

자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산출에 관한 연구

A Study on the Estimation of Emission Factors and Emission Rates for Motor Vehicles

조 강 래·엄 명 도·김 중 춘·홍 유 덕
김 중 규·한 영 출¹⁾

국립환경연구원 자동차공해연구소

¹⁾국민대학교 기계공학과

(원고접수: 1993. 2. 24)

Kang-Rae Cho, Myong-Do Eom, Chong-Chun Kim, You-Deog Hong
Chong-Kyu Kim and Yung-Chul Han¹⁾

Motor Vehicle Emission Lab., National Institute of Environmental Research

¹⁾Dept. of Mechanical Engineering, Kook Min University

(Received 24 february 1993)

Abstract

Exhaust emissions are calculated as a product of the emission factor and the vehicle kilometer traveled(VKT). The emission factor is a function of several parameters such as vehicle model year, vehicle mileage, traffic conditions, etc.

The representative driving cycles classified as ten different types of an average vehicle speed were selected by analyzing passenger car driving patterns in Seoul.

51 vehicles were sampled and analyzed by types of vehicles, fuels used, model years and vehicle mileages also, exhaust emissions of them were measured by chassis dynamometer. Regression equations between average vehicle speeds and exhaust emissions are made for the estimation of emission factors at different vehicle speeds.

Annual emission rates of air pollutants from motor vehicles in Korea were 1116×10^3 ton, 149×10^3 ton, 413×10^3 ton and 67×10^3 ton for CO, HC, NOx and particulates, respectively in 1990.

It was found that 56% of CO and 49% of HC were originated from passenger cars and taxis, in addition, 87% of NOx and 100% of particulates were from buses and trucks using diesel fuels.

1. 서 론

오늘날 자동차는 도시대기오염의 주범으로 알려져 있으며 자동차 배출가스에 의한 대기오염을 방지하기 위한 여러 가지 대책이 강구되고 있다. 즉 자동차 배출가스 허용기준을 강화하고 제작차는 물론 운행차의 배출가스를 관리하고 있으며 연료의

품질규제와 교통관리대책 등을 추진하고 있다.

이러한 자동차 배출가스 관련 대책을 효율적으로 추진하기 위해서는 자동차로부터 배출되는 오염물질량을 정확히 파악하는 것이 무엇보다 중요하다.

자동차에서 배출되는 오염물질량은 배출가스 규제와 관련된 생산년도, 자동차의 사용기간, 평균차속과 같은 교통조건, 엔진의 온도, 환경조건, 년간

자동차 주행거리 및 자동차 보유대수에 따라 다르므로 정확한 오염물질량을 파악하는 것은 쉽지 않으나 미국 환경보호처(1989)에서는 자동차에 의한 오염물질 배출계수(원단위) 및 오염물질 배출량을 계산하기 위한 모델을 개발하고 계속 수정·보완하여 사용하고 있다. 또한 일본에서도 동경도(1982)를 비롯하여 각 도시별로 자동차 배출가스량을 산출하기 위한 조사연구를 오래전부터 실시하고 있으며 Hass et al(1967)은 미국 캘리포니아주에서 Watson et al(1985)은 오스트랄리아 멜보른시에서 조사연구를 실시한 바 있다.

우리나라는 저자 등(1987)이 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량을 조사연구한 바 있다. 여기서는 승용차, 승합차(12인승 이하) 및 소형트럭(차량 총중량 3톤 이하)을 대상으로 실측조사하여 산출한 오염물질 배출계수의 산출방법 및 그 결과에 대하여 기술하고 저자 등(1989, 1990)이 조사한 결과를 활용하여 자동차의 오염물질 배출량을 산출하여 소개하고자 한다.

2. 실험방법

2.1 대표 주행사이클 선정방법

자동차로부터 배출되는 오염물질은 자동차의 주행조건 즉 평균속도, 정지가동, 가속, 정속 및 감속의 상태와 도로조건 및 기후조건에 따라 상이하다(CARB, 1980). 그러므로 도로를 운행중인 자동차의 오염물질 배출량을 정확히 산출하기 위해서는 대상도시의 자동차 주행조건을 측정분석하여 대표 주행사이클을 선정하고 이 주행사이클에 의하여 자동차 배출가스를 측정하여 차종별, 주행조건별 오염물질 배출량을 산출하여야 한다.

본 연구에서는 서울의 주요 간선도로인 10개 노선을 선정하여 1989년 6월 2일~6월 10일(9일간), 10월 16일~10월 28일(13일간) 총 22일간에 걸쳐 교통혼잡 시간대(오전 8~9시, 오후 6~8시)와 비혼잡시간대로 나누어 각 노선의 주행상태를 측정하였다.

실험방법은 1500cc급 소형승용차에 차속(RP432-300P/R), 엔진회전수(IP-295), 연료소비량(FT-214)을 측정할 수 있는 주행패턴 측정기(ONOSOKKI제)와 데이터 기록장치(RTP-501, ONOSOKKI제)를 탑재하고 선정된 주행노선을 반복 주행하면서 주행패턴을 측정 기록하였다.

자기테이프에 기록된 주행패턴 측정데이터는 주행패턴 데이터 해석장치에 의해 360초~900초 간격으로 구분하여 평균차속, 4모드 시간비율(정지가

동, 가속, 정속, 감속), 가속률과 감속률, 연료소비를 산출하였다.

자동차 평균차속의 변화에 따른 오염물질 배출량을 산출하기 위해서는 차속과 오염물질 배출량과의 상관식을 산출할 필요가 있으므로 본 연구에서는 芳住邦雄 등(1979)이 일본 동경을 대상으로 조사한 바와 같이 평균차속별로 10개의 대표 주행사이클을 주행패턴 분석결과로부터 선정하였다.

2.2 배출가스 실험방법

시험자동차를 사시동력계(DC-80, Clayton사) 상에서 선정된 주행사이클로 운전하면서 배출가스를 정용적 시료채취장치(CVS; ACS사)로 채취하여 배출가스 분석장치(ACS사)로 분석하였다.

일산화탄소(CO) 및 탄산가스(CO₂)는 비분산적의 선 분석기(NDIR), 질소산화물(NO_x)은 화학발광 분석기(CLD), 탄화수소(HC)는 불꽃이온화검출기(FID)로 분석하였으며 경유자동차의 탄화수소는 가열불꽃이온화 검출기(HFID)로 분석하였다.

경유자동차의 입자상물질은 희석터널을 이용하여 배출가스를 일정비율로 희석시키고 배출가스 온도를 50℃ 정도로 유지하면서 47mm 불소수지 코팅된 유리여과지로 포집하였다. 기타 자세한 배출가스 분석법은 환경처 고시 제 92-29호(1992)에 의하였다.

2.3 시험자동차

시험자동차는 유연휘발유를 사용하는 승용차(87년 7월 이전 모델) 3종 9대, 삼원촉매장치가 부착된 무연휘발유 승용차(87년 7월 이후 모델) 6종 18대, LPG 택시 3종 9대, 디젤 승합차(12인승 이하) 3종 9대, 디젤트럭(적재량 1톤) 2종 6대 총 17종 51대를 선정하였다.

2.4 배출계수 산출방법

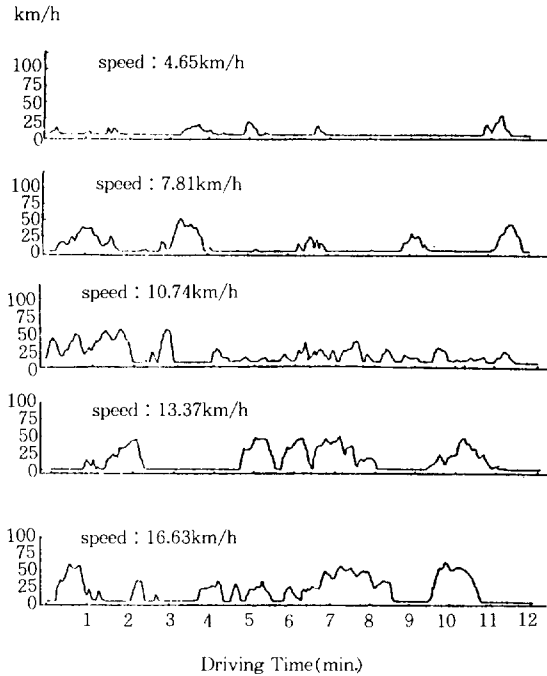
평균차속별로 10단계로 구분한 대표주행사이클에 의해 시험자동차를 사시동력계에서 운전하면서 자동차 배출가스를 측정 분석하여 평균차속과 오염물질 배출량과의 상관식을 구하였다. 이 상관식에 따라 해당년도에 있어서 해당지역의 평균차속을 적용하여 차종별, 연식별 오염물질 배출계수를 산출할 수 있다.

본 연구에서는 휘발유 승용차, LPG 택시, 소형버스 및 소형트럭으로 구분하여 CO, HC, NO_x 및 입자상물질 배출계수를 산출하였으며 휘발유 자동차에 있어서는 현재 삼원촉매장치가 부착된 무연휘발유 사용자자동차와 삼원촉매장치가 부착되지 않은 기존의 유연휘발유 자동차가 운행되고 있기 때문에

분리하여 배출계수를 산출하였다.

2.5 오염물질 배출량 계산방법

자동차에 의한 오염물질 배출량은 자동차의 등록 대수, 자동차 일일 주행거리 및 배출계수를 곱하여 계산하였다.



3. 결과 및 고찰

3.1 대표주행사이클

서울의 간선도로에서 측정된 주행패턴 측정자료 해석결과에 의해 차속별로 선정된 대표주행사이클은 그림 1과 같다.

차속별 대표주행사이클은 배출가스 측정을 위해 사시동력계에서 운전이 용이하도록 전체주행시간을

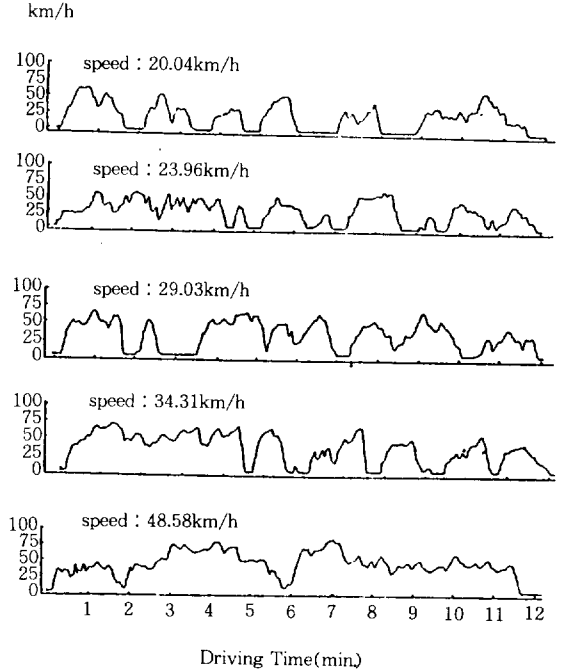


Fig. 1. Representative driving cycle for exhaust emission measurement.

Table 1. Driving pattern analysis for actual driving cycle.

Group No.	Time Elapsed (sec)	Distance (km)	Average Speed (km/hr)	4 Mode Ratio(%)				AC Rate (KPH/sec)	DC Rate (KPH/sec)
				ID*	AC*	DC*	CR*		
1	859	1.10	4.6	82	7	7	4	2.60	-2.57
2	886	1.91	7.8	68	7	7	18	2.00	-2.38
3	874	2.68	11.0	64	16	15	5	4.23	-4.28
4	879	3.41	14.0	52	10	10	28	2.75	-2.99
5	889	4.03	16.3	32	17	16	35	2.83	-2.70
6	865	4.84	20.1	40	24	22	14	3.43	-3.59
7	870	5.85	24.2	40	30	28	2	4.50	-4.85
8	886	7.34	29.8	25	27	22	26	2.64	-3.15
9	878	8.13	33.3	24	32	20	24	2.65	-4.06
10	859	11.26	47.2	11	26	24	39	2.64	-3.05

* ID ; Idling, AC ; Acceleration, DC ; Deceleration, CR ; Cruise

900초 정도로 하였으며 실제로도 주행시 급 가속속은 사시동력계상에서 운전시 추적주행이 가능하도록 수정하였다.

그림 1의 대표주행사이클의 모드분석 결과는 표 1과 같다.

표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 정체가 심한 평균차속 14km/h 이하에서는 정지가동시간이 52%를 넘고 있으며 현재 서울시의 평균차속에 해당하는 20km/h에서는 정지가동 시간이 40%, 정속시간이 14%이나 차량소통이 원활한 상태인 평균차속 47km/h 이상에서는 정지가동시간이 11%, 정속시간이 39%임을 알 수 있다.

3.2 오염물질 배출계수

자동차로부터 배출되는 오염물질량은 자동차의 종류, 사용연료, 규제기준적용 및 누적주행거리뿐만 아니라 자동차의 평균속도에 크게 좌우된다. 그러므로 자동차로부터 배출되는 오염물질 배출량을 산출하기 위한 원단위인 오염물질 배출계수는 사용연료, 규제기준적용 년도 등을 고려하여 가능한 단순하게 차종을 구분하여 산정한다.

본 연구에서는 차종의 구분을 승용차, 택시, 소형버스 및 소형트럭으로 분류하였으며, 승용차는 유연휘발유를 사용하는 '87년 7월 이전 모델과 무연휘발유를 사용하는 '87년 7월 이후 모델로 구분하였다.

그리고 무연휘발유 자동차라 하더라도 촉매장치를 비롯하여 배출가스 방지장치 관련 부품의 성능이 제대로 유지되고 있는 자동차와 그렇지 못한 자동차로 구분하였다. 1989년 이전에 생산된 촉매부착 자동차는 성능보증기간을 6천4백km로 규제하였기 때문에 자동차 제작사에서는 대략 2만-3만km 정도의 배출가스 관련부품의 성능보증을 한 자동차를 시중에 공급하고 있었으므로 시험에 사용한 자동차의 배출가스 측정결과로 볼 때 대부분이 무연휘발유 자동차에서 누적주행거리가 약 3만km(사용기간 1년-1년반 정도) 정도까지는 신규제작차 배출가스 허용기준을 만족시킨다고 볼 수 있으나 그 이상에서는 대부분의 배출가스 허용기준을 초과하여 오염물질을 배출하였으므로 이를 구분하였다.

액화석유가스(LPG)를 연료로 사용하는 택시는 일일주행거리가 330km로서 3개월이면 3만km 정도를 주행하며 1년이면 12만km를 주행하게되므로 신규제작차 배출가스 허용기준을 만족시키는 택시의 구성비가 많지 않을 것으로 보아 '89년 이전 모델과 '90년 이후 모델로 구분하였다.

소형버스 및 소형트럭의 배출계수 산출은 배출가스 규제가 강화되었던 '88년 이후 모델과 '87년 이전 모델로 구분하여 배출계수를 산출하였다.

1990년도의 서울지역의 차종별 규제 년식별 구성비는 표 2와 같다.

Table 2. Composition rate of vehicle model year.

Kind of Vehicle	Model Year	Condition of Vehicles	Composition Rate (%)
Passenger Car	Older than 87.7 model	-	30.3
	1987.7 model or later	Meet the new vehicle emission standard	25.0
		Fail the new vehicle emission standard	44.7
LPG Taxi	1988 model or later	Meet the new vehicle emission standard	32.9
		Fail the new vehicle emission standard	67.1
Small Bus (diesel)	88 model or later	-	66.4
	Older than 87 model	-	33.6
Small Truck (diesel)	88 model or later	-	58.0
	Older than 87 model	-	42.0

시험자동차를 사시동력계상에서 차속 및 대표주행사이클로 각각 모드운전하면서 오염물질 배출량을 측정하고 오염물질 배출량과 평균차속과의 상관성을 회귀 상관식에 의하여 산출하였다.

회귀 상관식에 의해 대상년도인 1990년의 서울지역의 평균차속 21.9km/h에서의 차종별 오염물질 배출계수는 표 3과 같다.

1990년도 차종별 규제년식별 자동차 구성비(표 2)와 표 3의 오염물질 배출계수를 이용하여 보다

간단한 오염물질 배출계수를 표 4에 나타내었다.

표 3 및 표 4에서 볼 수 있는 바와 같이 휘발유 승용차에 있어서 기존 자동차는 삼원촉매장치가 부착된 1987.7 이후 모델보다 CO 9.7배, HC 7.4배 및 NOx 3.1배가 더 많이 배출되었으며 삼원촉매장치를 부착한 자동차라 하더라도 정비, 점검상태가 불량하거나 오래 사용하므로써 주행거리가 성능보증기간을 초과하여 주행한 자동차는 정상적인 자동차보다 CO 3.9배, HC 4.8배 및 NOx 3.4배가 더 많이 배출되고 있다.

Table 3. Emission factors for kind of vehicles and model year at 21.9km/h of average vehicle speed.

Kind of Vehicle	Model Year	Condition of Vehicle	COg/km	HCg/km	NOxg/km	Part.g/km
Passenger car (gasoline)	Older than 87.Sept. model	—	31.71	3.35	1.51	0.01
	87.Sept. model or later	Meet the emission standard Fail the emission standard	1.14 4.46	0.13 0.63	0.19 0.65	— —
Taxi (LPG)	88 model or later	Meet the emission standard	2.09	0.27	0.52	—
		Fail the emission standard	9.05	1.08	1.25	—
Small Bus (diesel)	Older than 87 model	—	1.38	0.13	1.24	0.33
	88 model or later	—	1.84	0.25	1.71	0.42
Small Truck (diesel)	Older than 87 model	—	1.49	0.15	1.26	0.35
	88 model or later	—	2.61	0.24	1.78	0.50

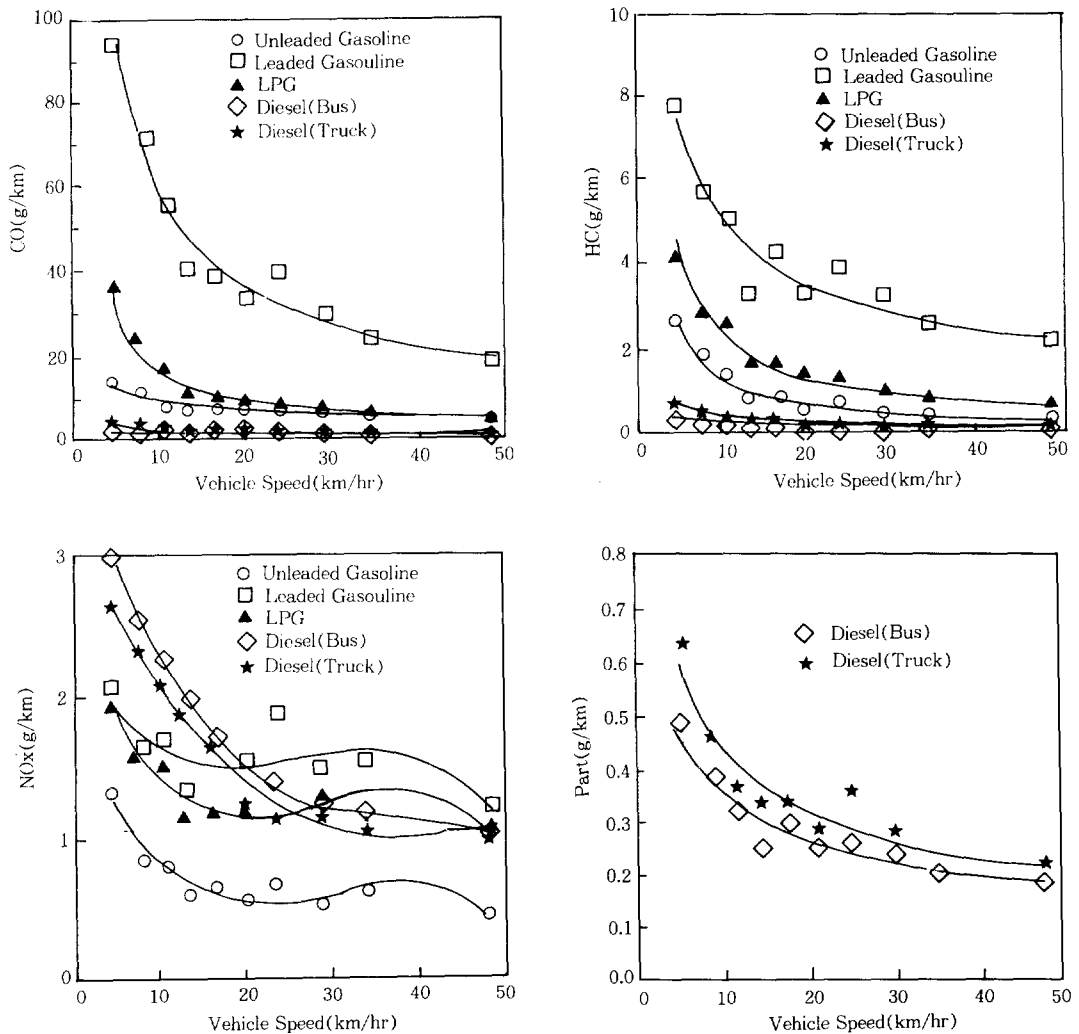


Fig. 2. Relationship between exhaust emission and vehicle speed.

Table 4. Emission factors for kind of vehicles at 21.9km/h of average vehicle speed.

Kind of Vehicle	Emission Factor(g/km)			
	CO	HC*	NOx	Particulate**
Passenger Car	11.89	1.33	0.80	0.01
Older than 87.7 model	31.71	3.35	1.51	0.01
87.7 model or later	3.27	0.45	0.48	—
LPG Taxi	6.76	0.81	1.01	—
Small Bus(diesel)	1.54	0.51	1.40	0.37
Small Truck(diesel)	1.96	0.19	1.48	0.42

* Evaporative HC for passenger car excluded

** Particulate matter for tire wear excluded

Table 6. Emission factors for kind of vehicles.

Kind of Vehicle	CO	HC*	NOx	SO ₂	Particulate**
Passenger Car	11.89	1.33	0.80	0.03	0.01
Leaded	31.71	3.35	1.51	0.03	0.01
Unleaded	3.27	0.45	0.48	0.03	—
LPG Taxi	6.76	0.81	1.01	—	—
Small Bus	1.54	0.15	1.40	0.60	0.37
Medium Bus	2.43	1.09	1.92	0.98	0.76
Heavy-Duty Bus	17.21	2.30	15.53	2.10	2.39
Small Truck	1.96	0.19	1.48	0.60	0.42
Medium Truck	2.43	1.15	1.92	0.98	0.76
Heavy-Duty Truck	18.59	2.42	15.29	2.70	2.52
Motor Cycle	13.00	4.10	0.11	0.01	0.01

* Evaporative HC for passenger car excluded

*Particulate matter for tire wear excluded

Table 5. Regressive equations between exhaust emissions and vehicle speed.

Kind of Vehicle	Fuel	Emissions	Equation =Q	Coefficients			
				a	b	c	d
Passenger Car	Unleaded	CO	aV^b	14.814	-0.3922056		1.87638
		HC	aV^b	11.8404	-0.9212		
		NOx	aV^3+bV^2+cV+d	-6.4611E-5	0.00578	-0.1584	
		FE	aV^2+bV+c	-0.00263	0.376	3.865	
	Leaded	CO	aV^b	271.33	-0.682204		2.388
		HC	aV^b	16.3958	-0.5085		
		NOx	aV^3+bV^2+cV+d	-5.8E-5	0.00474	-0.1149	
		FE	aV^2+bV+c	-0.00323	0.347	2.763	
Taxi	LPG	CO	aV^b	149.254	-0.9229		2.4779
		HC	aV^b	15.9584	-0.8167		
		NOx	aV^3+bV^2+cV+d	-6.641E-5	0.00574	-0.15325	
		FE	aV^2+bV+c	-0.00276	0.362	3.051	
Small Bus	Diesel	CO	aV^b	5.19995	-0.3748		3.81325
		HC	aV^b	0.7756	-0.4936		
		NOx	aV^3+bV^2+cV+d	-4.76E-5	0.0052956	-0.2032	
		Part.	aV^b	0.839189	0.390452		
		FE	$aV^2+bV+cqe$	-0.0026	0.274	4.368	
Small Truck	Diesel	CO	aV^b	22.3933	-0.8352		3.3786
		HC	aV^b	2.65035	-0.8233		
		NOx	aV^3+bV^2+cV+d	-2.8223E-5	0.0038	-0.1658	
		Part.	aV^b	1.1737	-0.441978		
		FE	$aV^2+bV+cqe$	-0.00529	0.41	3.082	

또한 LPG 택시에 있어서는 성능보증기간인 8만 km를 초과 운행하고 있거나 정비상태가 불량한 자동차는 정상적인 자동차보다 CO 4.3배, HC 4.0배 및 NOx 2.4배가 더 많이 배출되고 있음을 알 수 있다. 경유자동차인 소형버스 및 트럭의 일산화탄소 및

탄화수소의 배출계수는 삼원촉매장치 부착 휘발유 자동차의 배출계수와 같은 수준으로서 아주 적게 배출되고 있음을 알 수 있다. 이는 경유자동차의 장점이기도 하다. 즉 경유자동차는 휘발유 자동차에 비하여 산소가 충분한 상태로 운전되며 특히 도시

주행시 교통정체가 자주 일어날 때는 아이들링 시간이 길며 이러한 상태에서는 CO 및 HC가 아주 적게 배출된다. 그러나 경유자동차는 질소산화물과 입자상물질을 많이 배출하고 있다.

표 3 및 표 4에 나타난 입자상물질은 휘발유자동차에 있어서는 납함유량만을 계산하였으며 무연휘발유 및 LPG 자동차에서는 배기관을 통해서 배출되는 입자상물질의 배출량은 없다고 간주하였다.

타이어 마모에 의한 입자상물질 배출량은 한강유역 조사단의 최종 보고서(환경처; 1982)에 의하면 승용차와 소형버스 및 트럭은 0.118g/km, 중형 및 대형버스와 트럭은 0.230g/km, 이륜자동차는 0.056g/km로 제시하고 있으나 여기서는 이용하지 않았다. 탄화수소는 배기관을 통해서 배출되는 오염물질 이외에 블로바이가스과 증발가스에 의해서도 배출되지만 블로바이가스 대책은 1980년부터, 증발가스 대책은 1987년 7월부터 적용하고 있기 때문에 여기서는 고려하지 않았다.

표 4의 배출계수는 1990년도의 차종별, 배출가스 규제년도별 차종구성비와 평균차속 21.9km/h에 대한 배출계수이므로 자동차의 계속적 증가로 인한 교통정체에 따른 평균차속의 감소와 차종구성비의 변화에 따른 배출계수 산출이 용이하도록 차종별 배출계수의 회귀 상관식을 표 5에 나타내었으며 이 회귀식에 의한 차속별 오염물질 배출계수를 그림 2에 나타내었다.

그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 평균차속이 감소하면 오염물질이 급격히 증가하며 이러한 현상은 촉매장치가 부착되어 있지 않은 유연휘발유 자동차에서 심하게 나타남을 알 수 있다. 촉매장치를 부착하고 있는 휘발유 자동차에 있어서는 정체시 오염물질이 엔진으로부터 많이 배출된다 하더라도 촉매장치에서 정화되므로 대기중으로 배출되는 오염물질은 적으나 경유자동차의 CO 및 HC에 있어서는 차속의 감소에도 불구하고 오염물질의 배출이 거의 증가하지 않았다. 이는 경유자동차에 있어서는 정지가동시나 저부하시에 산소가 충분한 상태로 운전되기 때문에 완전연소가 일어나 CO 및 HC의 발생이 아주 적기 때문이다. 그러나 질소산화물 및 입자상물질에 있어서는 평균차속의 감소와 더불어 현저히 증가함을 볼 수 있다.

본 연구에서는 중형 이상의 버스 및 트럭과 이륜자동차에 대해서는 배출계수를 산출하지 않았으나 저자 등(1987)이 보고한 자료를 기초로 하고 1988년 이후 규제강화에 따른 오염물질 저감효과를 고려하여(조강래 등; 1990) 표 6과 같이 다소 수정하여 사용하였으며 이 자료는 전체 자동차에 의한 배출량 계산에 사용하였다.

3.3 오염물질 배출량

자동차에 의한 오염물질 배출량 산출은 자동차의

Table 7. Registered number of vehicles, driving distance and vehicle kilometer traveled(VKT) in 1990.

Kind of Vehicle	Number of Vehicle		Driving Distance (km/day)	VKT(x10 ⁴ Veh.km/day)		
	Korea	Seoul		Korea	Seoul	
Passenger Car	1,875,943	815,433	62.4	117,058.8	50,883.0	
Taxi	159,082	55,366	330.5	52,576.6	18,298.5	
B U S	Small Bus	337,080	96,612	92.2	31,078.8	8,907.6
	Medium Bus	19,327	4,318	79.9	1,544.2	345.0
	City Bus	24,914	8,452	310.2	7,728.3	2,621.8
	Intercity Bus	10,076	-	326.5	3,289.9	-
	Rental & Tourist	5,923	1,522	230.3	1,364.1	350.5
	Express Bus	2,037	-	581.0	1,183.5	-
	Others	24,278	5,545	79.9	1,939.8	443.0
	Sub Total	423,635	116,449		48,128.5	12,668.0
T R U C K	Small Truck	761,632	171,680	93.7	71,364.9	16,086.4
	Medium Truck	81,595	15,879	127.0	10,362.6	2,016.6
	Heavy Duty Truck	929,161	18,826	213.1	19,800.4	4,011.8
	Sub Total	936,143	206,385		101,527.9	22,114.9
Motor Cycle	1,385,247	194,122	8.0	11,082.0	1,553.0	
Total	4,780,050	1,387,755		330,373.8	105,517.3	

Table 8. Exhaust emission rate by kind of vehicle(1990).

Area	Kind of Vehicle	Exhaust Emission Rate(ton/year)							
		CO		HC		NOx		Particulate	
		ton/year	%	ton/year	%	ton/year	%	ton/year	%
K O R E A	Passenger Car	504259	45	56399	38	33711	8	128	0
	Taxi	129728	11	15544	11	19382	5	0	0
	Bus	118701	11	15535	10	107122	26	18423	28
	Truck	310367	28	44959	30	251966	61	48338	72
	Motor cycle	52584	5	16584	11	455	0	41	0
	Total	1115639	100	149021	100	412686	100	66930	100
S E O U L	Passenger Car	219191	61	24614	55	14641	15	56	0
	Taxi	45149	12	5410	12	6745	7	0	0
	Bus	27108	8	3520	8	24480	25	4316	30
	Truck	63306	17	9208	20	51324	53	10008	70
	Motor cycle	7369	2	2324	5	62	0	5	0
	Total	362123	100	45076	100	97252	100	14385	100

보유대수, 일일주행거리 및 배출계수를 알아야 한다. 여기서는 전국 및 서울의 자동차에 의한 오염물질 배출량을 산출하였다.

표 7에 1990년 전국 및 서울의 차종별 자동차 등록대수와 차종별 일일 총주행거리를 나타내었다.

표 7의 차종별 일일 총주행거리(VKT, Vehicle Kilometer Traveled)는 자동차 등록대수에 차종별 일일주행거리를 곱하여 산출한다. 표 7의 차종별 일일 총주행거리와 표 6의 차종별 오염물질 배출계수를 곱하여 산출한 오염물질 배출량 및 차종별 기여율을 표 8에 나타내었다.

표 8에서 볼 수 있는 바와 같이 1990년 자동차로부터 배출된 오염물질 배출량은 전국에서 1,744천톤(서울 519천톤)이었으며 이들 오염물질중 일산화탄소 1,116천톤(서울 362천톤), 탄화수소 149천톤(서울 45천톤), 질소산화물 413천톤(서울 97천톤), 입자상물질 67천톤(서울 14천톤)의 순으로 배출되고 있으며 전국적으로 볼 때 CO와 HC는 승용차 및 택시가 56%와 49%를 기여하고 있으며 NOx와 입자상물질은 버스 및 트럭이 87%와 100%를 기여하고 있다.

서울에 있어서는 승용차와 택시가 CO와 HC는 73% 및 67%를 배출하고 있어 주요 배출원이며 경유를 사용하는 버스 및 트럭은 CO 및 HC의 기여율은 낮으나 NOx와 입자상 물질은 78% 및 100%를 차지하고 있어 주요 배출원임을 알 수 있다.

4. 결 론

자동차로부터 배출되는 오염물질 배출량은 배출

계수와 자동차 총주행거리(VKT)를 곱하여 산출하며 배출계수는 자동차 생산년도, 주행거리, 배출가스규제 내용 및 주행조건 등에 의해 영향을 받는다. 그러므로 배출계수 산출을 위해서는 먼저 대상지역의 자동차 주행상태를 추정분석하여 대표 주행사이클을 선정하고 이 주행사이클에 의해 선정된 시험자동차의 배출가스를 추정하여야 한다.

본 연구에서는 서울시내 승용차 주행패턴을 추정 분석하여 평균차속에 따라 10개의 대표주행사이클을 선정하고 차종별, 사용연료별, 규제년도별 및 주행거리별로 51대의 시험자동차를 선정하여 10개의 대표주행사이클에 의해 배출가스를 분석하고 차종별 자동차의 평균차속과 오염물질 배출량과의 상관성을 분석하여 상관식을 도출하였다.

이 상관식에 의해 대상년도의 차종별 오염물질별 배출량을 산출하고 규제년도별, 주행거리별 보유 구성비를 이용하여 차종별 배출계수를 산출하였다. 또한 기존의 자료를 활용하여 전체 자동차의 배출계수를 산정하고 자동차 보유대수 및 일일주행거리를 곱하여 전체 자동차의 오염물질 배출량을 계산한 결과는 다음과 같다.

전국에서 자동차로부터 배출되는 오염물질량은 연간 1,744천톤으로 일산화탄소 1,116천톤, 탄화수소 149천톤, 질소산화물 413천톤 및 입자상물질 67천톤으로서 CO와 HC는 승용차 및 택시가 전체의 56%와 49%를 차지하고 있으며 NOx와 입자상물질은 버스와 트럭이 전체의 87%와 100%를 차지하고 있다.

본 연구에서 산출한 자동차 배출계수는 현재의 여건에서 최선을 다하였으나 대형 경유자동차의 배

출계수는 실측 장비의 미비로 일부 자동차 만을 대상으로 배출가스를 측정하였으며 교통여건을 충분히 고려하였다고는 볼 수 없으므로 앞으로 보다 충실한 연구를 수행하여 한국형 자동차 배출계수가 산출되어야 한다고 사료된다.

참 고 문 헌

조강래등 (1987) 자동차에 의한 오염물질 배출계수 및 배출량 산정에 관한 연구, 한국대기보전학회지 Vol. 3, No. 1, 55-64.

조강래등 (1989) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(I), 이동배출원의 오염물질 부하량 산정을 중심으로, 국립환경연구원보 Vol. 11, 27-52.

조강래등 (1990) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(II), 이동배출원의 오염물질 부하량 산정을 중심으로, 국립환경연구원보 Vol. 12, 55-69.

환경처고시 제 92-292(1992), 제작자동차 배출허용 기준, 소음허용기준의 검사방법 및 절차에 관한 규정, 환경처, 123-171.

환경처(1982) 한강유역 조사단 최종보고서.

芳佳邦雄등 (1979) 自動車排出ガス 關係 調査 研究, 東京都公害研究所報.

東京都環境保全局(1982), 東京都内 自動車 排出 가스 排出量 算出 調査 報告書.

CARB(1980), Procedure and basis for estimating on-road motor vehicle emissions, Technical Services Division Sacramento, California 95812, 399.

Hass et al.(1967) The Influence of Vehicle Operating Variables on Exhaust Emissions, JAPCA, Vol. 17, No. 6, 384-387.

US. EPA (1989) Programmer's Guide to Mobile (Mobile Source Emission Factor Model).

Watson et al. (1985) In-Use Vehicle Survey of Fuel Consumption and Emission on Dynamometer and Road, SAE 850524, 1-25.