

# 자동차 연비와 환경오염

조 강 래

자동차공해연구소



● 1939년생.  
● 화학을 전공하였으며,  
현재 국립환경연구원 자동차 공해 연구소장으로 재직중이다.

## 1. 머리말

우리나라는 '91년 전체 석유제품 소비량의 22%인 9천3백만 배럴을 자동차 연료로 사용하였다. 이중 휘발유가 2천7백만 배럴(29%), 경유가 5천4백만 배럴(58%)이며 액화석유가스(LPG: Liquefied Petroleum Gas)가 1천2백만 배럴(13%)이다. 이들 자동차 연료를 제품판매 대금으로 환산하면 4조원에 해당하는 막대한 금액이다.

자동차는 연료를 엔진내에서 연소시키면서 도로를 따라 주행하므로 연료의 연소 후 배출되는 여러가지 오염물질에 의하여 환경을 오염시키고 있다. 이러한 오염물질 중에는 대기를 오염시키는 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 아황산가스(SO<sub>2</sub>) 및 입자상물질(매연 등)이 있으며 지구의 기온을 상승시키는 원인물질인 탄산가스(CO<sub>2</sub>)가 있다.

오늘날 자동차에 요구되는 조건은 힘(출력), 안전성, 경제성(연비) 및 저 공해성이다. 아무리 힘이 좋고 안전하게 만들어졌다 하더라도 연료가 많이 소비되면 소비자들로부터 호감을 얻을 수 없으며 공해를 많이 배출하게 되면 법에 의해 도로상을 주행할 수 없게 된다. 그러므로 오늘날 자동차 제작사는 저공해, 고연비 자동차 개발에 온갖 힘을 쏟고 있다.

오늘날 자동차는 오염물질의 배출을 저감시

키기 위하여 엔진개량, 연료개량 및 후처리기술을 적용하고 있지만 자동차의 급격한 증가에 따라 연료소비량이 증가하고 아울러 오염물질의 배출량이 증가하여 대기를 오염시킨다. 여기서는 자동차의 연료소비량을 감소시키기 위한 대책의 일환으로 실시하고 있는 정부공인 표준연비에 대하여 알아보고 오염물질 배출량과의 관계 및 연비 향상대책에 대하여 고찰해보고자 한다.

## 2. 정부공인 표준 연비

### 2.1 정부공인 표준 연비란?

정부공인 표준 연비란 에너지 이용 합리화법 제6조의 규정에 의하여 국내에서 제작되거나 수입되어 판매되는 휘발유 및 LPG 사용 승용자동차(지프형은 제외)의 에너지 소비효율(연비)을 동력자원부 장관이 정한 연비 측정방법과 시험기관에서 측정한 연비를 말한다.

연비란 휘발유 또는 LPG 1/를 사용하여 주행할 수 있는 거리를 km로 표시(km/l)한 것으로서 자동차 제조업자, 수입업자 또는 판매업자는 시험기관으로부터 측정받은 각 자동차의 연비를 전시장에 진열된 전시용 자동차 및 제품안내서(카달로그)에 표시하여야 하며, 정기간행물의 등록 등에 관한 법률 제2조의 규정에 의한 일반 일간신문 및 특수 일간신문에 차명이 확정된 자동차에 관한 광고(5단 크기 이

상의 광고에 한함)를 게재할 때에도 연비를 표시하여야 한다. 또한 에너지 소비효율 등급을 표시한 라벨을 차량의 적당한 곳에 부착하여야 한다.

**2.2 정부공인 표준 연비 측정방법**

(1) 시험대상 자동차군의 분류

자동차 배출가스 검사를 위하여 분류된 배출가스 검사대상 동일 차종군내에서 각 차종의 배기량 및 변속기 형식별(수동 또는 자동)로 연비가 비슷할 것으로 예상되는 차종을 연비 측정시험대상 차종군으로 분류하며 수입자동차에 대하여는 동일 차종군을 시험대상 차종군으로 한다.

(2) 시험 자동차의 선정

시험 대상 차종군내에서 시험 자동차 1대를 선정하여 측정하며 동 시험 자동차에 대한 연비 측정결과는 동 시험대상 차종군내 모든 자동차의 연비의 대표치로 본다. 선정된 시험 자동차는 연비 측정전에 6,400km까지 길들이기 주행을 하여 자동차 조건을 안정시키는 것을 원칙으로 하나 시험 의뢰자가 원할 때는 6,400 km 길들이기 주행을 하지 않고 0km에서 연비를 측정할 수 있다.

(3) 연비 측정방법

대기 환경 보전법 제33조의 규정에 의한 자동차 배출가스 검사방법(CVS-75 모드 측정방법)에 따라 자동차의 배출가스 농도를 측정한 후 다음과 같은 탄소 균형법에 의거 연비를 산출한다. 다만 공인 연비로 사용하기 위한 시험 자동차의 배출가스는 대기환경보전법 제31조의 규정에 의한 제작차의 배출가스 허용기준에 적합하여야 한다.

1) 탄소 균형법의 개념

○탄소 균형법(carbon balance법)이라 함은 연료중의 탄소량과 자동차 배출가스중에 함유되어 있는 CO<sub>2</sub>, HC 및 CO중의 탄소량이 같다는 가정하에 다음과 같이 계산한다.

○자동차 연비(km/l) =

$$\frac{\text{연료 1l 중의 탄소중량(g/l)}}{1\text{km주행당 배출가스중의 탄소중량(g/km)}} \quad (1)$$

2) 휘발유 사용 자동차의 연비계산

$$\text{연비(km/l)} = \frac{640(\text{g/l})}{A} \quad (2)$$

여기서,  $A=0.866 \times \text{HC} + 0.429 \times \text{CO} + 0.273 \times \text{CO}_2$ (g/km)이며, 640은 휘발유 1l중의 탄소량이며 HC, CO 및 CO<sub>2</sub>는 CVS-75 모드 측정방법에 의해 측정된 배출가스 농도(g/km)이다. 그리하면, 0.866, 0.429 및 0.273은 HC, CO 및 CO<sub>2</sub>중에 함유된 탄소량의 비이고 휘발유 CH비는 1.85로 계산하였다.

3) LPG사용자동차의 연비계산

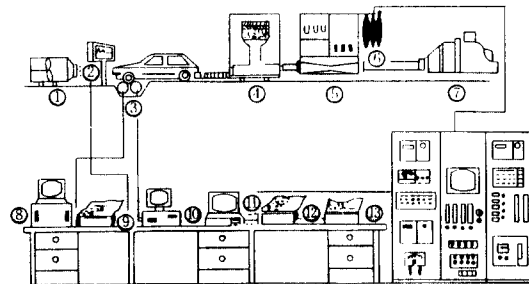
$$\text{연비(km/l)} = \frac{483(\text{g/l})}{0.827 \times \text{HC} + 0.429 \times \text{CO} + 0.273 \times \text{CO}_2} \quad (3)$$

여기서, 483은 LPG(부탄) 1l중의 탄소량이며 HC, CO 및 CO<sub>2</sub>는 CVS-75 모드 측정방법에 의해 측정된 배출가스 농도이다. 그리고 0.827, 0.429, 0.273은 HC, CO 및 CO<sub>2</sub> 중에 함유된 탄소량의 비이고 부탄의 CH비는 2.5로 계산하였다.

(4) CVS-75 모드 측정방법

1) 시험장치

CVS-75 모드 측정방법의 시험장치는 차대



- 1. 냉각팬
- 2. 드라이버스에이드
- 3. 사시동력계
- 4. 에어필터
- 5. 정용적 시료 채취기
- 6. 시료백
- 7. 배기브로워
- 8. 컴퓨터
- 9. 프린터
- 10. 드라이버스 에이드 조절장치
- 11. 배기가스 측정장치 조절 컴퓨터
- 12. 프린터와 푸터
- 13. 배기가스 분석장치

그림 1 배출가스 측정장치 구성도

동력계, 배출가스 시료채취장치, 배출가스 분석장치, 자료처리장치 및 기타 부속장치로 구성되며 전체 시스템의 구성도는 그림 1과 같다.

2) 배출가스 측정방법

○배출가스 측정용 시험모드(CVS-75모드)

시험자동차를 차대동력계에서 운전하기 위한 대표 주행패턴으로서 우리나라는 미국에서 사용하고 있는 승용차 배출가스 측정방법인 FTP-75시험방법의 주행모드인 LA-4모드를 사용하고 있다. LA-4모드란 FTP-75 시험방법의 주행모드로서 미국 로스엔젤레스 시의 시가지 주행패턴으로서 1972년부터 미국의 배출가스 측정을 위한 주행모드로서 사용하였으며 우리나라는 1987년 7월부터 LA-4모드를 CVS-75에 의한 배출가스 시험방법의 주행모드로서 사용하고 있다.

LA-4모드에 의한 주행은 시험자동차를 25°C±5°C로 유지할 실내에서 10시간 이상 주차한 후 차대동력계에 옮겨 놓고 시동을 걸어 자동차를 1372초 동안 주행속도에 따라 운전한다. 시동을 끄고 10분 간 정차 후 다시 시동을 걸고 505초 간 주행속도에 따라 운전한다.

○차대동력계의 부하 설정

시험자동차가 실제 도로상에서 주행할 때 받는 부하상태를 차대동력계상에서 재현시키기 위해서 차대동력계에 도로부하력을 입력시킨다. 시험자동차의 흡수 도로 부하력은 다음식

에 의해 계산한다.

$$HPd = (1/2) (W/9,807) (V_1 - V_2)/102t \quad (4)$$

여기서,  $HPd$ 는 부하력(KW),  $W$ 는 등가관성 증량(Kg),  $V_1$ 는 평탄도로상에서 시험자동차의 최초속도(55mile per hour(mph),  $V_2$ 는 평탄도로상에서 시험자동차의 최종속도(45mph),  $t$ 는 차대동력계의 롤러가 55mph에서 45mph로 감속하는데 걸리는 시간을 나타낸다.

$V_1$ 과  $V_2$ 를 측정하기 위해서는 평탄하고 바람이 없는 도로상에서 자동차를 55mph로 주행하다 기어를 중립으로 하고 45mph가 될 때까지의 시가를 잴다. 이 시간을 coast down 시간이라 하며 이 시간은 자동차의 무게, 자동차 전면이 공기와 마찰하는 공기저항, 자동차 타이어와 도로와의 마찰력에 의해 결정되는데 이러한 상태를 차대동력계에 재현시켜 시험자동차를 차대동력계에서 운전하면 실제 도로상에서 운전하는 것과 같은 부하를 얻을 수 있다. 그러나 엄밀히 말하면 이러한 상태는 실제도로상과 많이 다르다. 기상조건뿐만 아니라 도로의 구배나 경사 등의 조건이 다르기 때문이다.

○배출가스 측정

자동차를 밀어서 차대동력계상에 올려 놓고 배기구에 시료채취관을 연결한 후 자동차의 시동을 걸고 자동차를 그림 2의 주행속도에 따라 운전한다. 운전을 하는 동안 배출되는 배출가스를 일정량의 공기와 희석시키고 희석된 배출

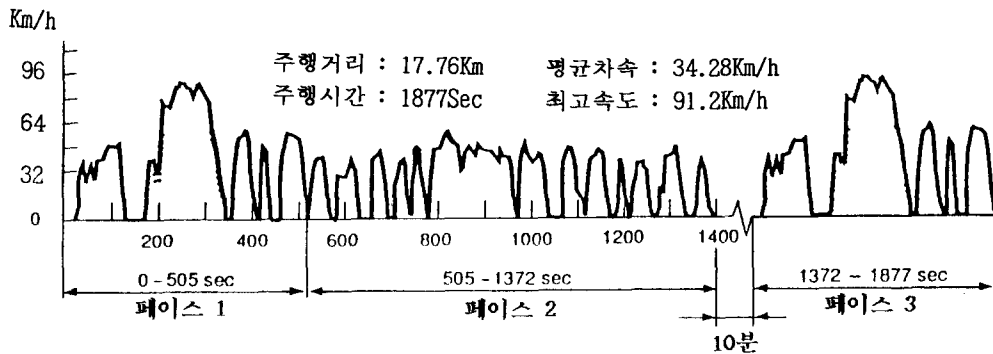


그림 2 CVS-75 모드 측정방법에 의한 주행모드(LA-4 모드)

가스를 처음 505초 동안은 시료주머니 1에 채취하고 다음 505에서 1372초까지는 시료주머니 2에 채취한다. 자동차의 시동을 끄고 10분 간 방치한 후 다시 시동을 걸고 자동차를 운전하여 505초 간의 배출가스를 시료주머니 3에 채취한다.

이렇게 채취한 시료주머니 중의 희석된 배출

가스를 배출가스 분석장치로 분석하여 CO, HC, NOx 및 CO<sub>2</sub>의 농도를 측정한다.

○배출가스량 계산

배출가스량은 식 (4)에 의해 g/km로 계산한다.

배출가스 농도(g/km)

표 1 국내제작 및 수입 승용차의 모델년도별, 배기량별 연비

구분	모델년도	배기량(cc)	변속기	연비(km/l)		변속기 자동화에 따른 연비악화율(%)	
				평균	분포범위		
국산 휘발유 승용차	87.7 이전	1500 (1300~1600)	수	10.76	8.10~12.32		
		2000 (1800~2500)	수	10.3	—		
	87.7~89	1500 (1300~1600)	수	15.26	12.32~16.87		14
			자	13.05	11.65~14.54		
		2000 (1800~2500)	수	10.74	7.50~12.87		
			자	9.35	8.54~10.86		
	90년 이후	2500 초과	자	7.90	7.81~8.06		13
			수	24.10	—		
		1500 (1300~1600)	자	18.09	—		25
			수	14.44	12.03~16.40		
	2000 (1800~2500)	자	12.38	11.51~13.48	14		
		수	12.03	10.20~14.03			
자		10.53	8.98~12.23				
자		8.29	—				
수입 휘발유 승용차	—	2000 (1800~2500)	수	9.41	7.93~10.67	11	
			자	8.38	7.71~10.09		
		자	6.27	4.22~7.25			
LPG 택시	—	1500 (1500~1600)	수	11.45	9.71~12.86		
		2000 (1800~2000)	수	9.81	9.10~10.80		

$$=0.43\left(\frac{A+B}{C+D}\right)+0.57\left(\frac{E+B}{F+D}\right) \quad (4)$$

여기서, A는 phase 1의 중량농도, B는 phase 2의 중량농도, C는 phase 1의 주행거리, D는 phase 2의 주행거리, E는 phase 3의 중량농도, F는 phase 3의 주행거리이다. 또한 각 phase의 중량농도 =  $V_{mix} \times$  추정가스밀도  $\times$  추정가스농도 (ppm, %)에 의해 구할 수 있으며,  $V_{mix}$ 는 표준상태에서의 희석배기가스량이고 추정가스 밀도는 CO, HC, NOx 및 CO<sub>2</sub>의 밀도이며 추정가스의 농도는 배출가스 측정장치에서 측정된 농도로서 CO, HC, NOx는 ppm 단위로, CO<sub>2</sub>는 % 단위로 측정한다. 그리고 각 phase의 주행거리는 차대동력계에서 측정할 수 있으며 phase 1과 phase 3은 5.78km이며, phase 2는 6.29km이다.

### 2.3 정부공인 표준 연비 측정결과 및 고찰

#### (1) 모델 연도별, 배기량별 및 변속기 형태별 연비변화

1988년 이후 국내제작 및 수입된 승용차의 연비 측정결과를 모델 연도별 배기량별 및 변속기 형태별로 분석하여 평균 연비 및 분포범위를 표 1에 나타내었다.

우리 나라의 휘발유 승용차는 1987년과 1989년에 많은 모델 변경이 있었다. 1987년에는 1987년 7월부터 적용되는 엄격한 배출가스 규제를 만족시키기 위하여 새로운 모델의 자동차(프라이드, 엑셀, 로망, 콩코드, 그랜저)가 생산되었으며 1989년에는 '90년도부터 적용되는 80,000km 인증을 받기 위하여 기존 자동차의 엔진개량과 새로운 모델의 자동차(캐피탈, 스쿠프, 에스페로, 쏘나타)가 생산되었고 '90년 이후에는 엘란트라, 신형 로얄, 포텐샤 등 새 모델이 생산되었으며 배기량 800cc 이하인 국산차 티코가 생산 보급되었다.

이와 같이 배출가스 규제를 만족시키기 위하여 개발된 신형 자동차는 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 연비가 많이 향상되었다. 즉 엄격한 배출가스 규제가 실시되기 이전인 '87년 7월

이전 모델의 1500cc 수준의 수동 변속기 승용차의 평균 연비가 10.76km/l이었으나 '87년 7월부터 '89년까지의 모델은 연비가 42%나 향상된 15.26km/l였고 '90년 이후 모델은 연비가 34% 향상된 14.44km/l였다. 또한 2000cc 수준의 수동변속기 승용차의 평균연비는 '87년 7월 이전 모델이 10.3km/l에서 '87년 7월부터 '89년까지의 모델은 이보다 연비가 4% 향상된 10.74km/l이고 '90년 이후 모델은 연비가 18% 향상된 12.03km/l로 나타났다. 자동 변속기가 많이 장착된 2000cc급 승용차의 연비에 있어서도 '89년 이전 모델은 9.35km/l이었으나 '90년이후 모델은 10.53km/l로 '89년 이전 모델보다 13%나 향상되었다. 국내 제작자동차와 수입자동차의 연비를 비교해 보면 2000cc 이상 중형자동차의 평균은 국내 제작차가 10,97km/l, 수입 자동차가 7.35km/l로 수입 자동차의 연비가 국내제작차보다 33%가 낮음을 알 수 있다. 물론 수입 자동차는 연비 측정시 6,400km 길들이기 주행을 하지 않고 0km 시 연비를 측정하였기 때문에 다소 연비가 낮게 나타났다고도 볼 수 있으나, 큰 원인은 배기량이 크고 공차중량이 무겁기 때문이라고 볼 수 있다.

#### (2) 자동차 엔진 배기량 및 공차중량과 연비의 상관

자동차 엔진 배기량과 연비의 관계 및 자동차의 공차중량과 연비와의 관계를 그림 3 및 4에 나타내었다.

그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 자동차 엔진의 배기량이 증가하면 연비가 낮아지고 배기량 3000cc 이하에서는 연비와 배기량의 관계가 크게 나타났으며 배기량 3000cc 이상에서는 배기량의 증가에 따른 연비감소 현상은 크지 않았다. 그러나 자동차의 공차중량과 연비와의 관계는 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 공차중량이 증가하면 연비가 나빠지며 공차중량 1500kg 이하에서는 연비에 큰 영향을 미치나 1500kg 이상에서는 그 변화가 크지 않았다.

#### (3) 정부공인 표준 연비와 실제 시가지 주행

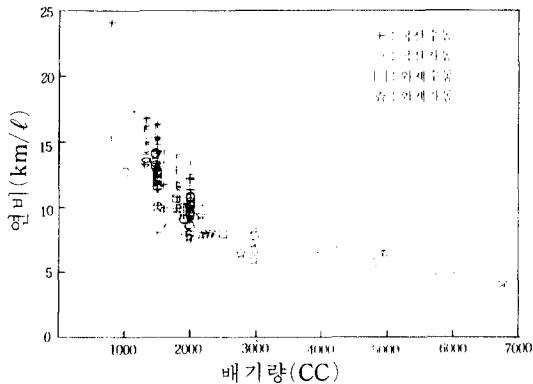


그림 3 자동차 배기량과 연비

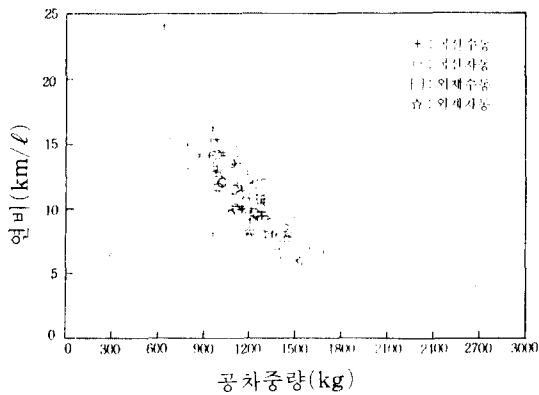


그림 4 자동차 공차중량과 연비

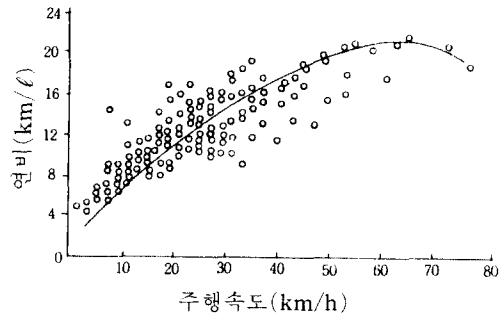


그림 5 자동차의 평균차속과 도로주행 연비와의 상관

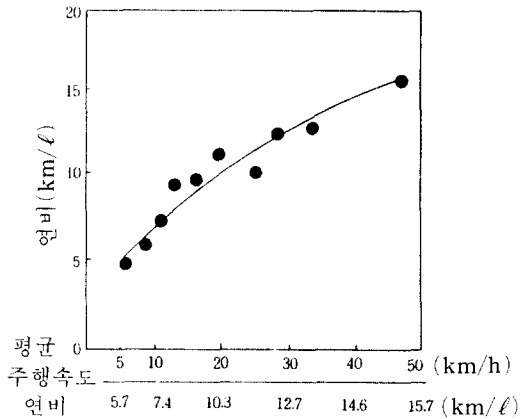


그림 6 자동차의 평균차속과 연비와의 상관

### 연비의 차이

자동차의 주행연비는 동일 자동차라 하더라도 자동차의 주행속도, 도로조건 및 운전상태(급가속, 급감속 등) 등에 따라 상이하다. 특히 자동차의 주행속도는 연비와 밀접한 관계가 있다는 것을 그림 5 및 그림 6에서 볼 수 있다.

그림 5는 소형 휘발유 승용차(1500cc, 1989년 모델, 촉매장치 부착)에 차속계(RP 432-300 P/R, ONOSOKKI) 및 연료 소비량 측정계(FP-214, ONOSOKKI)를 장착하고 서울시내의 주요 간선도로 총 600km를 주행하면서 평균차속과 연료소비량을 측정된 결과이다. 그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 평균차속 65km/h까지는 속도의 증가에 따라 연비가 향상되나

그 이상의 평균차속에서는 오히려 감소하는 것을 알 수 있다.

그림 6은 서울시내의 승용차 주행패턴을 측정 분석하여 얻은 10단계의 대표 실주행모드(평균차속 4.65km/h에서 48.58km/h까지 10단계 구분)를 사용하여 사시동력계상에서 CVS-75 시험방법과 같은 방법으로 대표차종의 배출가스를 측정하고 공인연비 측정 방법과 같은 방법의 탄소바란스법에 의해 연비를 산출하여 연비와 평균차속과의 관계를 나타낸 것이다.

대표차종은 촉매장치가 부착된 승용차인 프라이드, 엑셀, 르망, 콩코드, 쏘나타 및 그랜저 각 3대 씩 총 18대를 시험자동차로 사용하였으며 연비는 산출 평균치를 사용하였다.

그림 5에서 볼 수 있는 바와 같이 공인 연비 측정방법인 평균차속 34.3Km/h와 비슷한 30 Km/h에서의 평균연비는 12.7km/l이나 서울시내의 평균차속에 가까운 20Km/h에서의 평균연비는 10.3Km/l로서 2.4Km/l(19%)의 차이를 가져온다. 즉 평균차속이 10Km/h 감소하면 연비는 19%가 악화됨을 알 수 있다.

앞에서 살펴본 바와 같이 공인 연비와 실제 시가지 주행연비와의 차이는 여러가지 요인에 의해서 크게 차이가 생기므로 공인연비는 비슷한 크기의 자동차의 상대적인 연비의 비교치로서 가치가 있다고 본다.

공인연비와 실제 시가지 주행연비와의 차이는 평균차속이 가장 큰 요인이며 그 외에 도로 조건(급경사, 급커브, 표면의 거칠기 등), 기후조건(풍향, 풍속, 빗길 등), 차량조건(차량의 노후 정도, 에어컨 등 전기장치사용, 승차인원 등) 및 운전습관(급가감속, 과속 등)에 따라 연비가 상이하므로 공인연비와 실제 시가지 주행연비와의 일치는 어렵다고 본다.

### 3. 연비와 공해

#### 3.1 평균차속과 연비 및 오염물질 배출량

##### (1) 측정방법

##### 1) 측정모드

서울시내의 주행패턴 측정분석 결과로부터 얻은 그림 7과 같은 10단계의 대표 실주행 모드를 사용하였다.

##### 2) 배출가스 및 연비 측정방법

시험자동차를 사시동력계상에서 10단계 시험모드로 운전하면서 각 단계의 시험모드마다 시험자동차로부터 배출되는 가스를 정용적시료채취장치로 채취하여 배출가스 분석장치로 분석하고 연비는 CO<sub>2</sub>, CO 및 HC의 측정값에 의해 탄소 바란스법에 의해 계산하였다.

##### 3) 시험자동차

시험자동차는 1990년 현재 시중에서 많이 운행되고 있는 무연휘발유 승용차 3종 9대, 무연휘발유 승용차 6종 18대, 디젤승합차 2종 6대,

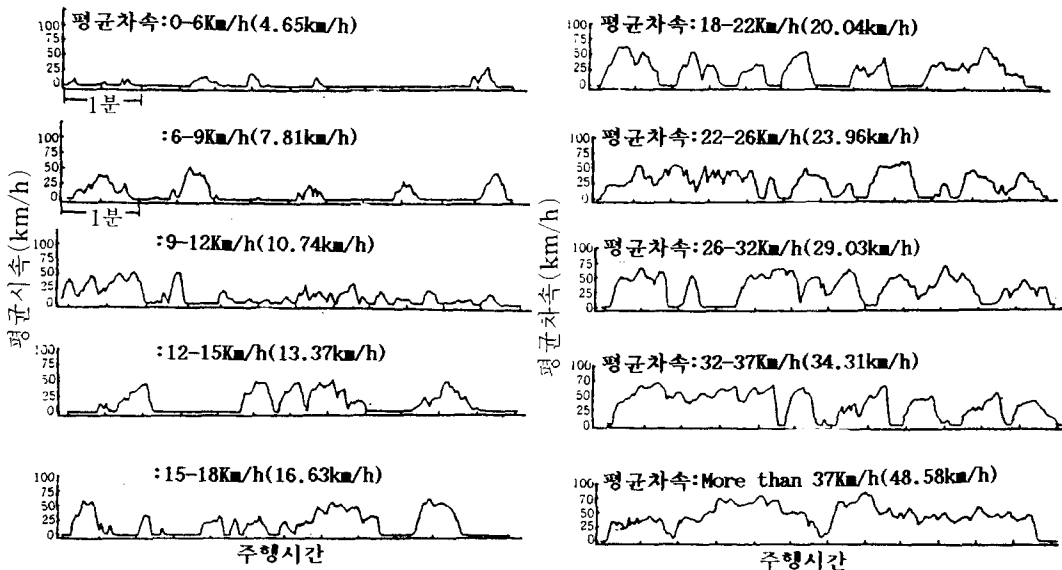


그림 7 시가지 대표 주행모드

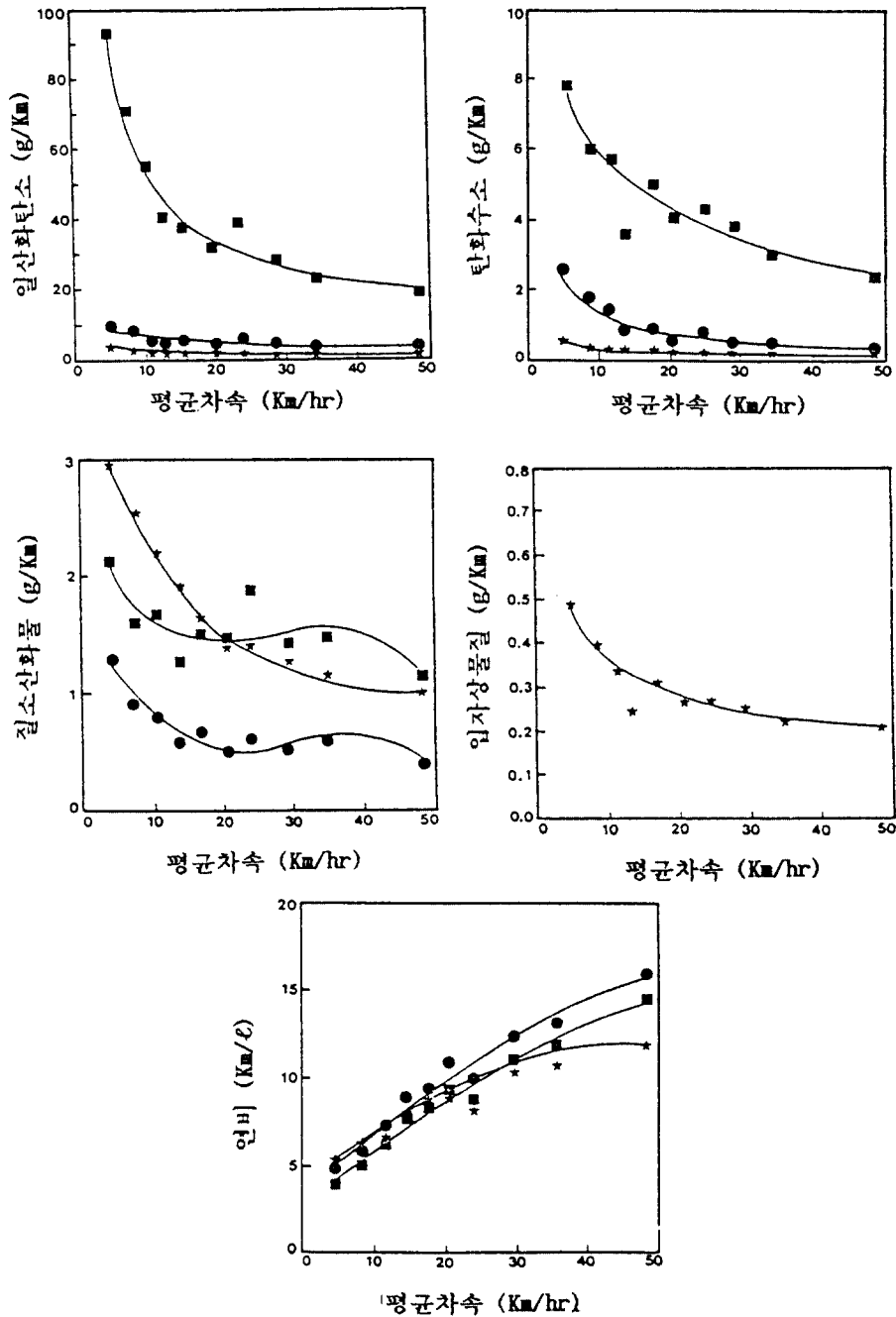


그림 8 평균차속과 배출가스 및 연비의 관계

- ● - : 무연휘발유승용차(1500-2000cc)
- ■ - : 유연휘발유승용차(1500-2000cc)
- ★ - : 소형경유자동차(2200cc)



지프 1종 3대 및 소형트럭 2종 6대, 총 42대를 입차하여 시험자동차로 사용하였다.

(2) 결과 및 고찰

자동차의 평균 차속과 CO, HC, NOx, 입자상물질(디젤자동차) 배출량 및 연비와의 관계를 그림 8에 나타내었다.

그림 8에서 볼 수 있는 바와 같이 휘발유자동차에 있어서는 촉매장치가 부착되어 있는 무연휘발유사용 승용차와 촉매자동차가 부착되지 않은 유연휘발유 승용차와 많은 차이를 나타내고 있다. 즉 촉매부착승용차는 엔진으로부터 배출되는 오염물질을 배기관을 통하여 대기중에 배출하기 전에 촉매장치에서 정화시킨 후 배출하기 때문에 정체가 일어나 평균차속이 감

소한다 하더라도 오염물질의 배출량이 크게 증가하지 않으나 촉매장치가 부착되지 않은 유연휘발유 승용차는 정체가 많이 배출되는 CO 및 HC가 그대로 대기중으로 배출되기 때문에 평균차속의 감소와 더불어 오염물질의 배출량이 급격히 증가함을 알 수 있다.

디젤자동차에 있어서 정체가 공기가 충분한 상태에서 연소되므로 불완전 연소생성물인 CO 및 HC는 같은 크기의 휘발유 자동차에 비하여 아주 적게 배출되나 NOx 및 입자상물질이 많이 배출되고 디젤자동차의 NOx 및 입자상물질은 평균차속의 감소와 더불어 현저히 증가함을 알 수 있다.

연비에 있어서는 평균차속의 증가와 더불어

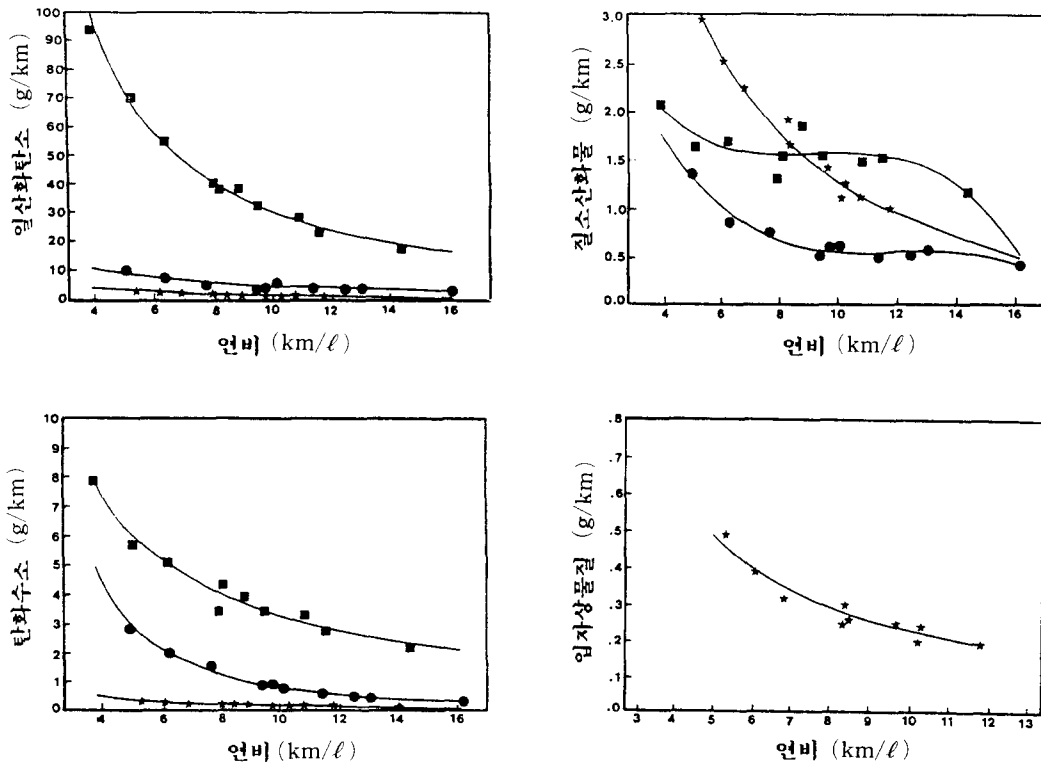


그림 9 연비와 배출가스 관계

- ● - : 무연휘발유승용차(1500-2000cc)
- ■ - : 유연휘발유승용차(1500-2000cc)
- ★ - : 소형경유자동차(2200cc)

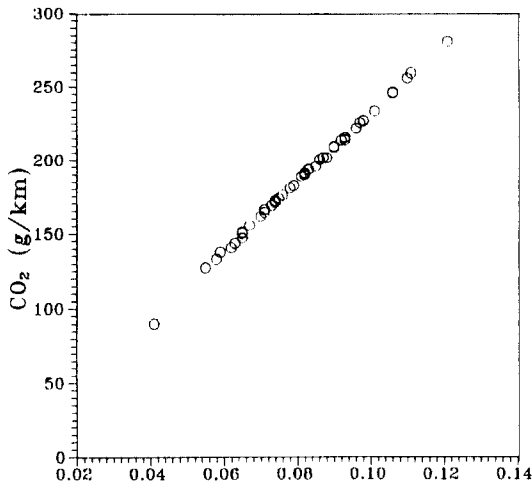


그림 10 연료소비량과 탄산가스 배출량의 관계

향상되며 무연휘발유 자동차가 유연휘발유 자동차보다 연비가 좋은 것은 그간 엄격한 자동차 배출가스 규제에 엔진기술이 개발되어 엔진의 고성능화가 이룩되었기 때문이라고 본다.

### 3.2 연비와 오염물질 배출량

앞에서 설명한 평균차속에 따른 자동차 연비 및 오염물질 배출량 자료를 이용하여 자동차 연비와 오염물질 배출량과의 관계를 분석한 결과를 그림 9에 나타내었다.

그림 9에서 볼 수 있는 바와 같이 연비와 CO, HC 및 입자상물질과는 좋은 상관을 나타내고 있다. 즉 연비가 나쁘면(연료가 많이 소비되면) 오염물질이 많이 배출되고 연비가 좋

표 2 연비향상 대책

구 분	기 술 내 용	채 용 기 술
주행효율의 개선	차체의 경량화	-합리적인 설계 구축 -경량재료 및 고장력강판 채택 확대
	주행저항의 저감	-공기저항계수의 저감 -타이어에 의한 전동저항의 저감
	동력전달장치의 개선	-부 변속기의 채용 -전자제어식 자동변속기 -무단변속기 채용
엔진의 고성능화	열효율의 향상 (엔진의 개발)	-회박연소기술 개발 -신형분사장치 채용 -냉각손실의 저감
	마찰손실의 저감	-가공성 향상 -보기류의 구동손실 저감 -윤활유의 개선
	전자제어에 의한 최적화	-가변밸브 타이밍 기구 -전자제어 노킹제어시스템
폐열 회수 이용	폐열의 회수 이용	-터보과급, 컴플렉스과급 엔진 -흡수식 카에어콘
연료대체	고압축비 연료전환	-디젤엔진의 전자화 -CNG연료 대체 기술 개발

으면(연료가 적게 소비되면) 오염물질이 적게 배출된다는 것을 알 수 있다.

### 3.3 연비와 탄산가스 배출량

화석연료는 탄소(C)와 수소(H)로 구성되어 있으므로 연소시 탄산가스( $\text{CO}_2$ )와 물( $\text{H}_2\text{O}$ )이 생성되며 미량의 오염물질을 배출한다.

탄산가스는 녹색식물의 탄소동화작용에 의하여 탄수화물을 만드는 원료로 사용되므로 자연계에 필수불가결한 물질이지만 많은 양의 화석연료를 사용함에 따라 대기중 탄산가스량이 증가되어 온실효과를 나타내게 됨으로써 오늘날 지구온난화 문제를 야기하고 있다.

휘발유 1l가 연소되면 이론적으로 탄산가스 2.347Kg이 생성되며 경유 1l는 2.627Kg, LPG 1l는 1.718Kg의 탄산가스가 생성된다.

1990년 우리나라에서 소비된 자동차 연료량은 휘발유 3,526,096Kl, 경유 7,634,286Kl 및 LPG 1,792,533Kl이므로 이들 연료가 연소시 배출한 탄산가스량은 3,140만 톤/년(탄소환산 856만 톤/년)으로서 많은 양을 배출하고 있으므로 탄산가스 저감을 위해서도 연비의 향상이 절실히 요구된다.

그림 10에 연료소비량(1/Km)과 탄산가스 배출량(g/Km)과의 관계를 나타내었다. 그림 10에서 볼 수 있는 바와 같이 연비의 향상은 탄산가스 감소를 가져올 수 있다.

## 4. 연비향상 대책

연비향상을 위한 기술로는 주행효율의 개선,

엔진의 고성능화, 폐열 회수이용 및 연료대체를 들 수 있으며 이들의 기술이용 및 채용 가능한 기술을 표 2에 나타내었다.

표 2에 나타낸 차체 및 엔진의 개량에 의한 연비 향상 이외에 이미 설명한 바와 같이 자동차의 평균차속을 향상시키고 운전자들의 운전 습관을 개선하여야 하며 연비를 향상시켜야 하며 불요불급한 운전을 삼가하여 연료소비를 줄여나가야 한다.

## 5. 맺음말

우리나라는 연간 4조 원에 달하는 연료를 자동차용으로 소비하고 있으며 이로 인한 대기오염물질의 배출량은 연간 180만 톤이며 지구온난화 가스인 탄산가스의 배출량은 연간 3,141만 톤(탄소환산 857만 톤)에 이른다.

자동차 연비의 향상을 위한 기술개발과 대책은 연료소비량의 감소뿐만 아니라 대기오염물질을 줄이고 온실가스인 탄산가스를 줄이는 일익 3조의 역할을 할 수 있다.

자동차 제작사의 자동차 개발에 의한 연비향상에 대한 노력과 더불어 사회간접자본의 과감한 투자로 도로율을 높여 자동차의 통행을 원활히 하고 자동차 운전자들은 급가·감속 및 과속과 같은 난폭운전을 삼가하여야 할 뿐만 아니라 불요불급한 운전을 삼가하여 연료의 소비를 줄이는데 다 같이 협조해 나가야 할 것이다. 