g/km, NOx 0.36g/km를 배출하여 CO는 제작사 배출허용기준을 18% 초과하고 있으나 HC 및 NOx는 기준치를 만족시키고 있다. 이같은 통계학적 검증결과 CO는 5%, HC와 NOx는 1%의 유의수준을 나타내었다. 한편 기화기식 휘발유승용차는 배출가스 누적주행거리 80,000km에서 CO 9.25g/km, HC 0.78g/km, NOx 0.40g/km로서 CO 및 HC는 제작사 배출허용기준을 338% 및 212%를 각각 초과하였고 NOx는 기준치를 만족시키고 있었다. 한편 이같은 통계학적 검증결과 CO와 HC는 5%의 유의수준을 나타내고 있었으나 NOx는 유의수준이 5% 이하였다.

4. 결 론

시중에서 운행되고 있는 삼원촉매부착 휘발유 승용차 85대 및 LPG택시 43대를 샘플링하여 도로에서 운행되고 있는 상태에서 CVS-75 시험법에 의해 배출가스를 측정 분석하고 자동차 연료별, 연료공급방식별 및 배출가스 보증기간 적용여부에 따른 배출가스 특성을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 자동차 배출가스 보증기간은 운행중인 자동차의 오염물질 배출량을 저감시키는데 크게 기여하고 있다. 즉 배출가스 보증기간(80,000km)이 적용되지 않은 자동차는 배출가스 보증기간이 적용된 자동차보다 CO 83%, HC 103%, NOx 81%가 더 많이 배출되었다.
2. 자동차의 연료공급방식에 따라 오염물질 배출량은 큰 차이를 나타내고 있어 전자제어식 연료공급방식은 기화기식 보다 오염물질이 적게 배출되었다.
3. 휘발유 승용차의 주행거리 증가에 따른 오염물질별 배출량을 회귀직선식으로 나타내면 전자제어식은 CO: $Y = 1.88 \times 10^{-5}x + 0.985$, HC: $Y = 1.81 \times 10^{-6}x + 0.086$, NOx: $Y = 4.03 \times 10^{-6}x + 0.037$ 이며 기화기식은 CO: $Y = 7.34 \times 10^{-5}x + 3.376$, HC: $Y = 8.02 \times 10^{-6}x + 0.140$, NOx: $Y = 3.89 \times 10^{-6}x + 0.090$ 으로 나타났다.

참 고 문 헌

조강래 등(1991) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅰ) 국립환경연구원보 제13권, 293-305.

조강래 등(1992) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅱ) 국립환경연구원보 제14권, 265-277.

조강래 등(1993) 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능평가연구(Ⅲ) 국립환경연구원보 제15권, 329-340.

환경처(1992) 환경관계법규 I, 전국환경관리인 연합회, 125.

환경처(1993) 자동차공해관계 규정집.

환경처(1994) 미발간자료

Armstrong J., David J. Brzezinski, Larry Landm-

an and Edward L. Glover(1987) Inspection/Maintenance in the 1990's, SAE 870621.

Blumberg P.N., OH.Wu, and J.E.Auiler(1981) A methodology for Evaluation and Optimization of Three-Way Catalyst Based, Low NOx Emission Control Systems, SAE 810273.

Hughes D.W.(1981) Inspection and maintenance for 1981 and Later Model Year Passenger Cars, SAE 810830.

Kaneko T., H.Kobayashi, R.Komagome, O. Hirako, and O.Nakayama(1978) Effect of Air-Fuel Ratio Modulation on Conversion Efficiency of Three-Way Catalysts, SAE 780607.