

自動車에 의한 汚染物質 排出係數 및 排出量 算定에 관한 研究

Estimation of Emission Factor and Air Pollutant Emissions by Motor Vehicles

趙康來* 金良均* 董宗仁* 嚴明道*

Kang-Rae Cho, Yang-Kyun Kim, Jong-In Dong, Myung-Do Eom

ABSTRACT

Actual driving pattern of each motor vehicle type was measured and analyzed in Seoul area and vehicle emission rate was measured and traffic data were used to estimate vehicular emission factor and motor vehicle-related air pollutant emission.

The analysis of contribution ratio of each vehicle type showed that LPG taxi's took 38.1% of total vehicular CO, gasoline passenger cars 37.5%, therefore, these cars are major sources of CO, gasoline passenger cars took 45.4% of total vehicular HC, motorcycles 25.3%, LPG taxi's 16.2%, so motorcycles can be said to play an important role in HC emission. For NOx, buses and trucks were thought to be major sources as buses took 36.8% and truck 26.4%.

Diesel vehicles, on the other hand, took most SO₂ and particulate matter emission.

Total emission from motor vehicles in Seoul was estimated to be 547 t/day of CO, 68t/day of HC, 163t/day of NOx, 18t/day of SO₂ and 19t/day of paticulate matter.

1. 緒 論

最近 自動車の 急激한 增加는 都心에서의 交通滯症을 誘發하고 있을 뿐만 아니라 排出가스에 의한 光化學스모그 (Photochemical Smog) 現象, 디젤自動車 煤煙에 의한 浮遊粉塵 등은 大氣質을 크게 惡化시키고 있기 때문에 이에 대한 低減對策이 切실히 要望되고 있다.

1980年 自動車排出가스 規制가 실시된 이래 몇차례에 걸쳐 規制強化와 追加規制가 실시되어 왔으며 1987.7.1부터는 휘발유자동차의 排出가스 規制가 美國과 같은 先進國 水準으로 強化되는

등 本格的인 低減對策이 추진되고 있으나 약 50%의 保有比率를 갖고 있는 디젤自動車の 排出가스 規制強化 등 앞으로 低減對策이 계속 추진되어야 한다.

自動車 排出가스 許容基準의 段階的 強化를 위해서는 自動車로부터 排出되는 汚染物質 排出量을 算出하고, 固定排出源 資料, 氣象資料 및 大氣汚染度 實測資料 등을 活用하여 大氣擴散모델에 의한 大氣汚染度를 豫測計算하고 이를 環境目標値와 比較檢討하여 排出許容量을 計算하므로서 車種別 排出가스 許容基準이 設定되어야 한다.

自動車로부터 排出되는 汚染物質 排出量은 自

*國立環境研究院 大氣研究部 Air Quality Research Department, National Institute of Environmental Research.

動車의 種類, 使用燃料 및 走行條件에 따라 相異하므로 實際 排出되는 汚染物質量을 把握하기 위해서는 車種別 實走行패턴을 測定하고 이 走行패턴에 의해 自動車를 運轉하여 車種別 排出가스량을 分析하고 아울러 走行패턴과 排出가스량의 相關分析에 의하여 車種別 排出係數를 구하고 交通量資料 등을 利用하여 自動車의 汚染物質 排出量을 구하여야 한다.

本 調査研究에서는 大氣汚染이 가장 문제시되고 있는 서울지역의 車種別 走行패턴을 實測하고 주요 車種에 대한 排出가스량을 測定하여 車種別 排出係數 및 排出量을 算出하였다.

2. 內容 및 方法

2.1 走行패턴 調査方法

自動車 走行패턴 調査를 위한 走行道路는 地域內的 自動車 走行狀態를 대표할 수 있는 道路를 선정하여야 한다.

본 조사에서는 서울의 주요 간선도로를 대상으로 하였으며 車種別 走行道路의 選定을 車輛의 運行特性을 고려하여 달리하였다. 즉 휘발유승용차와 디젤승합차는 9개의 방사선도로와 강변로를 포함한 3개의 순환도로를 선정하였고 디젤트럭은 도심을 除外한 제 2, 제 3 순환로와 강변로 및 4개의 방사선도로를 선정하였다.

그리고 시내버스는 전체의 서울지역을 대표하도록 6개의 버스路線을 선정하여 走行道路로 하였다.

2.1.2 試驗自動車

走行패턴測定에 使用한 自動車는 市中에서 많이 운행되고 있는 車種을 代表車種으로 다음과 같이 선정하였다. 즉 휘발유승용차로는 포니 II (排氣量 1439cc), 디젤승합차는 봉고 (排氣量 2,209cc, S2 엔진), 디젤트럭은 타이탄 (排氣量 2,977cc, HA 엔진)을 그리고 시내버스는 D 0846 HM (排氣量 7,255cc) 엔진을 장착한 43 인승 觀光버스를 使用하였다.

2.1.3 走行패턴 測定 및 解析

1) 走行패턴 測定 및 記錄裝置

試驗自動車에 車速, 엔진回轉數, 吸氣매니포

울드負壓 및 드로틀角度, 燃料消費量을 測定할 수 있는 走行패턴測定器를 裝着하고 走行道路를 走行하면서 走行資料를 記錄裝置에 記錄하였다.

車速은 試驗自動車의 스피드미터케이블에 펄스발생기 (ONOSOKKI 제, RP432-300P/R)를 연결하여 발생하는 주파수를 電壓으로 變換시켰으며 휘발유승용차의 엔진回轉數는 엔진의 스파이크펄스기 (ONOSOKKI 제, IP-295)를 이용하고 디젤자동차의 엔진回轉數는 엔진의 크랭크 축폴리에 한 개의 돌출부를 갖는 金物을 제작, 부착하고 돌출부끝에서 3~4 mm 떨어진 곳에 電子式回轉檢出器 (ONOSOKKI 제, MP-910)을 設置하여 測定하였다.

매니포울드負壓은 吸氣매니포울드에 호스를 直接연결하여 測定하고, 드로틀開度는 드로틀開度檢出器 (ONOSOKKI 제, TC-001)에 의해 測定하였다. 그리고 디젤自動車의 엔진부하는 直接測定할 수 없으므로 運轉中の 燃料분사펌프저어택의 위치를 드로틀개도검출기로 測定하고 같은 種類의 엔진을 實驗室의 엔진動力計에서 運轉하여 드로틀開도와 負荷와의 관계에 의해 엔진의 負荷를 算出하였다. 이들 資料는 Data Corder (Kyowa 제, RTP-501A/AL) 테이프에 하나로 그 신호를 기록하고 實驗室에서 재생 Digital 資料로 變換後 使用하였다.

2) 走行패턴 測定

휘발유승용차의 走行패턴測定은 운전원, 기기조작원을 포함 3명이 승차하여 選定된 走行路를 走行하면서 주행패턴데이터를 測定하였으며 디젤自動車에 있어서는 운전원과 기기조작원 以外에 自動車積載量의 2/3 荷重이 되도록 모래주머니를 積載하여 走行하였다.

走行時는 可能한 제반 交通法規를 遵守하였으나 車速은 다른 車의 흐름에 따라 走行하였다. 그리고 시내버스의 走行패턴測定은 동일엔진을 탑재한 觀光버스에 走行패턴測定器를 裝着하여 走行路線의 노선버스를 추적주행하였다.

3) 走行패턴 데이터解析

Data Corder 에 기록된 데이터는 아날로그데이터이므로 走行패턴解析을 위해서 아날로그신호를 0.2 초 간격으로 읽어 디지털데이터로 變換시킨후 이들 데이터를 1 초마다 平均하여 平均

값을 저장토록하고 약 20 분간 데이터를 샘플링 한 후 데이터를 디스크에 보관 또는 프린터에 기록되도록 하였으며 프린터에 기록된 데이터와 리니어코더에 재생시킨 아날로그데이터를 이용하여 최소자승법에 의해 디스크에 보관된 샘플링 데이터를 修正하여 다음 데이터 해석시 사용토록 프로그래밍하였다.

走行패턴 데이터解析은 走行速度에 관한 사항으로서 ① 平均車速 ② 아이들링, 加速, 定速, 및 減速모드의 走行時間比率 ③ 加速度 및 減速度率을 分析하였으며 ④ 디젤自動車에 있어서는 엔진의 回轉速度와 負荷率分布를 알아보기 위하여 엔진回轉速度-負荷率matrix를 分析하였다.

모드의 정의는 아이들링은 車速이 5km/h 이하인 狀態이며 定速은 單位時間當 車速의 變化率이 1.5km/h 이하 즉 $|\Delta V| \leq 1.5 \text{ km/h/s}$ 인 狀態가 4 초이상 계속되는 狀態이고, 加速 및 減速은 單位時間當 즉, 1 초당 車速變化가 1.5km/h 이상인 狀態로 정의하였다.

2.2 交通量 調査方法

交通量(台·km/h)을 推計하는 方法은 ①交通量(台/時) 調査結果를 利用하는 方法, ② OD 表를 기초로 한 交通量配分시뮬레이션에 의한 方法, ③ 航空寫眞에 의한 方法이 있으나^{1),2)} 본 연구에서는 ①의 方法에 의하여 交通量(台·km/時)를 算出하였다. 이 方法은 交通量을 算出하는데 가장 기본이 되는 方法으로서 車種別, 時間帶別로 測定한 交通量(台/時)에 그 測定値를 代表하는 道路延長距離(km)를 곱하여 대상도로의 走行台·km/時를 구한다. 여기서 使用한 交通量資料는 서울市 및 交通部에서 調査한 資料³⁾⁻⁶⁾를 본 研究目的에 맞도록 정리하여 使用하였다.

2.3 排出가스 測定

2.3.1 實驗自動車

自動車の 排出가스 測定을 위한 實驗車의 選定은 現在 운행되고 있는 自動車の 保有台數比率 등을 고려하여 휘발유자동차 10 대, LPG택시 3 대, 시내버스 2 대, 트럭 2 대 및 디젤소형승합차 2 대를 선정하였으며 車種別 排氣量, 走行

距離 및 生産年度를 表 1에 나타내었다.

Table 1. Exhaust Emission Test Cars

No.	Test Cars	Displacement (cc)	Millage (km)	Model Year
1	Pony I	1238	125,684	'78
2	Pony II	1200	86,498	'83
3	Pony II	1439	8,420	'84
4	Stellar	1439	64,896	'83
5	Stellar	1439	26,883	'84
6	Pony Excel	1500	3,500	'85
7	Maepsy 1.3	1492	76,753	'83
8	Maepsy XQ	1492	40,087	'83
9	Royal XQ	1492	153,831	'83
10	Royal Prince	1897	16,544	'85
11	Pony II LPG	1439	188,800	'83
12	Pony II LPG	1439	69,800	'84
13	Pony II LPG	1439	16,704	'85
14	City bus(D0846 HM E/G)	7255	-	'79
15	City bus(D0846 HM E/G)	7255	-	'83
16	Truck(HA E/G)	2775	-	'79
17	Truck(HA E/G)	2775	-	'85
18	Light-Duty Vehicle(S2 E/G)	2209	-	'82
19	Light-Duty Vehicle(S2 E/G)	2209	-	'85

2.3.2 實驗裝置

휘발유자동차 排出가스 測定을 위해서는 샤시 다이내모미터(Banzai 제, Eddy current dynamometer), 分析器(Horiba 제, MEXA8420), CVS 등을 使用하였으며 디젤自動車の 排出가스는 엔진다이내모미터(Nishishiba 제, NEDD-134H & NEDD-146H), 分析器(Horiba 제, MEXA8120D), 스모크미터(Sokken 제, GSM-2), Stack Sampler(NUTECH2010) 등을 使用하였다.

2.3.3 實驗모드 및 測定方法

휘발유자동차의 實驗모드는 10 모드 및 3.1.1에서 구한 實走行모드를 使用하여 實驗自動車を 샤시다이내모미터상에서 아이들링, 加速, 定

速, 減速狀態로 운전하면서 直接試料 採取法에 의해서 排出가스를 測定하였다.

實驗自動車는 아이들링狀態에서 回轉速度 및 CO濃도를 規定 rpm과 CO濃도로 調整한 후에 試驗하였으며 10 모드 試驗은 CVS 방법에 의하였다.

直接試料採取法에 의해 排出가스分析時 燃料流量을 測定하여 Data Corder에 排出가스 濃도와 함께 記錄하고 프로그램에 의거 각 모드별 排出가스濃도 計算時 이용하였다.

디젤自動車의 實驗모드는 3.1.2에서 구한 實走行모드를 使用하여 實驗用엔진을 엔진다이 나모미터상에서 운전하여 直接試料採取法에 의해 分析하였다.

디젤自動車의 粒子狀物質은 排氣管에 Stack Sampler를 연결하여 等速吸引하면서 粒子狀物質을 유리섬유여과지에 濾過하여 무게를 測定하였다. 이 때 여과지에 粒子狀物質이 포집될 때의 溫度는 50℃정도가 되도록 排氣가스를 냉각시켰다.

2.4 排出係數 및 汚染物質 排出量 算出方法

自動車로부터 排出되는 汚染物質量은 自動車 種類別, 排出가스規制年度別, 車齡別로 相異할 뿐만 아니라 通行條件, 엔진溫度, 大氣溫度 등과 같은 많은 因子에 의하여 相異하므로 汚染物質 排出係數算出時는 可能한 이러한 因子들이 包含될 수 있도록 實走行狀態에서의 排出가스를 測定하고 이들 因子를 고려하여 算出하여야 한다.

미국 EPA에서는 車種을 小型乗用車(light-duty passenger car, LDP), 小型트럭(light-duty truck, LDT), 中型트럭(medium-duty truck, MDT), 大型揮發油車(heavy-duty gasoline fueled vehicle, HDG), 大型디젤車(heavy-duty diesel fueled vehicle, HDD) 및 二輪自動車(motor cycle)로 구분하여 汚染物質別 排出係數를 구하고 있다.

排出係數算出時는 새차의 汚染物質 排出量, 10,000mile 당 劣化率(deterioration rate), 累積走行距離(millage), 車種別, 모델年度別 走行距離 重量係數(travel weighing factor), Cold Start와 Hot Start比率, 車速, 운전모드 등의 因子를 測定 또는 計算하여 適用하고 있

다.^{7),8),9)} 또한 日本에서의 排出係數算出은 車種別, 모델年度別로 試驗車輛을 選定하여 實走行패턴調査를 實施하여 平均車速과 走行모드를 解析하고 같은 車種에 대해 샤시다이 나모미터 상에서 排出가스를 測定하여 自動車排出가스 原單位 表를 작성한 후 代表走行路線別 排出가스량을 求하고 平均車速과 排出가스량과의 回歸分析에 의하여 排出係數를 算出하고 있다.^{1),2)} 본 調査研究에서는 여러가지의 資料의 제약때문에 다음과 같은 方法으로 排出係數를 算出하였다.

2.4.1 휘발유自動車 排出係數 算出

實車走行調査에 의한 走行모드解析資料와 샤시다이 나모試驗에 의한 排出가스 測定結果로부터 얻은 排出가스 原單位資料를 使用하여 走行路線別, 모드별 所要時間(T_i, sec)과 모드별 排出가스량($C_i, g/sec$)을 컴퓨터 프로그램에 의해 算出하고 다음식에 의해 路線區間別 排出가스량, 車種別 排出가스량 및 排出係數를 計算하였다.

走行路線別 排出가스량(g/km) = $\sum(C_i \times t_i) / D$
여기서 D 는 路線區間の 走行距離(km)이다.

車種別 排出가스량 = $\sum(\text{走行路線別 排出가스량} \times WF)$

여기서 WF 는 走行路線別 交通量(台· $km/日$)과 全走行路線의 交通量(台· $km/日$)의 比이다.
排出係數(g/km) = $\sum(E_R \times W_f)$

여기서 E_R 은 車種別 排出가스량이며 W_f 는 車種別 保有台數比이다.

2.4.2 디젤自動車 排出係數

디젤自動車 走行패턴 重量係數(表 4 參照)와 實測모드에 의한 汚染物質 排出量 測定資料로부터 다음과 같이 馬力當 排出量($g/b.hp-hr$), 燃料當 排出量(g/kg)을 算出하고 다시 走行距離當 排出量(g/km)을 算出하였다.

$$\text{馬力當 排出量}(g/b.hp-hr) = \frac{\sum G \cdot WF}{\sum L \cdot WF}$$

$$\text{燃料當 排出量}(g/kg) = \frac{\sum G \cdot WF}{\sum F \cdot WF}$$

$$\text{走行距離當 排出量}(g/km) = \text{馬力當 排出量}(g/$$

b.hp-hr) × 總馬力(b.hp)/] / 平均車速(km/h)
 燃料當 排出量(g/kg) × 走行燃料消費量(kg/km)
 여기서

G : 모드별 汚染物質(CO, HC, NOx) 排出量
 (g/h)

L : 모드별 엔진出力(b.hp)

F : 모드별 燃料消費量(kg/h)

WF: 모드별 重量係數(weighing factor)

車種別 排出係數는 다음과 같이 算出하였다.

車種別 排出係數(E_f) = \sum (車種別 汚染物質
 排出量 × 모드별 年度別 重量係數)

2.4.3 SO₂ 및 Pb 排出係數

SO₂ 排出係數는 휘발유 및 경유에 함유되어
 있는 黃含有量과 自動車 燃料消費量으로부터 다
 음과 같이 算出하였다.

SO₂ 排出係數(g/km)

$$= \frac{\text{燃料比重} \times 10^3 \times \text{黃濃度}(\%) / 100 \times 2}{\text{燃料消費量}(km/\ell)}$$

여기서 휘발유의 比重은 0.75, 黃含有量은 평

均 0.03%로 하였으며 輕油의 比重은 0.85, 黃
 含有量은 0.35%로 하여 계산하였다.

휘발유중에 添加한 유기납에 의해 排出되는 납
 의 排出係數는 다음과 같이 算出하였다.

$$\text{Pb 排出係數}(g/km) = \frac{\text{납함유량}(g/\ell) \times 0.75}{\text{燃料消費量}(km/\ell)}$$

여기서 납含有量은 0.3g/ℓ로 하였으며 이 유
 기납이 엔진내에서 燃燒되어 大氣中으로 排出될
 때 약 75%만을 排出하며 나머지는 엔진 및 排
 氣管에 吸着된다고 보았다.¹³⁾

3. 結果 및 考察

3.1 走行패턴

3.1.1 揮發油乘用車 走行패턴

서울시의 휘발유 및 LPG 乘用車의 通行을 代
 表할 수 있도록 15개의 走行路線을 選定하여
 實走行패턴을 測定分析하여 平均車速, 아이들링,
 加速, 減速, 定速모드의 走行時間比率을 算出한
 結果를 表 2에 나타내었다.

Table 2. Driving Pattern Analysis Result for Passenger Car.

Routes	Driving Distance (km)	Driving Time (sec)	Average Vehicle Speed (km/hr)	Percentage Time Spent in 4Mode (%)			
				ID	AC	DC	CR
R-1 (광화문-상봉동)	21.31	3,775	20.3	33.8	29.9	25.9	10.5
R-2 (광화문-건 동)	34.63	4,119	30.3	35.3	22.7	21.4	20.6
R-3 (재 동-역삼동)	22.58	3,256	25.0	39.3	24.9	23.2	12.7
R-4 (안국동-청담동)	28.28	3,314	30.7	23.3	28.6	24.6	23.6
R-5 (중앙청-시 흥)	42.29	3,874	39.3	17.6	31.2	26.9	24.3
R-6 (광화문-오류동)	31.29	4,356	25.9	26.2	28.9	24.3	20.7
R-7 (중앙청-김 포)	36.93	2,744	47.9	10.7	31.8	30.1	27.5
R-8 (서대 문-구과발)	16.34	1,589	37.0	16.4	32.6	26.4	24.6
R-9 (창 동-퇴계 5)	35.39	4,242	30.0	26.6	32.4	29.3	11.8
C-1 (중 로-을지로)	14.96	3,413	15.8	38.8	29.8	25.7	5.9
C-2 (퇴계로-울곡로)	24.37	2,809	31.2	23.3	30.6	30.1	16.0
C-3 (제 2 순 환 로)	57.81	7,675	27.1	27.8	27.1	24.8	20.2
C-4-1 (강 번 로)	78.51	8,295	34.1	31.4	28.5	24.7	15.4
C-4-2 (강 남 로)	73.37	6,936	38.1	15.8	26.0	25.0	34.1
C-5 (김 포-천호동)	81.9	7,136	41.3	23.1	30.9	26.0	20.0
Average	624.33	70,372	31.9	26.0	29.1	25.9	19.2

※ ID: Idling, AC: Acceleration, DC: Deceleration, CR: Cruise.

Table 3. Driving Pattern Analysis of City Bus, Light Duty Diesel Vehicle and Diesel Truck in Seoul.

Kinds of Vehicle	Vehicle Speed (km/h)	Percentage Time Spent in 4 Mode (%)				Acceleration Rate KPH/sec	Deceleration Rate KPH/sec
		I C	AC	CR	DC		
City Bus	20.4	27.4	23.8	31.3	17.6	2.03	-2.75
Light Duty Vehicle	25.9	29.7	19.2	36.0	15.1	2.30	-2.78
Truck	27.4	25.5	20.3	37.8	16.3	2.03	-2.75

表 2에서 볼 수 있는 바와 같이 서울시의 평균車速은 31.9km/h로서 전체적으로는 비교적 소동이 잘되는 편이며 路線別로는 中央廳 → 金浦路線의 車速이 제일높아 47.9km/h이며 종로-을지로를 포함한 도심지가 15.8km/h로서 交通混雜이 심함을 볼 수 있다.

서울시의 평균車速 31.9km/h는 일본의 東京都를 중심으로 개발한 10 모드¹⁰⁾의 평균車速 17.7km/h, 유럽경제공동체의 주행모드인 ECE-15 모드¹¹⁾의 평균車速 19.0km/h에 비하면 높은 편이며 美國의 로스앤젤레스시를 중심으로 개발한 LA-4 모드¹²⁾의 평균車速 34.1km/h에 비하면 낮은 편이다.

휘발유 및 LPG自動車の 排出係數算出을 위한 走行모드解析資料를 確保하기 위하여 각 走行路線別, 모드別(64 모드) 所要時間을 算出하였다.

走行모드는 아이들링, 定速(10~70km/h), 停止加速(0→10~0→70km/h), 途中加速(10→10~60→70km/h까지 21 단계), 停止減速(10→0~70→0km/h), 途中減速(20→10~70→60km/h까지 21 단계) 등 모두 64모드를 선정하여 각 모드에서 운전하는 時間比率을 각 走行路線別 排出가스量 算出時 入力資料로 使用하였다.

3.1.2 디젤自動車 走行패턴

시내버스, 트럭 및 디젤 小型乘合車의 서울 시내주행에 있어서 평균車速, 아이들링, 가속, 정속, 감속의 4 모드時間比率을 測定하여 表 3에 나타내었다.

表 3에서 볼 수 있는 바와 같이 시내버스의 평

均車速은 20.4 km/h, 트럭의 평균車速은 27.4 km/h이며 小型乘合車의 평균車速은 25.9km/h로서 시내버스의 평균車速이 제일 낮으며 휘발유 자동차의 평균車速 31.9 km/h에 비하여 디젤自動車の 평균車速이 전체적으로 낮음을 알 수 있다.

디젤자동차의 實走行狀態에서 汚染物質 排出量測定 및 排出係數算出을 위하여 디젤自動車엔진의 運轉狀態인 엔진回轉速度와 엔진負荷關係를 解析하고 각 모드에서 운전되고 있는 時間比率을 구하여 重量係數로 하여 表 4에 나타내었다.

表 4에서 볼 수 있는 바와 같이 시내버스는 아이들링, 中速, 高負荷에서 많이 運轉되고 있으나 小型乘合車는 아이들링 및 中速, 中負荷에서 운전되고 있는 狀態가 많으며 高速, 高負荷에서 운전되고 있는 경우는 적음을 알 수 있다.

3.2 交通量

휘발유자동차의 走行路線에 대한 1日交通量(台·km/h)을 算出하였으며 1985年末 現在 서울시의 車種別 走行距離(台·km/h) 및 燃料使用量(ℓ/日)을 算出하여 表 5에 나타내었다.

表 5에서 볼 수 있는 바와 같이 서울시의 全體自動車 通行量은 36,799 × 10³ 台·km/h이며 이중 일반승용차 31.8%, 택시 30%, 트럭 24% 및 버스 13.9%를 차지하고 있다. 그러나 燃料使用量基準으로 살펴보면 全體 燃料使用量은 5,308kl/日로서 트럭 31.3%, 승용차 23.1%, 택시 21.0%이며 버스가 24.6%로서 높은 比重을 차지하고 있다.

3.3 排出係數 및 排出量

Table 4. Actual Driving Mode for Diesel Vehicle

Mode No.	B u s			Lights-Duty Vehicle and Truck			
	Engine Speed (%)	Load Rate (%)	Weighing Factor	Engine Speed (%)	Load Rate (%)	Light-Duty Vehicle Weighing Factor	Truck Weighing Factor
1	Idling	-	0.234	Idling	-	0.294	0.258
2	40	2	0.048	25	2	0.035	0.022
3	40	25	0.018	25	25	0.036	0.003
4	40	50	0.015	25	50	0	0
5	40	75	0.014	25	75	0	0
6	40	100	0.040	25	100	0	0
7	60	2	0.100	40	2	0.028	0.073
8	60	25	0.014	40	25	0.049	0.036
9	60	50	0.013	40	50	0.086	0.015
10	60	75	0.013	40	75	0.026	0.015
11	60	100	0.056	40	100	0	0
12	80	2	0.108	60	2	0.038	0.094
13	80	25	0.040	60	25	0.028	0.118
14	80	50	0.021	60	50	0.111	0.093
15	80	75	0.025	60	75	0.195	0.113
16	80	100	0.120	60	100	0.007	0.046
17	100	2	0.026	80	2	0	0
18	100	25	0.014	80	25	0.012	0.030
19	100	50	0.018	80	50	0.008	0.021
20	100	75	0.020	80	75	0.043	0.037
21	100	100	0.043	80	100	0.004	0.026

3.3.1 排出係數

自動車 汚染物質 排出係數 算出結果는 表 6 과 같다.

表 6에서 택시는 모두 LPG를 사용하고 乘用車는 靑과 영업용택시를 除外한 乘用車로서 모두 휘발유를 使用하는 것으로 보았다.

시내버스, 市外버스, 전세 및 觀光버스, 高速버스 및 기타 자가용버스는 대형버스로, 12 인승 이하의 버스는 소형버스로 보았다.

트럭에 있어서도 편의상 소형트럭(積載量 1톤以下), 중형트럭(積載量 1~8톤) 및 대형트럭(積載量 8톤超過)으로 구분하였다.

휘발유자동차 및 LPG自動車の 粒子狀物質 排

出量 및 二輪自動車 排出가스量은 測定할 수 없었으므로 한강유역조사단에서 測定한 資料¹⁴⁾를 一部修正 引用하였다. 타이어마모에 의한 粒子狀物質 排出係數는 乘用車, 小型乘合車, 小型트럭은 0.118g/km, 二輪自動車 0.056g/km 및 기타 大型自動車 0.230g/km로서 이들 데이터는 한강유역조사단자료¹⁴⁾에서 引用하였다.

3.3.2 汚染物質 排出量

自動車로부터 排出되는 汚染物質 排出量(kg/日)을 車種別 1日走行距離(台·km/日)에 各車種別 排出係數를 곱하여 算出하였다.

全國 및 서울의 車種別 汚染物質 排出量 및 污

Table 5. Vehicle Traveled Distance and Fuel Consumption according to Vehicle Types in Seoul.

(1985.12.31)

Kinds of Vehicle	Number of Vehicle	V T D		Fuel Consumption		Traved KM(km/day)	Fuel Economy (km/ℓ)
		× 10 ³ car km/D	%	× 10 ³ ℓ/D	%		
LPG Taxi	35,691	11,064	30	1,116	21	310	9.91
Passenger Cars	259,429	11,705	31.8	1,224	23.1	-	-
○ Pony	136,035	6,300	17.1	601	11.3	46	10.48
○ Mapsina(Gemini)	24,951	1,148	3.1	110	2.1	46	10.48
○ Rayale(Record)	48,034	2,210	6.0	269	5.1	46	8.21
○ Steller(Cortina)	32,668	1,503	4.1	183	3.4	46	8.21
○ Brisa	4,499	207	0.6	20	0.4	46	10.48
○ Others	13,242	337	0.9	41	0.8	30	8.21
Jeep	1,728	111	0.3	15	0.3	64	7.5
Bus	44,252	5,075	13.9	1,304	24.6	-	-
○ City Bus	8,261	2,792	7.6	983	18.5	338	2.84
○ Rent & Sight Seeing	1,448	277	0.8	80	1.5	191	3.45
○ Small Bus	28,541	1,827	5	185	3.5	64	9.9
○ Others	6,002	179	0.5	56	1.1	40	3.19
Truck	104,707	8,844	24	1,649	31.3	-	-
○ Less than 1ton	53,876	4,041	11	377	7.1	75	10.72
○ 1ton ~ 3ton	37,486	2,886	7.8	457	8.6	77	6.31
○ 3ton ~ 8ton	4,290	450	1.2	148	2.8	105	3.05
○ havier than 8ton	9,055	1,467	4	667	12.8	162	2.2
Motor Cycle	80,945	1,052	-	28	-	13.7	38.25
Total*	445,807	36,799	100	5,308	100	-	-

* Motor Cycle Excluded.

染物質 寄與率은 表 7과 같다.

表 7에서 볼 수 있는 바와 같이 全國적으로 볼 때 CO에 있어서는 택시가 34.5%로 제일 높고 乘用車 22.2%, 버스 16.6%, 트럭 15.6% 및 二輪自動車 11.2%順으로 寄與하고 있다.

HC에 있어서는 二輪自動車가 25.3%로 제일 높고 乘用車 24.3%, 트럭 19.3%, 택시 16.2% 및 버스 14.9%順으로 寄與하며 NOx에 있어서는 버스 39.2%, 트럭 38.3%로서 버스 및 트럭이 전체 NOx 排出量의 77.5%를 차지하고 있다.

한편 SO₂ 및 粒子狀物質은 버스 및 트럭이 대부분 차지하고 있음을 볼 수 있으며 SO₂는 트럭이 60%, 버스 38.6%이며 粒子狀物質은 트럭 47.3%, 버스가 41.3%를 寄與하고 있다.

특히 全國적으로 볼 때 CO 및 HC에 있어서 二輪自動車가 CO 11.2% 및 HC 25.3%로서 높은 寄與率을 나타내고 있어 二輪自動車에 대한 排出가스對策이 시급함을 알 수 있다.

서울地域에 있어서도 전국과 비슷한 결과를 나타내고 있다.

즉 CO에 있어서는 택시 및 乘用車가 각각

Table 6. Emission Factor

Vehicle Type	Emissions(g/ km)				
	CO	NOx	HC*	SO ₂	Particulate**
Passenger Cars	17.70	2.55	1.68	0.024	0.036
○ LPG Taxi	18.17	2.61	1.17	-	0.020
○ Gasoline Cars	17.25	2.50	2.16	0.047	0.051
Bus	12.81	11.36	1.59	1.54	1.33
○ Small Bus	1.12	2.90	0.21	0.60	0.19
○ City Bus & Others	19.78	16.40	2.41	2.10	2.01
Truck	5.05	4.76	0.98	1.09	0.59
○ Light-Duty Truck	1.14	3.08	0.22	0.60	0.20
○ Medium-Duty Truck	2.67	2.11	1.20	0.98	0.33
○ Heavy-Duty Truck	21.19	15.87	2.56	2.70	2.26
Motor Cycle***	18.54	0.22	5.57	0.012	0.06

* Exhaust HC only

** Particulates for tire wear are 0.118g/km for passenger car, small bus and light-duty truck, 0.230g/km for city bus, medium-duty truck and heavy-duty truck and 0.056g/km for motor cycle, respectively, this data are quoted from the reference [4]

*** Emission factor for motor cycle are quoted from the reference 14 and 15.

Table 7. Contribution of Air Pollution Emission

Area	Vehicle Type	Emission									
		CO		HC		NOx		SO ₂		Particulate	
		kg/day	%	kg/day	%	kg/day	%	kg/day	%	kg/day	%
Korea	Taxi	558,310	34.5	35,951	16.2	80,197	13.5	0	0	4,240	5.6
	Passenger Car	359,162	22.2	53,926*	24.3	52,053	8.8	979	1.2	3,998	5.3
	Bus	269,166	16.6	33,128	14.9	232,084	39.2	30,752	38.6	31,300	41.3
	Truck	252,713	15.6	42,859	19.3	227,267	38.3	47,683	60.0	35,803	47.3
	Motor Cycle	180,709	11.2	56,143	25.3	2,144	0.2	117	0.2	1,189	1.5
	Total	1,620,060	100	222,006	100	593,745	100	79,531	100	75,630	100
Seoul	Taxi	208,483	38.1	13,425	19.8	29,947	18.4	0	0	1,583	8.4
	Passenger Car	204,809	37.5	30,751*	45.4	29,683	18.2	558	3.0	2,280	12.1
	Bus	67,701	12.4	8,391	12.4	59,951	36.8	8,120	44.0	8,018	42.4
	Truck	44,949	8.2	8,805	13.0	43,043	26.4	9,780	52.9	6,880	36.4
	Motor Cycle	20,561	3.8	6,388	9.4	244	0.1	13	0.1	135	0.7
	Total	546,503	100	67,760	100	162,868	100	18,474	100	18,896	100

* Evaporated HC included : 20% of total HC

38.1% 및 37.5%로서 CO排出量の 대부분을 차지하며 HC에 있어서는 乗用車가 45.4%, 택시가 19.8%로서 乗用車에 의한 寄與率이 높다.

NOx에 있어서는 택시나 乗用車보다 오히려 버스 및 트럭이 크게 寄與하고 있다.

즉 버스 36.8%, 트럭 26.4%로 시내버스가 主種을 이루고 있는 버스에 의한 NOx 寄與

가 높음을 알 수 있다.

한편 SO₂ 및 粒子狀物質에 있어서는 全國에서와 같이 버스 및 트럭이 主 排出源 으로서 버스가 SO₂ 44%, 粒子狀物質 42.4%를 排出하며 트럭은 SO₂ 52.9%, 粒子狀物質 36.4%를 排出하고 있다.

汚染物質 排出量은 全國的으로 볼 때 CO 1,620톤/日(591,322톤/年), HC 222톤/日(81,032톤/年), NO_x 593톤/日(216,351톤/年), SO₂ 80톤/日(29,057톤/年) 및 粒子狀物質 76톤/日(27,605톤/年)씩 排出되며 서울에 있어서는 CO 547톤/日(199,474톤/年), HC 68톤/日(24,732톤/年), NO_x 163톤/日(59,405톤/年), SO₂ 18톤/日(6,746톤/年) 및 粒子狀物質 19톤/日(6,897톤/年)씩 排出되고 있다.

4. 結 論

서울에 있어서 車種別 走行패턴을 測定分析하고 自動車排出가스 測定結果 및 交通量資料에 의하여 車種別 汚染物質 排出係數 및 排出量을 算出하였다.

車種別 走行패턴測定結果 平均車速에 있어서 乘用車 31.9km/h, 버스 20.4km/h, 소형승합차 25.9km/h이며 트럭은 27.4km/h로서 自動車の 소통은 先進國의 大都市에 비하여 비교적 소통이 잘되는 편이다.

또한 車種別 汚染物質 寄與度를 보면 CO는 휘발유승용차 및 택시가, HC는 휘발유승용차 및 二輪自動車が 크게 기여하고 있으며 NO_x, SO₂ 및 粒子狀物質은 디젤 自動車が 크게 기여하고 있다. 한편, 서울의 自動車에 의한 汚染物質 排出量은 CO 547톤/일, HC 68톤/일, NO_x 163톤/일, SO₂ 18톤/일 및 粒子狀物質 19톤/일이다. (原稿接受 '87.4.17)

參 考 文 獻

- 1) 日本, 環境廳 大氣保全局 大氣規制課, 窒素酸化物に係る總量規制に關する指導指針, p 311~334, 1982.
- 2) 大阪府 生活環境部 公害室, 大阪府域におけ

る移動發生源排出ガス量の現況, p.11~32, 1980.

- 3) 서울特別市警察局 交通課, 電子信號體系 運營을 위한 交通量資料 調査, 1985.1.
- 4) 交通部, 서울特別市 交通改善方案에 關한 研究, 1983.9.
- 5) 서울特別市 交通局, 서울市 主要地點 및 한강교의 交通量 調査, 未發表, 1984.
- 6) 서울特別市 警察局 交通課, 서울市 電子感應式 信號體系에서 測定한 時間帶別 交通量資料, 未發表, 1985.
7. State of California Air Resources Board, Procedure and Basis for Estimating on-Road Motor Vehicle Emissions, 1980.
8. US EPA, Compilation of Air Pollutant Emission Factors: Highway Mobile Sources, EPA 460/3-81-005, 1981.
9. US EPA, Mobile Sources Emission Factors, EPA 400/9-78-006, 1978.
10. TRIAS 23-1980, 10 Mode and Idling Exhaust Test Procedure for Gasoline Fueled Motor Vehicles.
11. ECE Regulation No. 15, Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles Equipped with a Positive-Ignition Engine with Regard of the Emission of Gaseous Pollutants by the Engines, 1972.
12. CFR 40, Part 86, Control of Air Pollution from New Motor Vehicles and New Motor Vehicle Engines; Certification and Test Procedures.
13. US EPA, Air Quality Criteria for Lead, Vol. 1 of IV EPA-600/8-83-02813, 1984, 9. p. 1-18.
- 14) 環境廳, 한강유역조사단 최종보고서, 1982.
- 15) 趙康來 外 5人, 二輪自動車 汚染物質 排出現況 및 그 低減對策에 關한 研究, NEPI No.85-29-163, 1985.