

교통량특성과 거리에 따른 대기 오염물질 분포에 관한 연구 (성남시의 NO_x, CO를 중심으로)

권우택 · 김형철*

서울보건전문대학 환경공업과 · *경원대학교 도시계획학과

Distribution of NO_x and CO among the Ambient air by traffic volume characteristics and distance from roadside (The Sungnam City Case)

Woo-Taeg Kwon · Hyung-Chul Kim*

Dept. of Environmental Engineering, Seoul Health Junior College, Sungnam, Korea

**Dept. of Urban planning, KyungWon University, Sungnam, Korea*

Abstract

In South Korea since 1970s the rapid development of economic growth has brought about "Urbanization" in many areas and also raised the level of people's life in many ways.

At the same time, however, the industrialization and overpopulated districts in many areas have caused the problems of air pollution in necessary.

Among those air pollution, in particular, in large cities has become more serious since 1990s than before. Air pollution, like TSP and SO_x caused by heating, generation of electric power and industrialization in 1980s, showed as that of the type of an underdeveloping country and was not hazardous enough to people in the least.

Unfortunately, in 1990s NO_x, CO and O₃ caused by the soaring numbers of many types of cars have exhausted air pollutant more hazardous as the same air pollution type of many developed countries.

So, the purpose of this study would be to analyze the changes of concentration of NO_x and CO on environmental air by traffic volume and from the side drive way to the degree of distance in Sungnam City, and recognize the citizens' consciousness to air pollution and suggest the best walking point in part, and plan to design the reasonable use of cars and finally make the air quality improve toward the better-ment in part. From the research result we can know that people walking in the street would be protected from the hazardous air pollutant caused by the cars if they walk apart from a drive way as far as they can in the street.

Accordingly, it might, to minimize the affect of air pollution, be thought to be desirable that the consideration of in introduction the system that the vehicle using the diesel engine motor should use the centered-lane apated from the road.

Another to be desirable is that along side the road, the trees inhaled the pollution should be planted

Key Words : NO_x and CO, Traffic Volume, Vehicle Type, Tedlar Bag

I. 서 론

1970년대 이후 급속한 경제발전은 도시의 인구유입으로 인한 과밀화 현상 및 다양한 사회문제를 유발시켰으며, 이 시기에 건설된 고속도로망은 전국 주요 도시간의 시간거리를 단축시켜 생활권의 범위를 확대하였을 뿐 아니라 경제발전과 지역개발에 많은 기여를 하였다.

그러나 교통망의 확충이 농촌 및 소도시 인구의 유출을 촉진시켜 대도시의 인구집중 현상으로 나타났고 1980년대를 거치면서 이와 같은 현상은 날로 심화되어 대도시 교외지역과 위성도시로 인구증가 현상이 확대되는 대도시권화가 형성되는 새로운 국면에 접어들었다.

이로 인한 도시대기오염도는 악화되었으며 시대적 대기배출 오염물질 양상을 살펴보면, 1980년대까지는 난방, 발전 및 산업 등에 의한 TSP, SO_x의 배출량이 많은 개발도상국 형태이었지만 1990년대 이후 급속한 차량증가로 인하여 NO_x, CO, O₃ 등의 선진국형 오염물질 배출형태로 옮겨졌다.

이는 자동차 보유대수 통계^{1,2,3,4})에서 나타난 것과 같이 있는데 우리나라 자동차 총 보유대수는 1965년 4만대에 불과하였으나 1970년에는 12만 6천대, 1975년에는 19만 4천대, 1980년대에는 52만 7천대, 1985년에는 111만대, 1990년대에는 339만대로 증가하였고 1995년도에는 847만대를 초과하여 30년만에 약 212배로 증가하였으며 특히 승용차는 더욱 급속한 증가추세를 보여 약 358배 이상 증가하였다. 이런 추세로 보아 향후 2000년대는 1400만대로 증가할 것으로 추정되고 있어 자동차로 인한 환경오염문제가 갈수록 심각해질 것으로 예상된다.

자동차 배기가스에서 배출되는 대기오염물질은 NO_x, CO, HC, SO_x, TSP, 매연 등이 있는데 NO_x는 가속 및 정속상태일 때 가장 많이 배출되며 공회전 및 감속할 때는 줄어드는 특성이 있으며⁵, CO는 공회전 및 감속시에 가장 많이 배출되는 특징이 있어 자동차의 급증으로 인한 도로 및 교차로에서의 정체현상은 CO에 의한 대기오염을 악화시킨다⁶. 또한 이들이 인체에 미치는 영향을 살펴보면 먼저 NO_x는 주로 NO와 NO₂의 형태로 배출되며 HC와 함께 태양광선에 의하여 광화학 Smog를 발생시켜 시계를 방해하고 인체의 눈, 목부분 등을 자극하며⁷, CO는 인체 흡입시 혈액중의 Hb과 쉽게 결합하여 혈액의 산소운반을 방해하게 되는데 CO와 Hb의 결합력은 O₂보다 약 210배 정도 강하여 혈액에 COHb로 전달되어 산소결

핍으로 두통이나 구토증상을 일으키며 심한 경우 대뇌손상을 일으켜 정신장애를 유발하거나 사망에까지 이르게 한다⁸.

이에 본 연구에서는 차량 증가추세에 따른 대기배출오염물질 증가로 대기환경질악화가 예상됨으로 교통량과 도로변 거리에 따른 환경대기 중의 NO_x, CO농도변화를 파악하여 도로변 보도의 적정 보행지점 제시와 시민의식 고취를 도모함으로써 자동차의 합리적 활용방안을 강구하여 대기질 개선을 이루고자 하는 목적으로 연구를 수행하였다.

II. 조사 및 연구방법

1. 시료의 포집장소 및 통행량 조사

시료의 포집장소는 성남시 수정구 서울보건전문대학 정문 앞 양지동과 은행동 경계대로(이하 서울보건전문대)와 성남시청 근거리에 위치한 태평동과 신흥동 경계대로(이하 성남시청)의 도로변 0m, 2m 및 5m 이격지점에서 20~30분정도 시료를 포집하였으며 통행량은 시료 포집시에 1시간 동안 승용차, 버스, 화물차, 이륜차 별로 計數 조사하였다.

2. 포집 및 분석방법

본 연구에서 시료포집은 Methods of Air Sampling and Analysis(Third Edition)의 5. Sampling and Storage of Gases and Vapors⁹)에 의해 용량 30ℓ (500mm×700mm) Tedlar bag에 Diaphragm Pump를 사용해서 1~2ℓ/min

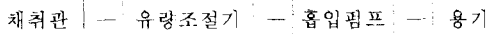
Table 1. Apparatus for Experiment.

Item	Apparatus
Temperature & Humidity	Digital Thermo/Hygrometer (Satokeiryoki-80TRH)
Wind Velocity	Thermistor Type Anemometer (Sogodenshi V-01-An)
Pump	Diaphragm Pump(Kimoto MP-1)
Air Bag	Tedlar Bag(Flon F-6006 30ℓ)
Flow Rate	Flow Meter(Kojima RK-1400)Wet Gas Meter(Shinagawa Seiki NWK-1A)
Monitoring System	Micro Computer System for Air Monitoring(Kimoto MCSAM-?)
NO _x Analysis	Nitrogen Oxide Analyzer (Kimoto Model-258)
CO Analysis	Non-Dispersion Type Infrared Gas Analyzer(Kimoto Type ZRC)

의 공기흡인유량으로 포집하였으며, 시료중 NO_x와 CO농도는 환경오염공정시험법¹⁰⁾에 의해 Micro Computer System for Air Monitoring(MCSAM-2)을 사용해서 분석하였다. 또한 시료 포집시의 기상상태는 미풍이 불며 맑은 날을 선택하였고, 이때 사용한 기기는 Table 1과 같다.

2.1 시료의 포집방법

본 연구에서는 용기포집법 중 Tedlar Bag 30ℓ (500mm × 700mm)를 사용하여 한지점에서 20~30분정도 시료를 포집하였는데 Tedlar Bag을 이용한 이유는 측정기기를 측정장소까지 갖고 갈 수 없었고 다수의 지점에서 동시에 시료를 측정하기 위해서였으며 시료성분이 주머니 안에 흡착, 투과 또는 서로간의 반응에 의하여 손실 또는 변질을 방지하기 위해서였다. 또한 시료포집의 위치는 지상으로부터 1.5~2.0m지점이었으며 포집장치는



로 구성하였다.

2.2 Tedlar Bag의 세척

한 번 사용한 Tedlar Bag은 Bag 외부를 적외선 램프로 가열하면서 건조하고 깨끗한 공기를 통과시켜 세척하였으며 Tedlar Bag 세척구성도는 Fig. 1과 같다.

2.3 시료의 분석방법

시료 중 NO_x와 CO농도는 Micro Computer System for Air Monitoring을 이용해서 분석하였다.

2.3.1 NO_x의 분석방법

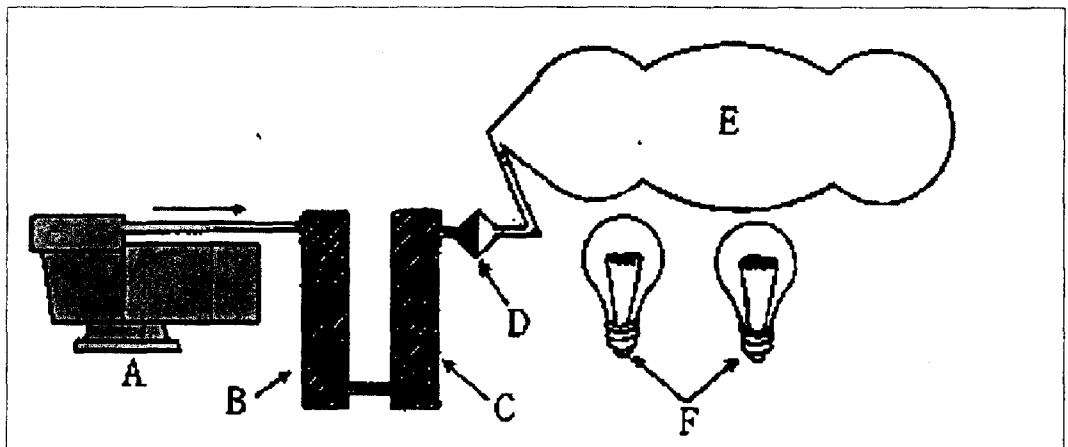
NO_x의 분석방법 중 화학발광법(Chemiluminescent Method)으로 측정하였는데 측정원리는 시료 대기 중의 일산화질소와 오존과의 반응에 의해 NO₂가 생성될 때 생기는 화학발광 광도가 일산화질소 농도와 비례하는 것을 이용해서 시료대기 중에 포함되어있는 일산화질소농도를 측정하고 NO_x를 측정할 경우는 시료대기 중의 이산화질소를 Converter를 통하여 일산화질소로 변환시킨 후 일산화질소의 측정법과 같은 방법으로 시료대기 중의 NO_x농도를 연속 측정하는 방법이다.

본 연구에서 사용한 측정기기는 Nitrogen Oxide Analyzer(Kimoto Model-258)이며 측정범위는 0~2000ppb, 측정주기는 1분, 시료주입은 약 500ml/min으로 1개 시료당 10분동안 6회 측정한 결과를 평균하여 분석값으로 산출하였다.

2.3.2 CO분석방법

CO의 분석방법 중 비분산적외선 분석법(Nondispersive Infrared Method)으로 측정하였는데 측정원리는 일산화탄소에 의한 적외선 흡수량의 변화를 선택성 검출기로 측정해서 환경대기중에 포함되어 있는 CO농도를 연속 측정하는 방법이다.

본 연구에서 사용한 측정기기는 Non-Dispersion Type Infrared Gas Analyzer(Kimoto Type ZRG)이며 측정범위는 0~50ppm, 측정주기는 1분, 시료주입은 약 1ℓ/min으로 1개 시료당 10분동안 6회 측정한 결과를 평균하여 분석값으로 산출하였다.



A : Diaphragm Pump, B : Active Carbon Adsorbent, C : Silicagel Adsorbent, D : Filter, E : Tedlar Bag, F : Infrared Lamp

Fig. 1. Flow Chart for Purification Train of Tedlar Bag

Table 2. Survey of Traffic Volume.

(unit : Vehicle/hr)			
Type of Vehicle	Seoul Health Junior College	Sungnam City Hall	Sample Size
Car	376(365~389)	922(887~971)	8
Bus	95(84~105)	146(129~157)	
Truck	167(141~185)	209(199~218)	
Motor-cycle	19(14~22)	39(34~42)	

III. 실험결과 및 고찰

1. 교통량 조사

교통량은 시료포집시에 1시간동안 승용차, 버스, 화물차, 이륜차별로 서울보건전문대와 성남시청의 통행대수를 8회에 걸쳐 계수조사하였으며 그 결과는 Table 2와 같은 단순계수조사에 의한 통행량은 성남시청이 서울보건전문대 보다 약 2.0배 정도 많은 것으로 나타났다.

2. 통행차량 및 배출오염물질별 PCU

교통량 조사자료로부터 모든 차량을 승용차로 환산하는 PCE(Passenger Car Equivalent ; 승용차환산계수)¹¹⁾를 적용하였고 NO_x와 CO 물질별 통행차량을 승용차 환산계수를 적용한 PCU(Passenger Car Unit ; 승용차 환산 통행량)은 Table 3과 같으며 도표로 나타내면 Fig. 2와 같다. 이때의 PCE는 승용차 1.00, 버스 2.25, 화물차 1.75, 이륜차 0.33을 적용하였고¹²⁾ PCE_{NO_x}는 1995년도 차종별 NO_x 배출량¹³⁾을 근거로 승용차 1.00으로 할 때 버스 23.32, 화물차 13.42, 이륜차 0.19로 계산하여 적용하였고

Table 3. Passenger Car Unit by Emission Factor of NO_x and CO.

Classification	Seoul Health Junior College	Sungnam City Hall	Sample Size
PCU	888(805~956)	1629(1537~1720)	8
PCU _{NO_x}	4836(4219~5324)	7139(6572~7566)	
PCU _{CO}	1122(1002~1217)	1987(1859~2102)	

Ratio* = Sungnam City Hall/Seoul Health Junior College

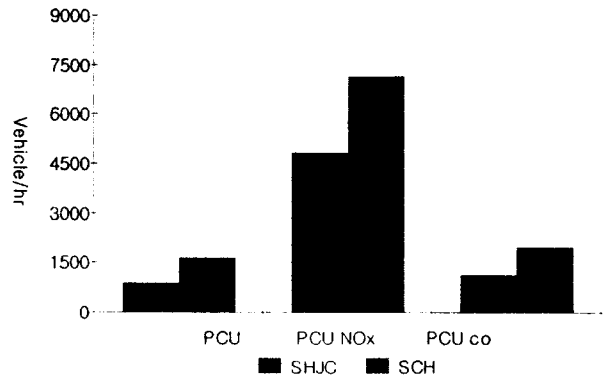


Fig. 2. Observation of PCU, PCU_{NO_x} and PCU_{CO} around the Road at Seoul Health Junior College and Sungnam City.

PCE_{CO}도 차종별 CO배출량을 근거로 승용차 1.00으로 할 때 버스 3.35, 화물차 2.25, 이륜차 2.72로 환산적용하였다.

3. 도로변 대기오염물질농도

도로변 환경대기중의 공기를 서울보건전문대와 성남시청 주위 도로에서 각각 도로변 0m, 2m 이격지점, 5m 이격지점에서 30 l Tedlar Bag에 Diaphragm Pump를 이용해서 1~2 l/min의 공기 흡입유량으로 20~30분 동안 포집하여 Micro Computer System for Air Monitoring으로 측정된 NO_x와 CO농도는 Table 4와 같으며 각 지점별 농도를 도표로 나타내면 Fig. 3, Fig. 4와 같다.

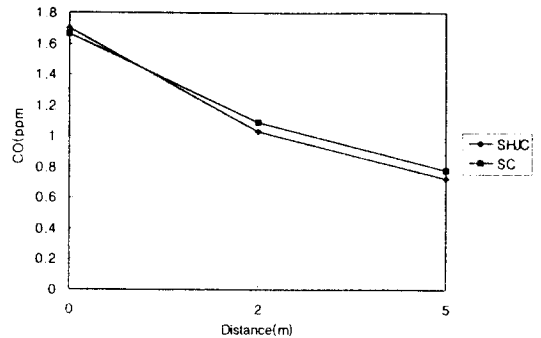


Fig. 3. Trend of NO_x Concentration toward the Road from the Drive-way at Seoul Health Junior College and Sungnam City Hall.

Table 4. Concentrations of NO_x and CO toward the Road from the Drive-way at Seoul Health Junior College and Sungnam City Hall.

Classification		Seoul Health Junior College	Sungnam City Hall	Sample Size
NO _x (ppb)	Road Line	189.3(100.0~297.0)	303.3(132.0~533.0)	8
	TDPS*	140.5(81.0~201.0)	209.5(98.0~354.0)	
	FDPS**	113.3(29.0~194.0)	136.6(54.0~244.0)	
CO (ppm)	Road Line	1.63(0.50~2.60)	1.66(0.70~2.60)	8
	TDPS*	1.03(0.30~2.00)	1.09(0.40~1.90)	
	FDPS**	0.73(0.20~1.30)	0.78(0.30~1.10)	

TDPS* : at the Two-meter Distanced Place from the Side Drive way
 FDPS** : at the Five-meter Distanced Place from the Side Drive way
 Ratio*** : Sungnam City Hall/Seoul Health Junior College

이때 NO_x의 농도는 성남시청이 서울보건전문대보다 도로변 0m, 2m 이격지점, 5m이격지점에서 각각 1.60, 1.49, 1.29배 높게 나타났으며 CO농도는 각각 1.02, 1.06, 1.07배 높게 나타났다.

4. NO_x와 변수간 상관성

서울보건전문대와 성남시청 주변도로로부터 0, 2, 5m 별로 PCU 및 PCU_{NOx}와 NO_x의 상관성을 파악하기 위해 다중회귀방정식^{14, 15)}을 구하였는데 PCU와 NO_x의 관련성은 Table 5, Table 6에 나타난 바와 같이 유의수준 5%에서 도로변 거리 1m당 NO_x의 농도가 16.6ppb씩 감소하

는 것으로 나타났다.

Table 5. Basic Statistics for PCU and Distance.

Variable	Mean	SD	Sample Size
NO _x	144.8	63.5	
PCU	887.0	89.0	8
Distance	2.3	2.1	

Table 6. Multiple Regression with PCU and Distance.

Variable	B	SEB	Beta	P
PCU	0.17	0.13	0.23	0.1962
Distance	-16.56	5.31	-0.55	0.0052

R²=0.354, Adjusted R²=0.293, F=5.76, Significance = 0.01

Table 7. Basic Statistics for PCU_{NOx} and Distance.

Variable	Mean	SD	Sample Size
NO _x	144.8	63.5	
PCU _{NOx}	4821.0	398.0	24
Distance	2.3	2.1	

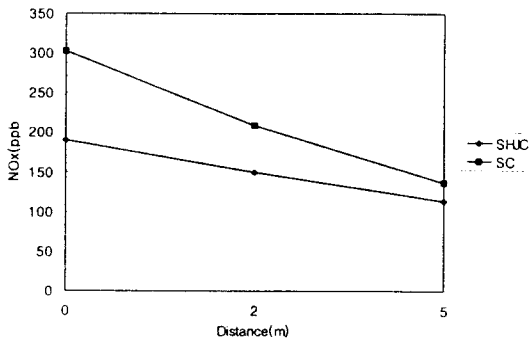


Fig. 4. Trend of NO_x Concentration toward the Road from the Drive-way at Seoul Health Junior College and Sungnam City Hall.

Table 8. Multiple Regression with PCU_{NOx} and Distance.

Variable	B	SEB	Beta	P
PCU_{NOx}	0.04	0.03	0.28	0.1165
Distance	-16.56	5.21	-0.55	0.0045

$R^2=0.379$, Adjusted $R^2=0.320$, $F=6.40$, Significance = 0.007

또한 PCU_{NOx} 와 NOx 의 관련성은 Table 7과 Table 8에 나타난 바와 같이 유의 수준 5%에서 도로변거리 1m당 NOx 의 농도가 16.6ppb씩 감소하는 것으로 나타났으며 산포도는 0m, 2m, 5m에서 Fig. 5와 같이 나타났다.

5. CO와 변수간 상관성

서울보건전문대와 성남시청 주변도로로부터 0, 2, 5m 별로 PCU 및 PCU_{CO} 와 CO의 상관성을 파악하기 위해 다

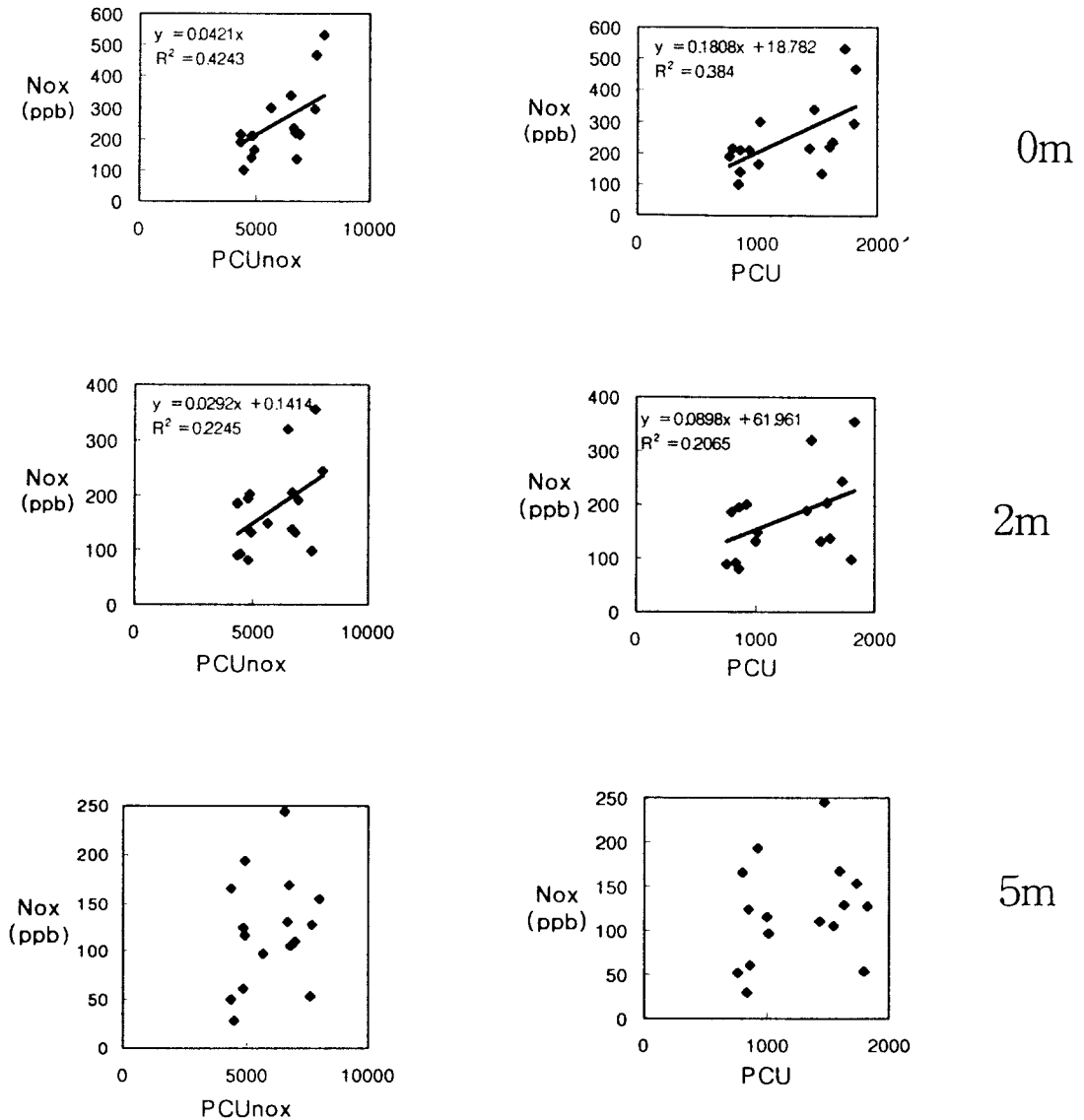


Fig. 5. Dispersion Diagram of NOx and $PCU_{NOx}(PCU)$ at Each Distance from Road Side.

Table 9. Basic Statistics for PCU and Distance.

Variable	Mean	SD	Sample Size
CO	1.125	0.663	
PCU	887	89	24
Distance	2.3	2.1	

Table 10. Multiple Regression with PCU and Distance.

Variable	B	SEB	Beta	P
PCU	0.0017	0.0013	0.2247	0.2146
Distance	-0.1737	0.0555	-0.5494	0.0051

$R^2=0.352$, Adjusted $R^2=0.291$, $F=5.71$, Significance = 0.01

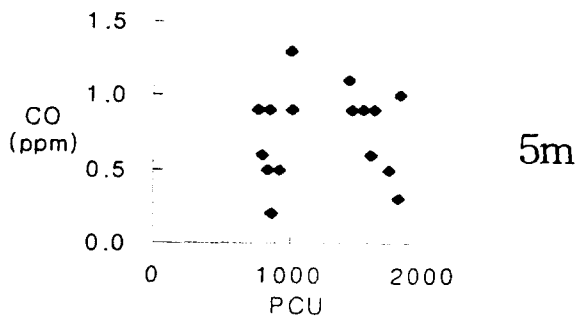
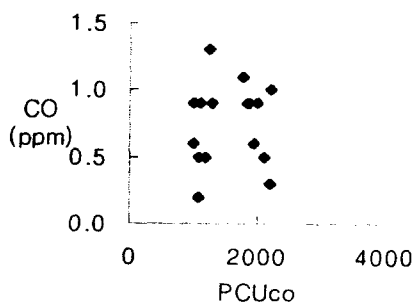
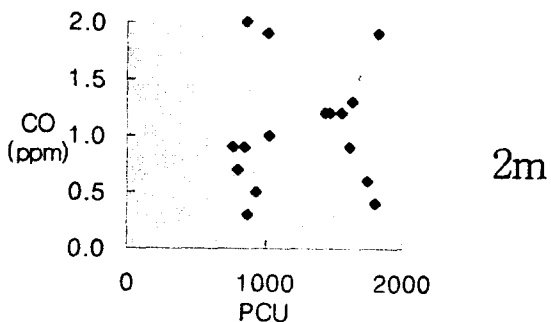
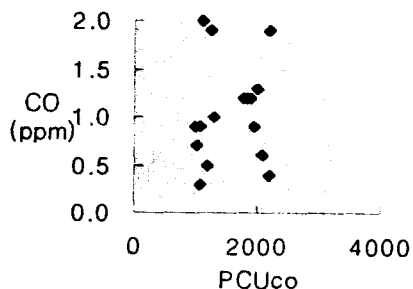
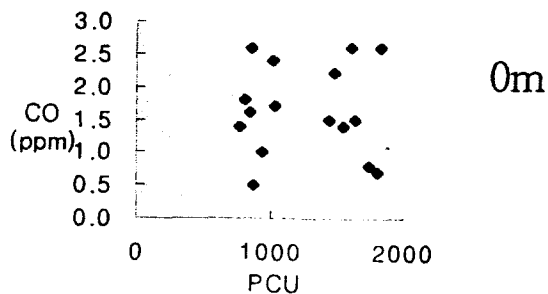
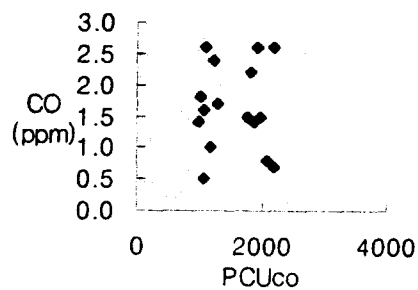


Fig. 6. Dispersion Diagram of CO and PCU_{co}(PCU) at Each Distance from the Road Side.

Table 11. Basic Statistics for PCUco and Distance.

Variable	Mean	SD	Sample Size
CO	1.125	0.663	
PCU _{CO}	1120	102	24
Distance	2.3	2.1	

중회귀식을 사용하였는데 PCU와 CO의 관련성을 Table 9와 Table 10에 나타난 바와같이 유의수준 5%에서 도로변 거리 1m당 CO농도가 0.17ppm씩 감소하는 것으로 나타났다.

또한 PCU_{CO}와 CO의 관련성은 Table 11과 Table 12에 나타난 바와같이 유의수준 5%에서 도로변거리 1m당 0.17ppm씩 감소하는 것으로 나타났으며 산포도는 0m, 2m, 5m에서 Fig. 6과 같이 나타났다.

이상의 결과로부터 NO_x, CO의 농도는 도로변 거리 및 교통량과 상관성이 높은 것으로 나타났으며 산포도에서 나타난 바와같이 NO_x 회귀식에 의해 유의수준이 높은 것으로 나타난 것은 환경대기중 NO_x의 발생원이 주로 교통에 의한 Thermal NO_x에 기인한 것으로 판단되며 Menachem Luria¹⁶⁾ 등이 Jerusalem 도심도로에서의 CO와 NO_x에 대한 연구를 통해 하루중 교차로와 조사대상 가로망에서의 오염물질 농도 변화가 교통량과 관계가 깊다는 연구와 일치하고 있으며 CO의 발생원이 도로변에 자동차 배출물질 이외에 다양하게 존재하므로 산포도에서 보는 바와같이 널리퍼져 있는 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 성남시 수정구 서울보건전문대학 정문앞 양자동과 은행동 경계대로와 성남시청 근거리에 위치한 태평동과 신흥동 경계대로 2개 장소에서 도로변 0m, 2m, 5m 이격지점에서 각각 8회씩 시료를 포집하였으며 통행량은 시료포집시에 1시간동안 승용차, 버스, 화물차, 이륜차 별로 계수조사 하였고 NO_x와 CO 농도 측정은 자동 측정망을 이용해서 분석 하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 통행량 조사를 통한 서울보건전문대와 성남시청의 PCU는 각각 888대와 1629였다.

Table 12. Multiple Regression with PCUco and Distance

Variable	B	SEB	Beta	P
PCU _{CO}	0.0014	0.0012	0.2120	0.2427
Distance	-0.1737	0.0557	-0.5494	0.0052

R²-0.347, Adjusted R²-0.285, F-5.58, Significance = 0.01

2. 차종별 배출율을 근거로 조사한 서울보건전문대와 성남시청의 PCU_{NO_x}는 각각 4836대와 7139대 있으며 PCU_{CO}는 각각 1122대와 1987대로 나타났다.
3. NO_x의 농도는 서울보건전문대와 성남시청의 도로변 0m, 2m, 5m 이격지점에서 각각 189.3, 140.5, 113.3 ppb와 303.3, 209.5, 136.6 ppb로 측정되었다.
4. CO의 농도는 서울보건전문대와 성남시청의 도로변 0m, 2m, 5m 이격지점에서 각각 1.63, 1.03, 0.73 ppm과 1.66, 1.09, 0.78 ppm으로 측정되었다.
5. NO_x의 농도는 도로변을 기준으로 할 때 2m 이격지점에서 26~31% 5m 이격지점에서 40~55% 감소하였으며 CO 농도는 34~37%와 53~55% 감소 하였다.
6. 본 연구조건에서 NO_x와 PCU 및 PCU_{NO_x}의 상관성을 분석한 회귀식으로부터 유의수준 5%에서 도로변거리 1m당 16.6 ppb의 농도가 감소하는 것으로 나타났다.
7. CO와 PCU 및 PCU_{CO}의 상관성을 분석한 회귀식으로부터 유의수준 5%에서 도로변거리 1m당 0.17 ppm의 농도가 감소하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 연구결과에 의하면 차량으로부터의 오염물질이 보행자에게 미치는 영향을 최소화 하기 위하여서는 Diesel타입의 차량이 대부분인 화물차와 버스의 차선지정을 중앙선쪽의 차선으로 지정하는것이 바람직하다. 이와같은 관점에서 Bus전용차선지정시에 순류중앙분리대차선지정(With-flow Medium Bus lane)또는 역류 중앙분리대차선지정(Contra-flow Medium Bus lane)이 절대적으로 유리한 것으로 사료된다. 또한 배기Gas배출구(Muffler)를 차량제작시 뒷면 좌측방향으로하여 보행자와의 거리를 평균 1.5m넓히면 NO_x는 약 14.3~21.5% CO는 약 16.2~26.7% 감소시킬 수 있을것으로 판단되므로 차량제작규제 법규로 신설할 필요가 있다.

또한 도로변에 대기오염 배출물질을 저감(흡입) 시키는 가로수의 식종도 바람직 할것으로 판단된다. 그리고 교통량과 도로변 거리에 따른 오염물질 농도가 밀접한 관계가 있으므로 교통량에 따른 환경대기오염물질 농도예측이 가능하다.

감사의 글

본 논문은 97년도 경원대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 환경부 : 환경백서, 119~120, 1996.
2. 환경부 : 환경통계연감, 509~510, 1995.
3. 교통개발연구원 : 한국교통관광통계, 20~41, 1993.
4. 서울시정개발연구원 : 서울시대기오염특성연구, 233~234, 1994.
5. Jone H. Seinfeld : Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John Wiley & Sons, 92~94, 1986.
6. Henry C. Perkins : Air Pollution, Mc Grow-Hill Book Co, 122, 1974.
7. Robert L. Metcalf & Werner Stumm : Atmospheric Motion and Air Pollution, John Wiley & Sons, 169~184, 1979.
8. John H. Seinfeld, Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution, John Wiley & Sons, 54~56, 1986.
9. James P. Lodge, JR : Methods of Air Sampling and Analysis third edition, Lewis, 37~42, 1988.
10. 환경교육연구회 : 환경오염공정시험법(대기), 대학서림, 336~383, 1995.
11. 1994 Transportation Research Board Executive Committe, High Way Capacity Manual Special Report 209 third edition, Transportation Research Board National Research Council, A-3, 1994.
12. Wolfgang S. Homburger, James H. Kell, David D. Perkins., Fundamentals of Traffic Engineering 13th edition, Course Notes UCB-ITS-CN-92-1, 8-6, 1992.
13. 조강래 외 8인 : 도시지역 대기질 개선에 관한 연구 (III), 129~139, 국립환경연구원보, 13, 1991.
14. 이동우 : 보건통계학 방법, 신광출판사, 213~234, 1983.
15. 정충영, 최이규 : SPSSWIN을 이용한 통계분석, 무역경영사, 152~164, 1996.
16. Menachem Luria, Roni Weisinger and Mordechai Peleg : CO and NO_x Levels at the Center of City Roads in Jerusalem, Atmospheric Environment, 24B(1), 93~99, 1990.