

대도시 교통신호시스템에 따른 대기오염물질 배출량 변화에 관한 연구

A Study on the Variation of Air Pollutants Emission Rates for Different Traffic Signal System in Metropolitan Area

홍 민 선 · 우 완 기 · 최 중 인

아주대학교 공과대학 환경공학과

(원고접수 : 1993. 2. 21)

Min-Sun Hong, Wan-Gi Woo and Jong-in Choi

Dept. of Environmental Eng., Ajou University

(Received 11 February 1993)

Abstract

This study was carried out to investigate the relationship between the traffic signal systems and the air pollutants emitted by the motor vehicles at Kangnam Intersection.

One of the most important measures of effectiveness (MOE) in traffic studies is the delay to vehicles in the system. Delay represents indirect costs to the motorist in terms of time loss and a direct cost in terms of fuel consumption during idling.

The results of TRANSYT-7F modeling was correlated among delay, fuel consumption and total travel time. Air pollutants emission rate can be calculated by the results of modeling and the Korean type emission factor. As expected the highest emissions, for air pollutants, are observed during the morning rush hours (07 : 00-10 : 00). For better results of modeling, the TRANSYT-7F model needs to modify for the Korean type of traffic model.

The results of this study indicate that the variation of air pollutants emission rates were closely related to the traffic signal system.

1. 서 론

서울을 비롯한 대도시에는 자동차에 의한 오염물질 배출량이 늘고 있고, 이들 차량증가는 앞으로 더욱 가속화 될 전망이다.

조사 자료(교통부, 1992)에 의하면, 우리 나라 자동차 총 보유대수는 1965년에 4만 대에 불과하였으나 인구의 증가, 산업의 발달, 생활수준의 향상 등으로 인해 자동차의 수는 급격하게 증가하여, 1970년에는 12만 6천대, 1980년에는 52만 7천대로 증가하였으며, 1991년 말 현재 400만대가 넘었다.

또한, 대도시 지역의 자동차 집중현상도 교통난과 환경오염 문제를 가중시키는 요인으로 나타나고 있는데, 서울지역에서의 자가용승용차의 급증은 경이적인 것으로 1991년말 현재 100만대에 이르고 있다.

답보상태에 있는 도로망 확충에 비해 이같은 교통물량의 급속한 팽창으로 도심지와 출퇴근 시간대의 교통수요 집중화현상 등 구조적인 요인은 대도시의 교통난을 유발하고, 이에 따른 자동차 배기가스에 의한 대기오염이 심각한 실정이다.

자동차 배기가스에서 배출되는 오염물질은 NO_x, HC, CO, 황산화물, 매연, 납성분 등이 있는데, NO_x

와 HC는 대기중 광화학 스모그를 유발하며, CO는 자동차의 정지 가동시 가장 많이 배출되는 특징이 있어 자동차의 급증으로 인한 도로 및 교차로에서의 정체현상은 CO에 의한 대기오염을 심화시키고(Perkins, 1974), 인체에도 심각한 위해가 되고 있는 것으로 알려져 있다(Chovin, 1967).

이중에서 교차로는 교통소통, 지체(delay) 등에 지대한 영향을 미치는 중요부분으로서 특히 교차로의 서비스 수준을 결정짓는 효과척도(MOE)인 차량지체의 증가는 결국 교차로 용량을 감소시키며, 이용자의 서비스 수준을 저하시키는 결과를 초래하게 된다(Jadegh et al, 1985).

또한 과도한 지체는 연료소모와 대기오염을 유발시켜 이에 대한 대책이 시급한 실정이다(Cullis et al, 1989).

본 연구에서는 서울시 소재 강남역 교차로를 중심으로, 현장조사 자료를 이용한 모의실험을 통해 교차로에서의 지체와 연료소모(Fuel Consumption), 총주행거리(Total Distance Traveled) 등을 예측하여 교통신호주기에 따른 대기오염물질 배출량 변화를 규명하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

2. 1 조사지점

서울특별시(1990)는 도로구조 및 가로체계상 교통량이 주요 간선도로의 효율적인 운영을 위하여 서울시내를 주요 교통축으로 구분하여 교통운영 개선사업을 운영하고 있는데, 조사지점으로 선정된 강남역 교차로는 강남대로측에 속해 있으며, 강남대로측은 남산 1호터널(쌍방2차선), 한남로(노폭 30-50m), 강남대로(노폭 50m)가 연속된 교통축으로 강남구간은 양재동에서 남부순환도로와 강남역에서 테헤란로와 교차하고 한남대교 남단에서 올림픽대로와 연속되는 등 주변가도가 격자형 체계로 형성되어 있어 접근성이 매우 양호하나 경부고속도로 진입로가 접속되는 한남대교 남단에서 남산 1호터널 구간은 한남대교 남북단, 한남고가차도, 남산 1호터널 유입부 등 병목구간으로 인하여 첨두시 심한 교통체증을 나타내고 있다.

또한 교통축 상에서 연결된 교차로를 살펴보면 강남역은 제일생명양 교차로와 역삼동 교차로 사이에 위치하고 있다.

2. 2 조사방법

본 연구에서는 조사시점을 출근 시간대인 07:00~10:00와 평상 시간대인 10:00~18:00로 선정하

여, 우선 서울특별시 자료(1990)를 통하여 강남역 주변 교통현황을 살펴보고, 비디오 촬영을 통해 조사된 자료를 Transyt-7F(Traffic Network Study Tool) 모델을 이용하여 교통 신호체계에 따른 지체, 연료소비량, 총통행시간(Total Travel Time) 등을 산정하였으며, 이들 모델링 결과를 토대로 하여 우리나라의 교통환경에서 조사하여 제시된 배출계수(조강래 외, 1991)를 이용하여 오염물질 배출량을 산정하였다.

3. 모델을 통한 오염물질 배출량 산정

3. 1 Transyt-7F Model 이론

교차로에서의 모의실험과 신호시간의 최적화를 위해 이용되는 지체 모델(Delay Model) 중의 하나인 Transyt-7F(TRAffic Network Study Tool, Version 7F) 모델은 1967년 영국의 D. I. Robertson에 의해 시작되었으며, 그후 발전을 거듭하여 TRRL (Transport and Road Research Laboratory)에서 최근에 Transyt-8로 발전되었다.

그러나 미국에서는 입출력 단위의 현지화, 신호시간의 일반화, 입력 데이터의 그룹화, 연료소비의 추정, 시공도(Time-Space Diagram) 제공 등을 위해 모델을 수정 및 보완하여 Transyt-7F(1984)를 개발하였다.

Transyt-7F 모델의 주목적은 조사자료와 모델에서 제공하는 교통류 상태를 토대로 신호교차로에서의 효율측정의 기준이 되는 지체와 연료소비, 교차로에서의 신호주기에 따른 각종 변화 등을 평가한다.

Transyt-7F(1984)의 지체를 보면 신호등에 의한 정지나 서행을 포함하지 않는 차량의 설계속도(Target Speed)에 근거한 총통행시간과 이상적 통행시간(Ideal Travel Time)의 차로써 정의하였다.

현장조사에서의 지체는 대개 신호기에서 대기하는 차량수를 누적하여 측정한다. Transyt-7F에서 연료소비 모델(Fuel Consumption model; Claffey, 1971; Robertson et al., 1980)은 간단하고 보정하기 쉬우며, 서비스 수준을 결정짓는 효과척도들에 의해 예측된다. 즉 연료소비 모델은 총주행거리(Vehicle-km/hr), 총지체(Vehicle-hr/hr), 총지체수(Vehicles/hr), 각 링크(link)에서의 자유속도 등에 의해 계산되며 관계식은 다음과 같이 나타낸다.

$$F = K_1 TT + K_2 D + K_3 S \quad (1)$$

여기서 F : 연료 소비량(Gallons/hr, Li/hr)

TT : 총주행거리(Vehicles-km/hr)

D : 총지체 (Vehicles-hr/hr)

S : 총정지수 (Stops/hr)

Ki : 자유속도

의 함수로 나타낸다.

총통행시간은 주어진 가로망과 교통류의 분포에 의해 얻을 수 있다. 이것은 링크의 용량과 링크의 길이, 링크에서의 평균 자유속도, 링크에서의 총지체 등에 의해 관계식이 다음과 같이 나타난다.

$$TTTi = qi \left(\frac{U_i}{L_i} \right) + Di \quad (2)$$

여기서 TTT : 총통행시간 (Veh-hr/hr)

qi : 링크 i에서의 교통 용량 (Vph)

Li : 링크 i의 길이 (km, miles)

Ui : 링크 i에서의 평균 자유속도 (km/hr)

Di : 링크 i에서의 총지체 (Veh-hr/hr)

이러한 척도가 명백히 감소된다면 가로망에서의 신호주기는 지체를 감소시키게 된다.

Transyt-7F 모델이 최적화 되었을 때, PI(Performance Index)라고 부르는 목적함수는 최소화가 된다. PI는 지체와 정지상태의 결합된 식으로 나타나며 싸이클 주기(Cycle Length)와의 관계에서 최적 싸이클 주기(Best Cycle Length)는 PI의 가장 낮은 수치로 나타난다.

3. 2 Transyt-7F Model의 적용

조사지점인 서울시 소재 강남역 교차로에 대한 자료는 교통개발원에서 1991년 12월중 평일을 선정하여 비디오로 촬영한 테이프를 이용하였다.

조사시간은 오전 07:00에서 오후 18:00까지이며, 8링크 4顯示(Phase)로 조사되었다(그림 1, 표 1).

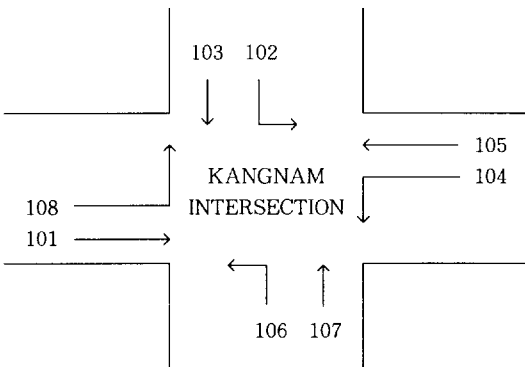


Fig. 1. Traffic flows for Links, at Kangnam Intersection.

Table 1. Traffic Data, at Kangnam Intersection.

顯示 (Phase)	Phase 1		Phase 2		Phase 3		Phase 4		
	105 ←	102 →	103 ↓	108 ↑	→ 101	← 106	↑ 107	↓ 104	
Control Time	Cycle Length (sec)	Link(veh/chc/c)							
		101	102	103	104	105	106	107	108
07:00-10:00	110	84	16	49	26	75	17	51	17
10:00-18:00	140	68	16	45	26	72	15	48	18

조사지역에 대한 모의실험 및 최적화의 도구는 Transyt-7F 모델을 사용하였고, Transyt-7F 모델의 대표적인 자료로는 최소 주기길이 60초, 최대 주기길이 150초, Step Size 간격 5초, 순행속도 63km/hr, 링크에서의 시간당 교통량 (Veh/hr) 등을 사용하였다.

3. 3 대기오염물질 배출량 산정

Transyt-7F 모델의 실행결과 얻어진 연료소비량과 총주행거리 (V. K. T)로써 오염물질 배출량(CO, HC, NO_x, Particulate, Evaporative HC etc.)을 산정할 수 있는데 (Singh et al., 1990), 조강래 등 (1991)이 우리나라의 교통환경을 조사하여 제시한 배출계수를 이용하여 계산하였다.

Table 2. Emission Factors by Kinds of Vehicle.

Kind of Vehicle		Unit : (g/km)			
		CO	HC	NO _x	Particulate
Passenger Car		11.89	1.33	0.80	0.01
	LPG Taxi	6.76	0.81	0.01	0.00
BUS	Small	1.54	0.15	1.40	0.37
	Medium	2.43	1.09	1.92	0.76
	Heavy	17.21	2.30	15.54	2.39
Track	Small	1.96	0.19	1.48	0.42
	Medium	2.43	1.09	1.92	0.76
	Heavy	18.59	2.42	15.29	2.52
Motor Cycle		13.00	4.10	0.11	0.01

주요 대기오염물질 배출량 산출 계산식은 다음과 같다.

$$\text{오염물질 배출량(g/hr)} = \text{차종별 배출계수} \times \text{차종별 V. K. T} \quad (3)$$

휘발유 자동차의 황산화물(SO₂) 및 납화합물(Pb)의 배출량은 연료소비량으로 산출할 수 있는데, 우리나라에서 생산하고 있는 유류중 황함유량

과 유기납 함유량을 기준으로 한 배출량(SO₂, Pb) 산출계산식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{황산화물 배출량(kg/hr)} &= \text{연료소비량} (\ell/\text{hr}) \times \\ &\text{연료비중} (0.75) \times \frac{0.03}{100} \times 2 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{납화합물 배출량(g/hr)} &= \text{유연연료소비량} (\ell/\text{hr}) \\ &\times 0.3(\text{g}/\ell) \times 0.75 \end{aligned} \quad (5)$$

4. 결과 및 고찰

4. 1 Model 적용 결과

지체는 교통연구에서 효율척도(MOE)의 가장 중요한 요소중의 하나로 아이들링(Idling) 중의 연료 소모에 대한 직접비(direct cost)와 운전자들의 시간 손실에 대한 간접비(indirect cost)로 나타난다. 또한 신호 교차로에서의 과도한 지체는 신호주기의 비효율을 반영한다.

Linkenheld(1991) 등은 교통신호 주기와 顯示는 지체와 서비스 수준(LOS : Level of Service)에 영향을 주는 주요한 두 가지 요소라고 주장한 만큼 신호체계의 개선을 위해서는 모의실험을 통한 최적화가 반드시 필요하다고 사료된다.

Findler 등(1992)이 25개 교차로에서 모의실험을 한 결과, 최적화하기 전에 모든 교차로에서의 지체 시간은 29.1sec였으나 최적화한 후에는 18.82sec로 36% 감소된 것으로 나타났다.

본 연구에서 조사대상 지점인 강남역 교차로를 대상으로 모의실험한 결과는 표 3과 표 4로 나타났다.

실행결과 출근시간대(07:00~10:00)에서의 최적의 신호주기는 90sec로 나타났고, 평상시간대(10:00~18:00)에서는 65sec로 나타났으며, 지체시간이 크게 소요될수록 연료소비가 증가하는 것으로 나타났다.

또한 총주행거리는 출근시간대에는 1120.25 Veh-km/hr, 평상시간대에는 819.81 Veh-km/hr로서 교통이 혼잡한 출근시간대가 단위구간에서의 총주행거리가 긴것으로 나타났다.

실행결과 링크 별 교통량과 총지체(Total Delay), 연료소비량 등은 밀접한 관계가 있으며, 교통량이 증가할수록 총지체, 연료소비량 등도 같은 추세로 증가하는 것으로 나타났다(표 3, 표 4).

4. 2 오염물질 배출량 산정

자동차의 운행증가는 연료소비의 급증을 가져왔으며 이로 인한 대기오염은 심각한 위해를 일으킨다. 또한 한정된 도로사정(서울시 도로율은 1989년

Table 3. Performance with Optimal Setting (07 : 00~10 : 00).

Link No.	Flow (veh/h)	Sat Flow (veh/h)	Total Travel (veh-km/h)	Delay(veh-h/h)			Fuel Consumption (ℓ/h)
				Uniform	Random	Total	
101	550	2200	214.50	4.49	1.96	6.45	48.40
102	262	2200	102.18	2.58	1.84	4.43	26.81
103	535	2200	171.20	4.62	2.99	7.61	46.38
104	425	2200	136.00	4.21	3.16	7.37	40.55
105	614	2200	178.06	5.36	4.65	10.01	54.51
106	278	2200	80.62	2.99	2.59	5.57	27.56
107	556	2200	158.46	5.17	4.01	9.18	49.32
108	278	2200	79.23	2.48	0.32	2.80	19.65
Total			1120.25	31.89	21.53	53.42	313.18

Table 4. Performance with Optimal Setting(10 : 00 ~ 18 : 00).

Link No.	Flow (veh/h)	Sat Flow (veh/h)	Total Travel (veh-km/h)	Delay(veh-h/h)			Fuel Consumption (ℓ/h)
				Uniform	Random	Total	
101	350	2200	136.50	1.87	0.28	2.15	25.18
102	206	2200	80.34	0.00	0.00	0.00	10.61
103	384	2200	122.88	1.74	0.22	1.96	23.37
104	334	2200	106.88	2.12	0.79	2.91	23.79
105	463	2200	134.27	2.65	1.03	3.68	30.28
106	193	2200	55.97	0.00	0.00	0.00	7.97
107	411	2200	117.14	1.90	0.27	2.17	23.49
108	231	2200	65.84	1.39	0.18	1.58	14.23
Total			819.81	11.67	2.78	14.45	158.91

에 약 18% 임)으로 인한 교통체증은 주행 차속의 저하를 가져와 교통혼잡 시간대에는 주요 도로중 상당 구간이 정체 상태에서 오염물질을 배출하고 있는 실정이다.

Hazim(1988)의 연구에서는 아이들링의 기준을 차속 2km/hr 이하 라고 했으나, 조강래 등(1991)이 조사한 자료에 의하면 5km/hr 이하 라고 규정했다.

조강래 등(1990)의 연구결과에서는 최악의 조건인 유연 휘발유를 기준으로 할때, 차속 5km/hr 이하에서의 배출계수는 CO 95g/km, HC 8g/km, NO, 2.1g/km 등으로 조사되었으며, 이를 모의실험 결과에 대입하여 계산하면 신호주기에 따른 CO, NO., HC 등의 배출량은 표 5와 표 6으로 나타낼 수 있으며, 변화 추이는 그림 2와 그림 3과 같다.

상기의 연구 결과에서 신호주기가 최적화 되었을 때, CO, NO., HC 등 주요 오염물질의 배출량이 최소로 나타나, 향후 최적의 신호체계를 구축하면, 각 도로구간에서 지체를 감소시키고 차량의 속도를 경제적인 주행속도로 조절하여, 현재 문제가 되고 있

Table 5. Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths(07 : 00~10 : 00).

Cycle Length (sec)	Average Delay (sec/veh)	Fuel Consumption (gal/hr)	CO (g/veh)	HC (g/veh)	NO _x (g/veh)
60	65.88	341.8	8.69	0.732	0.192
65	61.97	331.5	8.18	0.689	0.181
70	59.36	324.6	7.83	0.660	0.173
75	57.23	319.0	7.55	0.636	0.167
80	55.66	314.8	7.34	0.618	0.162
85	56.08	316.0	7.40	0.623	0.164
90	54.84	312.8	7.24	0.609	0.160
95	55.64	315.0	7.34	0.618	0.162
100	55.40	314.3	7.31	0.616	0.161
105	55.47	314.4	7.32	0.616	0.161
110	56.01	315.9	7.39	0.622	0.163
115	56.62	317.6	7.47	0.629	0.165
120	58.63	323.2	7.74	0.651	0.171
125	58.70	323.2	7.75	0.652	0.171
130	60.02	326.7	7.92	0.667	0.175
135	61.19	330.0	8.07	0.630	0.178
140	63.60	336.6	8.39	0.707	0.186
145	63.76	336.9	8.41	0.708	0.186
150	65.09	340.4	8.59	0.723	0.190

* Best Cycle Length=65sec

Table 6. Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths(10 : 00~18 : 00).

Cycle Length (sec)	Average Delay (sec/veh)	Fuel Consumption (gal/hr)	CO (g/veh)	HC (g/veh)	NO _x (g/veh)
60	29.85	179.3	3.94	0.332	0.087
65	29.32	178.3	3.87	0.325	0.086
70	31.09	182.0	4.10	0.345	0.091
75	31.68	183.1	4.18	0.352	0.092
80	32.57	184.8	4.30	0.362	0.095
85	33.32	186.3	4.40	0.370	0.097
90	35.69	191.2	4.71	0.397	0.104
95	37.07	193.8	4.89	0.412	0.108
100	37.54	194.7	4.95	0.417	0.109
105	39.04	197.7	5.15	0.434	0.114
110	41.31	202.3	5.45	0.459	0.120
115	42.04	203.6	5.55	0.467	0.123
120	43.27	206.1	5.71	0.481	0.126
125	44.40	208.3	5.86	0.493	0.130
130	46.51	212.6	6.14	0.570	0.136
135	47.99	215.5	6.33	0.533	0.140
140	49.29	218.0	6.50	0.548	0.144
145	50.71	220.8	6.69	0.563	0.148
150	52.66	224.7	6.95	0.585	0.154

* Best Cycle Length=65sec

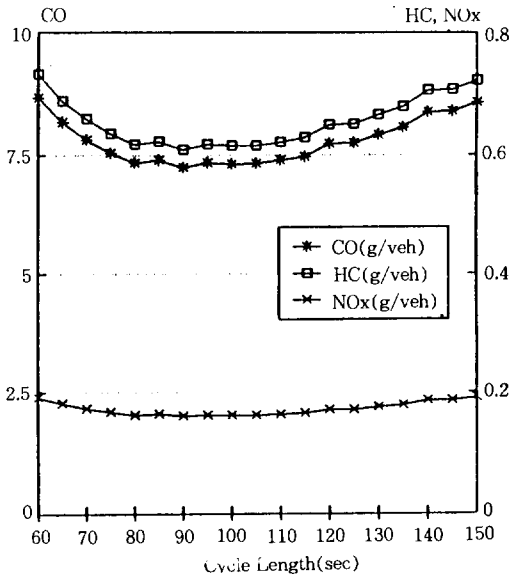
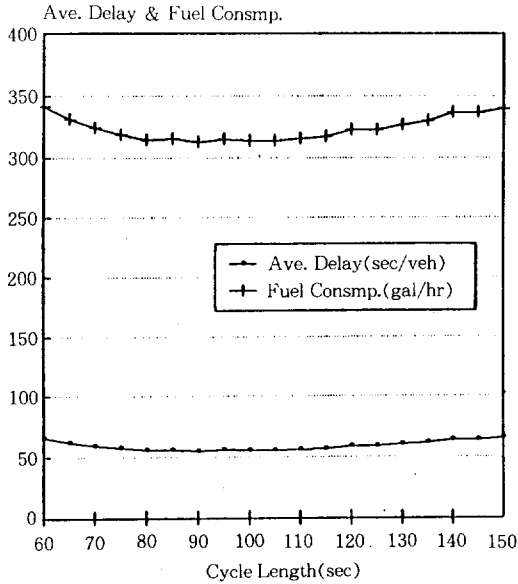


Fig. 2. Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths(07 : 00~10 : 00).

는 대기오염물질의 배출량을 최소화시킬수 있을 것으로 사료된다.

Menachem Luria(1990) 등은 Jerusalem 도심도로에서의 CO와 NO_x에 대한 연구를 통해, 하루중

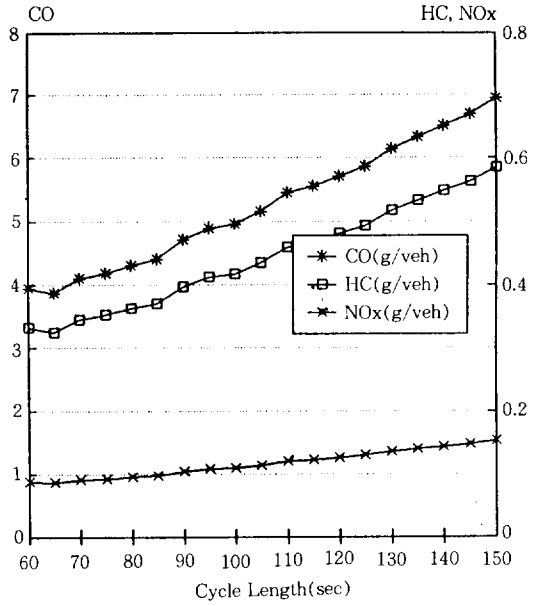
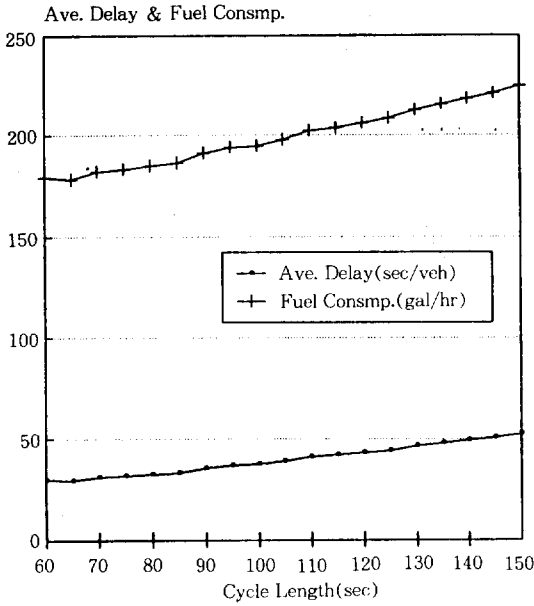


Fig. 3. Exhaust Emissions, Delay and Fuel Consumption for different Cycle Lengths(10 : 00~18 : 00).

Table 7. Daytime variation of CO and NO, at Section and Intersection.

Pollutant	Time window		
	07:00~09:00	09:00~12:00	12:00~14:00
	Average concentration(ppm)		
	Section		
CO	15.8	10.1	12.4
NOx	0.85	0.63	0.41
	Intersection		
CO	19.0	9.9	12.4
NOx	0.89	0.62	0.39

Table 8. Exhaust Emissions and Fuel Economy in Optimal Setting (07:00~10:00).

Link NO.	CO (g/hr)	HC (g/hr)	NOx (g/hr)	Part. (mg/hr)	SO ₂ (g/hr)	FE (km/ℓ)
101	2,550	285	172	2,145	22	4.43
102	1,215	136	82	1,022	12	3.81
103	2,036	228	137	1,712	21	3.69
104	1,617	181	109	1,360	18	3.35
105	2,117	237	142	1,781	25	3.27
106	959	107	64	806	12	2.92
107	1,884	211	127	1,585	22	3.21
108	942	105	63	792	9	4.03
Total	13,320	1,490	896	11,202	141	3.58

교차로(intersection)과 조사대상 가로망(Section)에서의 오염물질 농도변화를 표 7과 같이 나타냈다.

표 7에 의하면 출근시간대(07:00~09:00)가 평상시간대(09:00~14:00)에 비하여 오염물질의 농도가 높았으며, 조사대상 가로망보다 교동이 혼잡한 교차로에서 오염물질의 농도가 더 높았다.

본 연구에서는 조사대상 지점인 강남역 교차로에서 Transyt-7F 모델을 적용한 모의실험 결과를 오염물질 배출량 산정식인 식(3), (4), (5)와 표 2의 배출계수를 이용하여 각 링크별로 계산한 결과를 출근시간대는 표 8, 평상시간대는 표 9와 같이 나타냈다.

계산 결과 시간대별 오염물질 배출량은 Menachem Luria (1990)의 연구결과와 유사하게, 교동이 혼잡한 출근시간대(07:00~10:00)가 평상시간대

Table 9. Exhaust Emissions and Fuel Economy in Optimal Setting (10:00~18:00).

Link NO.	CO (g/hr)	HC (g/hr)	NOx (g/hr)	Part. (mg/hr)	SO ₂ (g/hr)	FE (km/ℓ)
101	1,623	182	109	1,365	11	5.42
102	955	107	64	803	5	7.57
103	1,461	163	98	1,229	11	5.26
104	1,271	142	86	1,069	11	4.49
105	1,596	179	107	1,343	14	4.43
106	665	74	45	560	4	7.02
107	1,393	156	94	1,171	11	4.99
108	783	88	53	658	6	4.63
Total	9,747	912	653	8,198	61	5.16

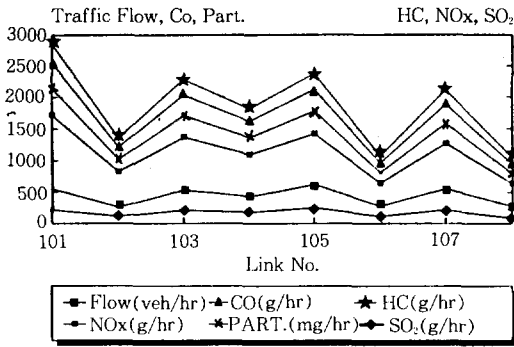


Fig. 4. Variation of Exhaust Emissions, each Link (07:00~10:00).

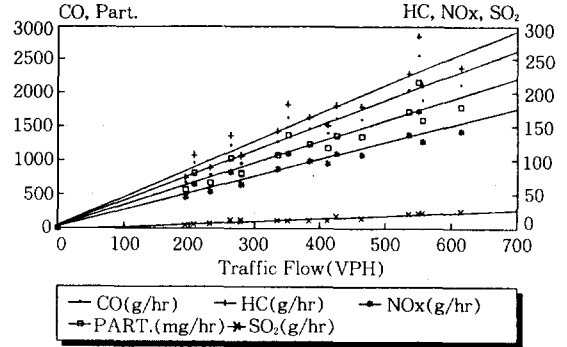


Fig. 6. Traffic flow and Exhaust Emissions.

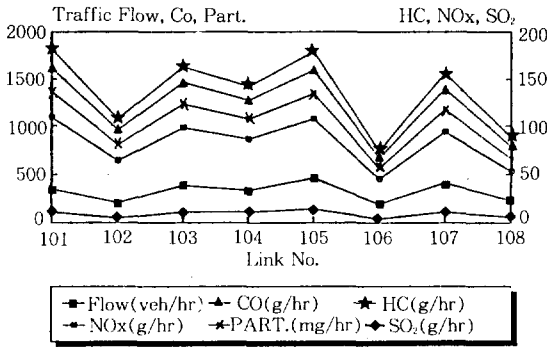


Fig. 5. Variation of Exhaust Emissions, each Link (10:00~18:00).

(10:00~18:00)에 비해 높게 나타났다(표 8과 표 9).

특히, 아이들링시 가장 많이 배출되는 CO는 조사 구간에서 오염물질의 전체 배출량중 약 85%를 차지하고 있어 이의 개선이 시급한 실정이다.

燃比(FE: Fuel Economy)는 경제적인 면 뿐만 아니라 오염물질 배출량과도 밀접한 관계가 있는데 조강래 등(1990)의 조사결과는 연비(km/ℓ)가 4(km/ℓ) 정도로 낮아질수록 CO, HC, NO, 등 오염물질 배출량은 최대가 되고, 연비가 경제성 있는 연비(16km/ℓ)가 될수록 오염물질 배출량은 급감하는 것으로 나타났다.

표 8과 표 9에서 나타난 바와 같이 연비는 출근 시간대가 2.92-4.43km/ℓ, 평상시간대가 4.43-7.57km/ℓ로서 연료소비는 지체가 심한 출근 시간대가 더 많았던 것으로 나타났으며, 이는 교차로에서의 지체는 대기오염에 대한 영향뿐만 아니라 경제적으로도 큰 손실이라는 것을 입증하는 신뢰성있는 자료가 될 수 있다.

각 링크에서의 오염물질 배출량 변화(그림 4와 그림 5)는 교통류(Traffic Flow)의 변화와 같은 경향을 보여주고 있으며, 특히 교통류와 오염물질의 관계는 Al-Samarri(1988) 등의 연구결과와 같이, 교통량이 증가할수록 주요 오염물질의 배출량도 증가하는 것으로 나타났다.

그림 6에서 보면 교통량이 증가할 때 배출되는 오염물질의 증가율은 오염물질 별로 다른데 이는 차량증가에 따른 운행상태의 변화에 기인하며 이에 대한 연구는 향후 더 세밀히 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서 납(Pb)성분의 배출량에 대한 계산은 향후 무연휘발유의 전면 사용을 고려하여 생략하였다.

5. 결 론

본 연구 결과 신호등 교차로에서의 지체는 시간 손실을 유발하여 운전자에게 간접적인 비용손실을 가져다 주고, 연료를 필요이상으로 소비하여 직접적인 비용손실의 요인이 되는 것으로 나타났으며, 교차로의 서비스 수준(LOS)을 결정짓는 가장 중요한 효과척도(MOE)의 하나라는 것이 입증되었다.

Transyt-7F 모델의 모델링 결과에서 교통신호체계에 따라 지체, 연료소비, 총주행거리, 대기오염물질 등은 상호 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났으며, 자동차의 오염물질 배출량은 모의 실험 결과와 한국형 자동차 배출계수를 이용하여 계산되었다.

특히, 강남역 교차로에서 시행된 모델 적용과 배출량 산정 결과는 교통이 혼잡한 출근시간대가 평상시간대보다 오염물질 배출량이 증가하는 것으로 나타났다.

향후 보다 나은 연구결과를 얻기 위해서는, 영국과 미국에서 개발되고 발전된 Transyt-7F 모델을 우리나라 교통환경에 적합하도록 수정, 보완하는 과제가 필요하다고 사료된다.

〈 감 사 〉

이 논문은 1992년도 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모 과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- 교통부 (1992) '91 통계연감.
 서울특별시 (1990) 서울시 교통현황 조사.
 조강래 외 (1991) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(3), 국립환경연구원, 27-29.
 도로용량편람 연구조사 제 2단계 중간보고서 (1990) 교통개발연구원.
 조강래 외 (1990) 도시지역 대기질 개선에 관한 연구(2), 국립환경연구원보, 제 12 권, 55-69.
 Henry C. Perkins(1974) Air Pollution. McGraw-Hill Book Co., 122 pp.
 Chovin, P. (1967) Carbon Monoxide; Analysis of Exhaust Gas Investigations in Paris, Environ. Res., 1, 198.
 Singh, M. P. Goyal, P., S. Basu, P. Agarwal, S. Nigam, Manju Kumari and T. S. Panwar (1990) Predicted and Measured Concentrations of Traffic Carbon Monoxide over Delhi. Atmospheric Environment, Vol. 24A, No. 4, 801-810.
 Hazim K. Al-Omishy and Hafidh S. Al-Samarrai (1988) Road Traffic Simulation Model For Predicting Pollutant Emissions. Atmospheric Environment, Vol. 22, No. 4, 769-774.
 Cullis, C. F. and M. M. Hirschler(1989) Man's Emissions of Carbon Monoxide and Hydrocarbons into the Atmosphere. Atmospheric Environment Vol. 23, No. 6, 1195-1203.
 Menachem Luria, Roni Weisinger and Mordechai Peleg(1990) CO and NO_x levels at the Center of City Roads in Jerusalem. Atmospheric Environment. Vol. 24B, No. 1, 93-99.
 Ahamad Jadegh and A. Essam Radwan(1985) Comparative Assessment of 1985 HCM Delay Model, ASCE, 194-208.
 Webster, F. V.(1956) Traffic Signal Settings, Road Research Technical Report No. 39, London, 4-25 pp.
 Claffey, P. J.(1971) Running Cost of Motor Vehicles as Affected by Road Design and Traffic, NCHRP Report No. 111, Transportation Research Board.
 Robertson, D. I., C. F. Lucas and R. T. Baker (1980) Coordinating Traffic Signals to Reduce Fuel Consumption, Transport and Road Research Laboratory Report 934, Crowthorne.
 Transyt-7F User's Manual(1984) U. S. Department of Transportation Fedral Highway Administration.
 Webster, F. V. and Cobbe, B. M.(1966)Traffic Signals, Road Research Laboratory Ministry of Transport, Road Research Technical paper No. 56, 47-77 pp.
 Linkenheld, J. S., Benekohal, R. F. and Garrett, J. H.(1992) Knowledge Based System for Design of Signalized Intersections, Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, No. 2, 241-257.
 Nicholas V. Findler and John Stapp(1992) Distributed Approach to Optimized Control of Street Traffic Signals, Journal of Transportation Engineering, Vol. 118, No. 1, 99-110.