

CVS-75 시험법과 아이들링 시험법에 의한 승용차의 배출가스 측정 결과 비교

The Comparison of Exhaust Emission Test Result by
CVS-75 and Idling Test Method of Passenger Cars
조강래, 김종춘, 홍유덕 *
국립환경연구원 자동차공해연구소

I. 서론

자동차에서 배출되는 오염물질을 저감시키기 위해서는 제작차뿐만 아니라 운행차에 대하여도 배출가스 관리가 적절히 이루어져야 한다. 우리나라는 제작차에 대하여 배출가스 인증검사, 정기검사, 수시검사를 실시하고 있으며 운행차에 대하여는 결함 확인검사, 운행차 정기검사 및 노상 단속을 실시하고 있다. 제작차 배출가스 검사와 결함 확인검사는 CVS-75 시험법을 사용하고 있으며 운행차 정기검사와 노상단속시에는 아이들링 시험법에 의하여 일산화탄소(CO)와 탄화수소(HC)를 측정하고 있다.

CVS-75 시험법은 자동차를 차대동력계에서 시가지 주행모드(LA-4모드)로 운전하면서 배기관을 통해 배출되는 오염물질을 중량농도(g/km)로 측정하는 방법이며 아이들링 시험법은 자동차를 공회전 시키면서 배기관을 통해 배출되는 오염물질을 부피농도(% 또는 ppm)로 측정하는 방법이다.

제작차 시험방법인 CVS-75 시험법이 고가의 장비와 12-36시간의 상온 주차가 필요한데 비하여 운행차 시험방법은 값싼 장비로서 짧은 시간안에 측정이 가능한 장점을 가진 반면 실제로 운행중인 자동차에서 배출되는 오염물질을 정확히 측정하는데 한계가 있다.

특히 최근 우리나라의 대부분의 승용차에 사용하고 있는 전자식 연료분사장치를 장착한 자동차는 아이들링 시험법에 의해 측정된 오염도가 실제 주행시 배출되는 오염물질 배출량과 상관성이 거의 없을 뿐만 아니라 광화학 스모그와 밀접한 관계가 있는 질소 산화물의 측정이 불가능하기 때문에 미국을 비롯한 여러나라에서 새로운 운행차 배출가스 방법을 검토하고 있다. (Armstrong, 1987, Voss, 1987, 조강래등, 1991-1993)

본 연구에서는 제작차 배출가스 시험방법인 CVS-75 시험법과 운행차 배출가스 시험방법인 아이들링 시험법에 의하여 측정된 배출가스 측정 결과를 비교하여 보았으며 아이들링 시험법의 신뢰성을 높이기 위한 방법으로 유럽에서 실시하고 있는 공기과잉을 추가로 측정하여 비교 검토하여 보았다.

II. 시험방법

2.1 시험 자동차

축매부착 자동차중 배출가스 보증기간이 유보되었던 '90년도 이전에 생산된 승용차와 출고후 80,000km 또는 5년동안 배출가스를 보증하도록 되어있는 '90년도 이후에 생산된 승용차로 구분하여 시험자동차를 선정하였다. 이들 시험자동차를 선정함에 있어 사용연료, 주행거리 및 연료공급방식에 따라 구분하였으며 표 1에 사용연료 및 주행거리에 따른 시험자동차의 선정결과를 나타내었다.

Table 1. Mileage and Number of Test Vehicles by Fuel

unit : fleet

Mileage(Km)	Before 1990 MY		After 1990 MY		Total	
	Gasoline	LPG	Gasoline	LPG	Gasoline	LPG
20,000 - 40,000	12	0	19	0	31	0
40,000 - 60,000	10	0	21	11	31	11
60,000 - 80,000	12	0	12	5	24	5
80,000 - 100,000	1	1	4	3	5	4
100,000 - 200,000	2	10	1	10	3	20
More than 200,000	0	5	0	0	0	5
Total	37	16	57	29	94	45
	53		86		139	

표에서 보는바와 같이 '90년도 이전에 생산된 자동차는 휘발유 승용차 37대, LPG 택시 16대로서 총 53대를 선정하였으며, '90년도 이후에 생산된 자동차는 휘발유 승용차 57대, LPG 택시 29대로서 총 86대를 선정하였으며 전체 연구기간중 총 139대를 대상으로 하였다.

2.2 CVS-75 시험법

CVS-75 시험법은 자동차가 실제 도로상에서 주행할 때 정지가동, 가속, 정속, 감속등이 되풀이 되는 과정을 대표화한 실속 주행모드를 그대로 모의 주행할 때에 배출되는 오염물질을 측정하는 방법으로서 배출가스의 측정은 차대동력계의 롤러 위에서 시험 자동차가 그림 1의 주행모드로 주행할 때 자동차의 배기관으로부터 배출되는 가스를 정용적 시료채취장치 (CVS, Constant Volume Sampler)를 사용하여 일정량의 공기와 희석하여 시료 채취백에 채취하고, 시료백의 희석 배기가스를 일산화탄소(CO) 및 이산화탄소(CO₂)는 비분산 적외선 분석기(NDIR, Nondispersive Infrared Analyzer)로 분석하고 질소산화물(NO_x)은 화학 발광 분석기(CLD, Chemiluminescence Analyzer)로 측정하며 탄화수소(HC)는 불꽃이온화 검출기(FID, Flame Ionization Detector)로 분석하여 자동차의 단위 주행거리(km)당 배출되는 오염물질 배출량을 산출한다. CVS-75 시험법은 제작 자동차의 배출가스를 측정하기 위한 시험방법으로 사용되고 있으며 현재 사용되는 배출가스 시험방법중 자동차가 실제 도로에서 주행할 때 배출되는 오염물질량과 가장 상관성이 높은 시험 방법이다.

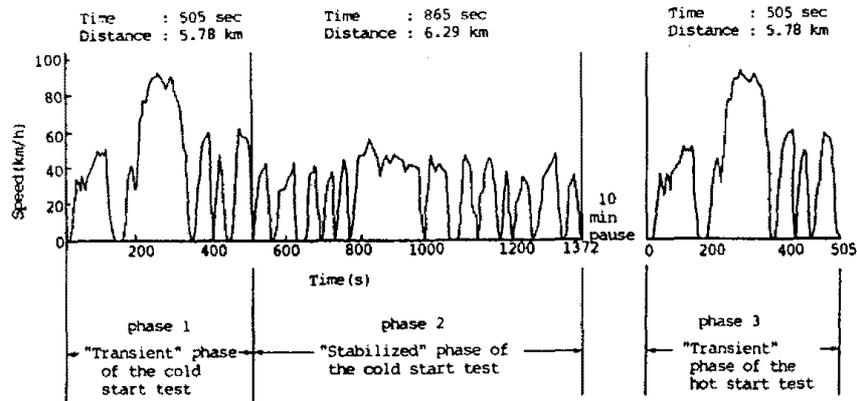


Fig.1 Driving cycle for CVS-75 test procedure

2.3 아이들링 시험법

아이들링 시험법은 정지가동시(아이들링)에 배출되는 CO와 HC의 농도를 비분산 적외선법(NDIR)에 의해서 부피농도(% 또는 ppm)로 측정하며 측정시간이 짧고 측정기의 가격이 저렴하므로 운행중인 자동차의 배출가스를 측정하기 위한 시험방법으로 사용되고 있다.

2.4 공기과잉율(λ)을 포함한 아이들링 시험법

기존의 아이들링 시험법에 공기과잉율(λ)을 추가로 측정하여 CVS-75 시험법과 비교하여 보았다. 공기과잉율(λ)이란 연료가 완전 연소시에 필요한 이론 공연비에 대한 실제 공연비의 값을 나타낸 비율로서 아래 식으로 정의된다.

$$\lambda = \frac{A/F \text{ (Actual)}}{A/F \text{ (Stoichiometric)}}$$

공기과잉율(λ)을 운행차 시험방법의 한가지 방법으로서 채택하여 평가하게 된 이유는 현재 생산되는 촉매부착 자동차는 배출가스를 정화시키기 위하여 삼원촉매장치가 부착되어 있으며 공연비의 제어가 제대로 이루어지지 못하였을때는 이 장치가 배출가스 정화 성능을 제대로 발휘하지 못하여 오염물질이 많이 배출되게 된다. 공기과잉율(λ)을 측정하는 방법은 간단하고 유럽에서도 자동차 배출가스 과다 배출 여부를 알아보기 위하여 정지가동시는 CO를 측정하고 2000 rpm 에서 CO와 공기과잉율(λ)을 측정하고 있다.

III. 결과 및 고찰

3.1 CVS-75 시험법과 아이들링 시험법 측정 결과의 상관성

시험 대상자동차인 휘발유 승용차 94대 LPG 택시 45대에 대하여 CVS-75 시험법에 의해 측정된 CO, HC 측정 결과와 아이들링 시험법에 의해 측정된 CO, HC 측정결과 사이의 상관성을 그림 2와 같은 우연표(Contingency Table)에 의하여 검토하여 보았다. (Haskew, 1987)

Fail CVS-75	CVS-75 Fail/Idle Test Pass	CVS-75 Fail/Idle Test Fail
	CVS-75 Pass/Idle Test Pass	CVS-75 Pass/Idle Test Fail
	Pass Idle Test	Fail Idle Test

Fig.2 Contingency table

그림 2에서 보는바와 같이 시험 자동차가 아이들링 시험법에 의해 허용기준을 만족시키고 CVS-75 시험법에 의해 허용기준을 만족시킬때를 그림 좌측 하단에 표시하고, 아이들링 시험법에 의해 허용기준을 만족시키나 CVS-75 시험법에 의해서는 허용기준을 만족시키지 못할때는 그림의 좌측 상단에 표시한다. 또한 아이들링 시험법에 의한 기준은 만족시키지 못하나 CVS-75 시험법에 의한 기준을 만족시킬 경우는 그림의 우측 하단에 표시하고 아이들링 시험법 및 CVS-75 시험법을 모두 만족시키지 못할때에는 그림의 우측 상단에 표시하였다.

그림 3과 그림 4에 휘발유 승용차 94대 및 LPG 택시 45대에 대한 측정결과를 우연표로서 나타내었다. 여기에서 X 축은 CVS-75 시험법에 의한 제작차 허용기준인 CO 2.11 g/km, HC 0.25 g/km를 기준으로 나누었으며, Y 축은 아이들링 시험법에 의한 운행차 허용기준에 따라 휘발유 승용차는 CO 1.2 %, HC 220 ppm, LPG 택시는 CO 1.2 %, HC 400 ppm 을 기준으로 나누었다.

휘발유 승용차는 CO의 경우 그림 3에서 보는 바와 같이 시험 자동차 94대중 65대 (57대 + 8대)가 CVS-75 시험법에 의한 제작차 배출허용기준을 초과했으나 아이들링 시험법에 의한 운행차 배출허용기준을 초과한 것은 12.3 %인 8대에 불과했으며, HC도 시험 자동차 94대중 44대(37대 + 7대)가 CVS-75 시험법에 의한 허용기준을 초과했으나 아이들링 시험법에 의한 허용기준을 초과한 것은 15.9 %인 7대에 불과했다.

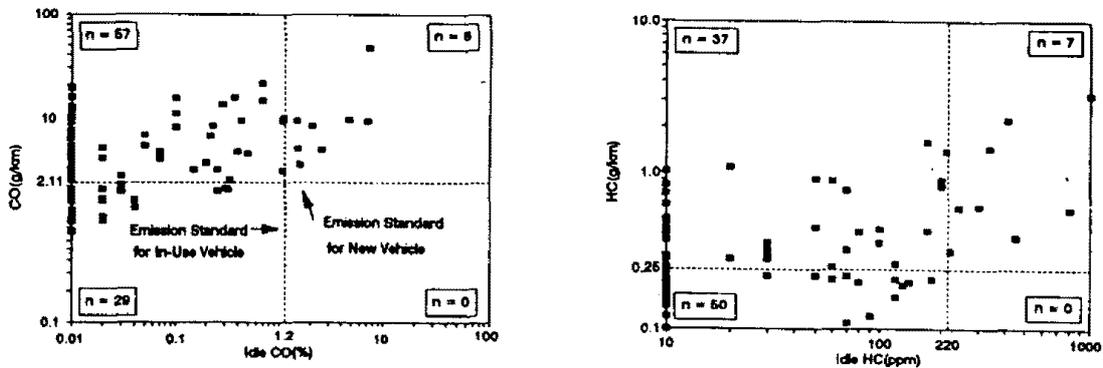


Fig.3 Correlation between CVS-75 and Idling test method of gasoline vehicles

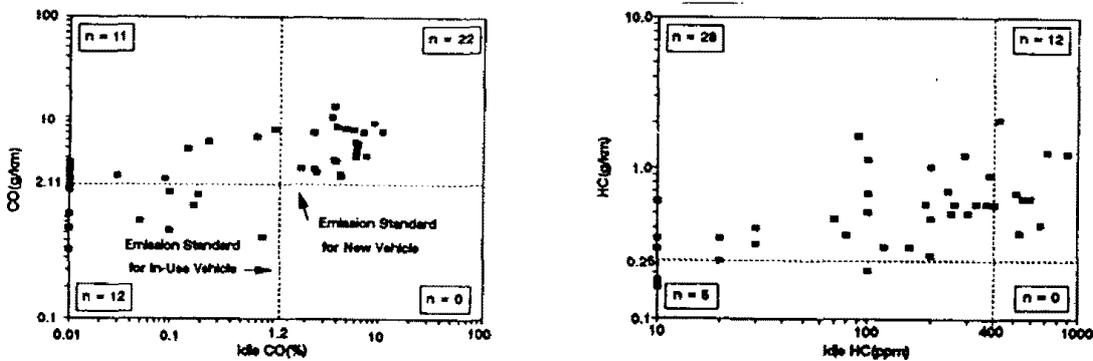


Fig.4 Correlation between CVS-75 and Idling test method of LPG vehicles

LPG 택시는 CO의 경우 그림 4에서 보는 바와 같이 시험자동차 45대중 33대(11대 + 22대)가 CVS-75 시험법에 의한 허용기준을 초과했으나 아이들링 시험법에 의한 허용기준을 초과한것은 66.7 %인 22대였으며 HC는 시험자동차 45대중 40대(28대 + 12대)가 CVS-75 시험법에 의한 허용기준을 초과했으나 아이들링 시험법에 의한 허용기준을 초과한 것은 30.0 %인 12대에 불과했다.

앞에서 설명한 결과를 토대로 CVS-75 시험법에 의한 배출가스 측정 결과와 아이들링 시험법의 측정결과를 휘발유 승용차, LPG 택시 및 전체 자동차로 구분하여 표 2에 나타내었다.

Table 2 CVS-75 Failures Identified by the Idle Test

Classification		Vehicle Type		Total
		Gasoline	LPG	(Gasoline+LPG)
Sample Size		94	45	139
CO	Failure by CVS-75 a)	65	33	98
	Failure by Idle b)	8	22	30
	b)/a)×100(%)	12.3%	66.7%	30.6%
HC	Failure by CVS-75 c)	44	40	84
	Failure by Idle d)	7	12	19
	d)/c)×100(%)	15.9%	30.0%	22.6%

unit : fleet

표에서 보는 바와같이 CVS-75 시험법에 의해 측정 결과 CO가 배출허용기준을 초과하는 자동차 98대중 아이들링 시험법에 의한 측정 결과에서도 배출허용기준을 초과한 자동차는 30.6 %인 30대였으며, CVS-75 시험법에 의해 측정 결과 HC가 배출허용기준을 초과하는 자동차 84대중 아이들링 시험법에 의한 측정 결과에서도 배출허용기준을 초과한 자동차는 22.6 %인 19대로서 CVS-75 시험법과 아이들링 시험법 사이에는 상관성이 별로 없는 것으로 나타났다.

사용 연료별로는 CVS-75 시험법의 허용기준을 초과한 자동차중 아이들링 시험법에서도 허용기준을 초과한 자동차의 비율은 LPG 택시가 CO 66.7 %, HC 30.0 %로서 휘발유 승용차의 CO 12.3 %, HC 15.9 % 보다 높은 것으로 나타났다. 이와같은 이유는 LPG 택시는 연료공급방식이 모두 기화기식이나 휘발유 승용차는 전체 94대중 38대가 기화기식이고 나머지 56대가 아이들링시 CO 및 HC 농도와 CVS-75 시험법에 의한 CO, HC 배출량과 상관성이 거의 없는 전자제어에 의한 연료분사식이기 때문이라고 본다.

3.2 연료공급방식에 따른 CVS-75 시험법과 아이들링 시험법의 상관성

CVS-75 시험법과 아이들링 시험법의 배출가스 측정결과를 연료공급방식별로 구분하여 표 3에 나타내었다.

Table 3. The number of test vehicles failed by CVS-75 and Idling test according to fuel supply type

unit : fleet

Classification	Fuel Supply Type			
	Fuel Injection		Carburetor	
Sample Size	56		83	
	CO	HC	CO	HC
Failure by CVS-75 (A)	32	18	63	68
Failure by Idle (B)	1	1	29	18
B/A x 100 (%)	3.1	5.6	46.0	26.5

전자식 연료분사장치에 의해 연료를 공급하는 자동차 56대중 제작차 배출허용기준을 초과한 자동차가 운행차 배출허용기준을 초과한 자동차의 비율은 CO 3.1 %, HC 5.6 %로서 거의 대부분의 자동차는 제작차 배출허용기준을 초과하였음에도 불구하고 운행차 배출허용기준에는 적합한 것으로 나타났다.

기화기식으로 연료를 공급하는 자동차 83대중 제작차 배출허용기준을 초과한 자동차가 운행차 배출허용기준을 초과한 자동차의 비율은 CO 46.0%, HC 26.5%였다.

현재 우리나라에서 생산되는 휘발유 승용차의 연료공급방식은 경승용차를 제외하고 모두 전자식 연료분사장치를 장착하고 있으며 일부 승합차 및 LPG 자동차는 기화기식이나 전체 자동차중에서 차지하는 비율이 많지 않다. 그러므로 운행중인 자동차 배출가스의 효율적인 관리를 위해 현재의 아이들링 시험법을 제작차 시험방법과 상관성이 있는 측정방법으로의 개선이 요망된다.

3.3 CVS-75 시험법과 공기과잉율(λ)을 포함한 아이들링 시험법의 상관성

공기과잉율(λ)을 포함한 아이들링 시험법을 현재 우리나라에서 사용하고 있는 아이들링 시험법 및 유럽의 운행차 시험법과 비교해보았다. 유럽에서는 운행차 배출가스 검사시 아이들링 상태에서 CO를 측정하고 2000 rpm 에서 CO 및 공기과잉율을 측정하고 있으며 기준치는 아이들링 상태에서 CO 0.5%, 2000 rpm 상태에서 CO 0.3%, λ 1 ± 0.03 이다.

λ 를 포함한 아이들링 시험법은 기존의 아이들링 시험법에 λ 만을 추가로 측정하였으며, λ 의 허용기준치는 공기과잉율 λ 1 ± 0.10 , λ 1 ± 0.05 , λ 1 ± 0.03 의 3가지로 구분하였다.

표 4에 시험 자동차 86대에 대하여 λ 를 추가로 측정했을때의 측정 결과를 현재 우리나라에서 사용하고 있는 아이들링 시험법과 유럽의 운행차 시험방법의 측정 결과와 비교하여 나타내었다.

표에서 보는바와 같이 시험자동차 86대중 CVS-75 시험법에 의하여 제작차 배출허용기준을 초과한 자동차는 60대로서 이중 아이들링 시험법에 의한 운행차 배출허용기준을 초과한것은 33.3%인 20대였다. 반면에 유럽의 운행차 시험방법은 60대중 62%인 37대, 그리고 공기과잉율을 포함한 아이들링 시험법은 60대중 50-60%인 30-36대로서 유럽의 운행차 시험방법과 공기과잉율을 포함한 아이들링 시험법 모두 현재의 아이들링 시험법보다 CVS-75 시험법에 의한 측정 결과와 상관성이 있는것으로 나타났다.

Table 4. Comparison of Failure Rate Identified by Some Kinds of In-Use Vehicle Test Method

Test Method		Standard		λ	Failure by CVS-75 Test (A)	Failure by In-Use Test (B)	Failure Rate (%) (B/A x 100)
CO	HC						
Korea	Idle	1.2	220	-	60	20	33
			(400)				
EC	Idle	0.5	-	1 ± 0.03	60	37	62
	2000rpm	0.3					
This Study	Idle	1.2	220	1 ± 0.10	60	30	50
			(400)	1 ± 0.05		33	55
				1 ± 0.03		36	60

() : LPG vehicle

운행차 시험방법은 실제 도로에서 주행시 과도한 오염물질을 배출하는 자동차를 선별할수 있는 율이 당연히 커야 바람직하겠지만 이와 더불어 고려해야 할 사항은 실제 도로에서 주행시에 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차는 운행차 시험에 의해서도 적합하여야만 한다.

만일 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차를 운행차 시험방법에 의하여 부적합으로 판정하게 되면 이 자동차를 소유하고 있는 운전자는 공연히 정상적으로 작동하는 자동차를 가지고 수리하기 위하여 경제적, 시간적인 낭비를 하게 되는 것이다.

표 5에 표 4에서 검토한 운행차 시험방법중 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차임에도 불구하고 운행차 시험방법에 의해서 배출가스를 측정했을때에 부적합으로 판정하는 경우는 없는지 알아보았다.

표에서 보는바와 같이 현재 우리나라에서 사용하고 있는 운행차 시험방법인 아이들링 시험법과 공기과잉율의 기준치를 1 ± 0.10 으로 했을때의 2가지 경우에만 CVS-75 시험법에 의한 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차를 모두 운행차 시험방법에 의한 배출허용기준에 적합하다고 판정하는 것으로 나타났으며 유럽의 운행차 시험방법은 26대중 7대, 그리고 공기과잉율을 1 ± 0.05 로 했을때는 26대중 4대, 1 ± 0.03 으로 했을때는 26대중 5대를 제작차 배출허용기준에 적합한 자동차임에도 불구하고 운행차 시험법에 의해서는 배출허용기준을 초과하는 것으로 판정하였다.

Table 5. Comparison of False Failure Rate Identified by Some Kinds of In-Use Vehicle Test Method

Test Method		Standard			Accepted by CVS-75 Test (A)	Failure by In-Use Test (B)	False Failure Rate (%) (B/A x 100)
		CO	HC	λ			
Korea	Idle	1.2	220	-	26	0	0
			(400)				
EC	Idle	0.5	-	1 ± 0.03	26	7	27
	2000rpm	0.3					
This Study	Idle	1.2	220	1 ± 0.10	26	0	0
			(400)	1 ± 0.05		4	15
				1 ± 0.03		5	19

() : LPG vehicle

이와같은 결과로 볼때 여러가지 운행차 시험방법중 CVS-75 시험법과 가장 상관성이 있는 시험법은 λ 의 허용기준을 1 ± 0.10 , 즉 기준에 적합한 것은 $0.90 \leq \lambda \leq 1.10$ 인 것으로 하고, 이 범위를 벗어난 것 $\lambda > 1.10$ 또는 $\lambda < 0.90$ 인 것은 부적합한 것으로 판정하는 경우로 나타났다.

그러나 λ 를 포함한 아이들링 시험법이 CVS-75 시험법에 의해 허용기준을 초과한 자동차 60대중 33.3%인 20대를 찾아낸 기존의 아이들링 시험법보다 CVS-75 시험법과 상관성이 있기는 하지만 표 5에서 보는바와 같이 공기과잉율을 포함한 아이들링 시험법에 의해서도 CVS-75 시험법에 의해 허용기준을 초과한 자동차 60대중 50%인 30대는 찾아내지 못하였다. 이들 찾아내지 못한 자동차의 대부분이 전자식 연료분사장치에 의하여 연료를 공급하는 자동차이며, 또한 우리나라에서 문제가 되고있는 광화학 스모그의 원인물질인 질소산화물(NOx)은 측정할수 없다는 문제점이 있다.

3.4 아이들링 시험법의 문제점과 대책

앞에서 살펴 본바와 같이 현재 우리나라의 운행차 시험법인 아이들링 시험법은 CVS-75 시험법과 상관성이 거의 없으며 λ 를 포함한 아이들링 시험법은 상관성을 높일수 있으나 NOx를 측정할수 없는 등의 문제점을 포함하고 있다.

최근 미국을 비롯한 유럽, 일본에서도 운행차에서 배출되는 오염물질을 저감시키고자 하는 각종 운행차 시험방법의 검토 및 측정방법의 개정이 이루어지고 있다. (Colorado state university, 1993, Noda, 1988, Voss, 1987)

특히 미국에서 1990년에 발표된 대기청정법(Clean Air Act)에 의하면 운행차 시험방법에 보다 개선되고, 보다 포괄적인 시험방법을 사용하도록 규정하고 있으며, 이에 따라 미국 환경보호청(EPA)에서는 전자식 연료분사장치를 장착한 자동차의 검사시에도 효율적인 I/M 240 이라 하는 새로운 운행차 시험방법을 채택하였으며 그림 5에 IM 240의 주행 Cycle을 나타내었다.

IM 240은 차대동력계 위에서 시험 자동차를 운행할때 배출되는 오염물질을 측정한다는 점에서 기존의 운행차 시험 방법과 차이가 있다.

현재 사용되는 대부분의 시험방법은 정지 가동상태에서 배출가스를 측정하도록 되어 있으나 IM 240에서는 실제 도로상에서 주행할때 정지가동, 가속, 정속, 감속등이 되풀이 되는 과정을 대표화한 주행모드를 따라 시험자동차가 차대동력계 위에서 운행될때 배출되는 오염물질을 측정하도록 되어 있어 CVS-75 시험방법과 유사하다.

또한 CVS-75 시험법의 경우 측정시간은 44분이 소요되고 12-36시간의 상온 주차가 필요한데 비하여 IM 240 시험법은 이보다 훨씬 짧은 240초가 소요되며 상온 주차가 필요치 않은 반면 CVS-75 시험법에 의한 배출가스 측정 결과와 상관성이 높아 운행차 시험법으로서 효율적인 방법으로 알려져 있다.

따라서 실제 도로에서 주행시에 오염물질을 과도하게 배출하는 자동차를 찾아내어 정비등을 통한 운행차 배출가스 관리를 위해서는 우리나라도 장기적으로는 CVS-75 시험법과 상관성이 높을뿐만 아니라 광화학 스모그의 원인 물질인 질소산화물(NOx)도 측정할수 있는 IM 240 시험법을 운행차 시험방법으로 채택하는 것이 바람직하리라 사료된다.

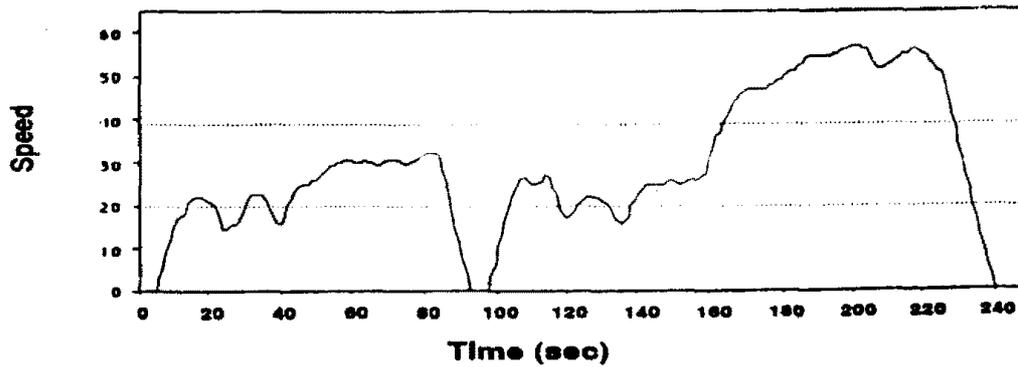


Fig.5 Driving cycle for IM 240 test procedure

IV. 결론

실제 도로에서 운행중인 자동차중 휘발유 승용차 94대, LPG 택시 45대 총 139대를 선정하여 제작차 배출가스 시험법인 CVS-75 시험법과 운행차 배출가스 시험법인 아이들링 시험법에 의하여 측정된 결과를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

4.1 CVS-75 시험법에 의해 측정 결과 CO가 배출허용기준을 초과하는 자동차 98대중 아이들링 시험법에 의한 측정 결과에서도 배출허용기준을 초과한 자동차는 30.6 %인 30대였으며, CVS-75 시험법에 의해 측정 결과 HC가 배출허용기준을 초과하는 자동차 84대중 아이들링 시험법에 의한 측정 결과에서도 배출허용기준을 초과한 자동차는 22.6 %인 19대로서 CVS-75 시험법과 아이들링 시험법에 의한 배출가스 측정 결과 사이에는 낮은 상관성을 나타내었다.

4.2 전자식 연료분사장치에 의해 연료를 공급하는 자동차 56대중 제작차 배출허용기준을 초과한 자동차가 운행차 배출허용기준을 초과한 자동차는 CO 32대, HC 18대 이며, 운행차 배출가스 허용기준을 초과한 자동차는 CO 및 HC가 각각 1대로서 CO 3.1 %, HC 5.6 % 를 나타내 상관성이 아주 낮았다.

기화기식에 의해 연료를 공급하는 자동차 83대중 제작차 배출허용기준을 초과한 자동차는 CO 63대, HC 68대이며 운행차 배출허용기준을 초과한 자동차는 CO 29대, HC 18대로서 CO 46.0 %, HC 26.5 % 를 나타내 전자제어에 의해 연료를 분사하는 자동차에 비하여 비교적 상관성이 높게 나타났다.

4.3 공기과잉율(λ)을 포함한 아이들링 시험법은 아이들링 시험법보다는 CVS-75 시험법과 상관성이 좋으나 우리나라에서 문제가 되고 있는 광화학 스모그의 원인물질인 질소산화물(NOx)을 측정할수 없다는 문제점이 있다.

4.4 실제 도로에서 주행시에 오염물질을 과도하게 배출하는 자동차를 찾아내어 정비등을 실시함으로써 운행차에서 배출되는 오염물질을 저감시키기 위해서는 장기적으로 CVS-75 시험법과 상관성이 높을뿐만 아니라 광화학 스모그의 원인 물질인 질소산화물(NOx)도 측정할수 있는 IM 240 시험법을 운행차 시험방법으로 채택하는 것이 바람직하다고 사료된다.

참고문헌

조강래등(1991-1993), 촉매부착 자동차의 배출가스 방지장치 성능 평가연구 (I, II, III)

Armstrong, J. et al.(1987), Inspection/Maintenance in the 1990's

Colorado state university (1993), Understanding Transient Driving Tests and their Implications on I/M Programs

Haskew, H.M, et al.(1987), I/M Effectiveness with Today's Closed Loop System

Noda, A. et al.(1988), Efficiency Improvement Techniques for Evaluation Methods on Exhaust Emission Control System

Voss, H.J. et al.(1987), Periodic Inspection of Exhaust Emissions from Low Pollutive Otto Engine Vehicles and Diesel Engine Vehicles