

도로변 구두수선대 실내·외의 이산화질소 농도 및  
거리에 따른 이산화질소 감소  
- 서울시와 아산시의 비교 연구 -

양원호·손부순\*·박종안\*·김종오\*\*

(주) 이앤비코리아 환경연구소·\*순천향대학교 환경보건학과·\*\*동남보건대학 환경위생과

Indoor and Outdoor NO<sub>2</sub> Concentration of Shoe-stall near  
Busy Road and NO<sub>2</sub> Decay by Distance from Roadside  
- Comparative Study between Seoul and Asan -

Won-Ho Yang · Bu-Soon Son\* · Jong-An Park\* · Jong-Oh Kim\*\*

*Environmental Institute, E&B Korea Ltd,*

*\*Department of Environmental Health Science, Soonchunhyang University*

*\*\*Department of Environmental Sanitation, Dongnam Health College*

Abstract

Workers who work at indoor and outdoor environment near busy road are suspected to be exposed to high-elevated air pollutant levels during working hours. This study evaluated the working-time nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) exposure for workers (repairmen and polishers) of shoe-stalls. Since shoe-stalls have particularly been located near busy road in Korea, workers might be high exposure to NO<sub>2</sub> from traffic exhaust as well as indoor sources of shoe-stall such as portable gas range (butane gas) during working hours. In this study, we measured the indoor and outdoor NO<sub>2</sub> concentrations of shoe-stalls. Simultaneously, outdoor NO<sub>2</sub> concentrations of building through sidewalk from shoe-stall were measured. High NO<sub>2</sub> exposure for workers of shoe-stalls was considered to be inflow of outdoor source of exhausted emission from vehicles and indoor source from usage of gas range to polish the shoe. Indoor/outdoor NO<sub>2</sub> concentration ratio ( $0.94 \pm 0.22$ ) in Seoul was higher than that ( $1.06 \pm 0.34$ ) in Asan, because ambient NO<sub>2</sub> level was high in Seoul and usage of gas range was prevalent in Asan. According to NO<sub>2</sub> concentrations by distance from roadside to building through sidewalk, NO<sub>2</sub> concentrations showed the decreased trend with distance. The results of this study can be utilized by municipal authorities in urban planning for evaluating effects of future traffic planning and land use.

Key words : Shoe-stall, Busy road, Nitrogen dioxide, Exposure

## I. 서론

경제발전과 산업화 그리고 에너지 이용형태의 변화 및 자동차의 급격한 증가로 인구가 집중된 도시지역에서는 각종 대기오염현상이 심각하게 나타나 쾌적한 도시환경을 유지하기 위해서는 적절한 대처방안이 절실히 요구되는 시점에 있다<sup>1)</sup>. 따라서 정부에서는 대기환경기준을 설정하고 전국적인 대기질 측정망을 설치하고, 각종 연료사용을 규제하는 등 적극적 대기질 관리를 위해서 노력하고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 전국의 주요 대도시 지역의 대기오염도는 여전히 환경기준을 근접하는 수준을 나타내고 있으며, 시정장해 및 호흡기 질환 등 건강영향이 증가되고 있는 실정이다<sup>2,3)</sup>. 서울시 대기오염의 주 오염원(source)은 자동차, 산업장 및 난방시설의 연소 등에 의한 것으로 추정하고 있으며, 더욱이 이러한 오염된 외부공기가 유입되는 실내공기질에 대한 적절한 관리는 공기오염에 의한 건강 위해성(risk)의 감소 측면에서 필수적이라 할 수 있다<sup>4)</sup>.

개인과 집단의 직업형태 및 직장위치는 공기오염물질에 대한 고노출(high exposure) 또는 저노출(low exposure)을 결정할 수 있다<sup>5)</sup>. 직업종류에 의한 산업장의 실내환경에서 발생하는 공기오염물질은 산업공정 개선, 국소배기, 대치, 보호구 사용 등을 이용하여 노출을 감소 또는 제어 할 수 있지만, 직장위치에 의한 실외 대기오염물질의 작업장의 실내 유입에 따른 노출은 직장위치를 이동하는 것 외에는 적절한 대책이 없는 형편이다<sup>6)</sup>. 마찬가지로 실내 발생원이 상대적으로 매우 적은 사무실 위치도 실외 대기오염의 실내 유입은 환기장치에 의한 제어로 어느 정도 가능하지만 한계가 있으며, 더욱이 주거지역에서 환기장치의 설치는 현실적으로 어려운 형편이다<sup>7)</sup>.

주로 도로변 주변에 위치하고 있는 구두수선대의 구두기능 미화원들의 작업환경은 독특한 형태로서, 우리 나라는 1991년 8월부터 서울시내 뿐만 아니라 전국 도시지역 도로변(人道)에 구두수선대라는 명칭으로 구두수선박스가 곳곳에 점유하고 있다. 이러한 구두수선대들은 본래 거리에서 작업하던 구두기능 미화원들을 위해 법률적으로 공인

된 장소에 설치한 것으로, 그들의 작업환경을 실내로 옮겨주는 계기가 되었다. 전국에 구두수선대는 교통량이 많은 도로변은 지역에 위치하고 있지만 이들의 작업환경에 대한 오염물질 농도측정 및 노출정도에 관한 조사가 연구는 부족한 형편이다<sup>8)</sup>. 특히 구두수선대는 도로와 인접하고 있어서 구두기능 미화원들은 작업시간 내내 도로 차량의 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs)를 포함한 매연, NOx, SOx 등과 같은 대기오염물질 등에 고농도로 노출될 가능성이 있다<sup>9)</sup>. 또한 구두기능 미화원들의 작업환경은 구두 먼지를 털고, 굽을 가는 등의 작업에 의한 먼지, 그리고 광(光)을 구두에 내기 위한 불광(火光)으로 인한 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 등의 실내 발생원을 가지고 있어, 차량에서 발생하는 실외 공기오염물질 뿐만 아니라 구두수선대 실내 공기오염물질 둘 다에 노출될 수 있어 그에 따른 건강영향을 야기시킬 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구는 도시지역 대기오염의 주 요인이 차량임을 고려하여 대도시인 서울과 중소도시인 아산의 도로변 구두수선대 실내 및 실외의 이산화질소(NO<sub>2</sub>)를 측정하였고, 동시에 구두수선대에서 인도(人道) 건너편 건축물의 실외에서 NO<sub>2</sub> 농도를 측정하였다. 이 연구의 목적은 구두수선대 근로자와 같은 도로변 근처에서 직업을 갖고 있는 사람들의 공기오염물질 노출정도 및 거리에 따른 공기오염물질의 감소를 파악하여 차후 교통정책 및 도시계획에 이용될 수 있도록 하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상 및 설문조사

본 연구는 2001년 6월부터 8월까지 서울 및 아산지역에서 도로변에 소재한 구두수선대를 대상으로 각각 30곳 및 26곳을 방문하여 작업환경 및 구두수선대 실내·실외의 NO<sub>2</sub> 농도를 실측하였다. 설문내용은 구두수선대 미화원을 대상으로 연령, 결혼, 흡연, 음주, 운동여부 등을 조사하였고, 작업환경으로는 직업, 공기오염, 소음 등의 만족도를 파악하였다. 설문지는 현장 조사시 구두기능 미화원에게 질문하여 현장 연구자들이 기입하였다.

Table 1. General characteristics of workers of shoe-stalls

General Characteristics		Seoul Mean±SD, No(%)	Asan Mean±SD, No(%)
Age (year)		47.5 ± 7.4	46.8 ± 6.98
Marriage status	Single	3 (10.0)	0 (0.0)
	Married	27 (90.0)	26 (100)
Daily working hours (hr)		11.1 ± 1.5	9.9 ± 2.1
Job carrier (year)		15.7 ± 8.9	14.8 ± 9.6
Drinking	Yes	14 (46.7)	19 (73.1)
	No	16 (53.3)	7 (26.9)
Smoking	Yes	19 (63.3)	18 (69.2)
	No	11 (36.7)	8 (30.8)
Exercise	Yes	11 (36.7)	14 (54.0)
	No	19 (63.3)	12 (46.0)

## 2. NO<sub>2</sub> 농도 측정 및 분석

작업환경중의 공기오염도를 파악하기 위해 구두수선대 실내 및 실외의 NO<sub>2</sub> 농도 측정하였다. 또한 구두수선대에서 수직으로 인도 건너편 건물의 실외 NO<sub>2</sub> 농도를 동시에 실측하였다. 구두수선대에서 인도 건너편의 건물까지의 거리는 줄자를 이용하여 측정하였다. 모든 NO<sub>2</sub> 농도의 측정은 수동식 시료채취기(passive sampler)를 이용하였다 (Toyo Roshi Kaisha, Ltd. Japan)<sup>10</sup>. NO<sub>2</sub> 수동식 시료채취기는 옷깃에 부착되어 개인적 활동을 할 수 있을 정도로 작으며(5×4×1cm) 가볍다(15g). 환경 중에 발생된 NO<sub>2</sub>는 수동식 시료채취기 안으로 확산 및 투과되어 셀룰로오스 여지에 흡수되어 있는 TEA(triethanolamine) 용액에 흡수된다. TEA 용액에 결합된 NO<sub>2</sub>는 Sulfanilic acid 5g, phosphoric acid (85%) 50ml과 NEDA(N-(1-Naphtyl) ethylene-diamine dihydrochloride, 98%) 0.05 g을 이용하여 color reagent (azodye-forming) 1 l를 제조하여 분석하였다. 수동식 시료채취기는 NO<sub>2</sub>가 존재하지 않는 챔버(chamber)에서 분해하여 셀룰로오스 여지를 시험관(16x100 mm)에 넣고, color reagent 10.0 ml를 시험관에 주입하였다. NO<sub>2</sub> 농도 계산식에 이용된 물질전환계수 값은 0.10cm/sec를 이용하였으며<sup>11</sup>, 정량분석은 photospectrometer (SHIMADZU UV-1201)를 이

용하여 545 nm 파장에서 측정하였다.

## III. 연구결과 및 고찰

### 1. 설문지 결과 및 작업환경 특성

서울지역에서 차량 밀도가 높은 4개 구(區)를 중심으로 도로변에 소재한 30개 구두기능 미화원을 대상으로 설문조사를 실시하였고, 아산시에서는 도심 중심지역을 대상으로 도로변에 소재한 26개 구두기능 미화원을 대상으로 설문조사를 실시하였다 (Table 1). 서울과 아산에서 참여한 구두수선대 미화원의 평균 연령과 작업경력은 비슷한 것으로 나타났다. 하루 근무시간은 서울 참여자들이 아산 참여자들 보다 다소 높았다. 서울에서는 일주일 중 근무일수에서 6일 근무는 77.1%으로 대부분을 차지하였으며, 7일 근무는 17.8%이었고, 5일 근무는 5.1%이었다. 하루 작업량에서는 구두닦기는 구두 30개 이하가 70.5%로 가장 많았으며, 31~60개 사이가 19.3%, 61개 이상이 10.2%였다. 한편 아산에서는 일주일 중 6일 근무하는 사람은 71.4%으로 대부분을 차지하였으며, 7일 근무하는 사람이 14.3%이었고, 5일 근무하는 9.5%, 4일 이하 근무하는 사람은 4.8%이었다. 하루 작업량에서는 구두 30개 이하가 95.5%였고, 31개 이상 4.5%이었다. 직업에 대한 만족도에서는 서울과 아산 참여자 모두 현

Table 2. Characteristics of working condition in shoe-stalls

	Seoul		Asan	
	Yes N(%)	No N(%)	Yes N(%)	No N(%)
Thinner	8 (28.1)	22 (71.9)	22 (84.6)	4 (15.4)
Benzene	25 (83.3)	5 (16.7)	12 (52.2)	14 (47.8)
Gasoline	23 (75.0)	7 (25.0)	13 (50.0)	13 (50.0)
Gas range (Butane)	26 (84.4)	4 (15.6)	24 (92.3)	2 (7.7)

직업에 만족하는 편이었으며, 작업공간, 소음, 차량 및 유기용제 사용에서는 불만족을 나타내었다.

작업환경 특성에 대한 설문조사 결과는 Table 2에서와 같이 여러 가지 유기화합물 성분이 포함된 것으로 알려진 신너(thinner)를 사용하는 작업장은 8곳으로 28.1% 이었으며, 본드에 사용하는 솔을 녹이기 위해 벤젠을 사용하는 곳은 22곳으로 71.9%이었다. 조사대상 30곳 중 5곳을 제외한 83.3%에서 불광을 내기 위하여 가스렌지를 사용하였고, 가스렌지의 원료는 부탄이었다. 한편, 아산에서는 신너를 사용하는 작업장은 22곳으로 84.6.2% 이었으며, 벤젠을 사용하는 곳은 12곳으로 52.2% 이다. 조사대상 중 24개의 구두수선대에서 불광을 내기 위하여 부탄을 이용한 가스렌지를 사용하고 있었다.

## 2. 이산화질소 측정

### 2-1. 구두수선대 실내·외 이산화질소

서울 및 아산에서 참여자인 구두수선대 미화원 소유의 구두수선대에서 측정된 실내 및 실외의 NO<sub>2</sub> 농도를 Table 3에 나타내었다. 서울에서 측정된 도로변 구두수선대 실내의 평균 NO<sub>2</sub> 농도는 47.5ppb 이었으며, 실외는 52.4ppb를 나타내었다. 구두수선대의 실내/실외 NO<sub>2</sub> 농도비는 평균 0.94를 나타내어, Sexton et al.(1983)이 가스렌지를 사용하는 않는 즉 NO<sub>2</sub> 발생원이 없는 주택에서 실내의 NO<sub>2</sub> 농도가 실외 NO<sub>2</sub> 농도의 약 40%로 예측한 것과 비교하여 구두수선대는 실내 발생원이 존재하는 것으로 생각할 수 있다<sup>12)</sup>. 이것은 구두를 닦을 때 불광(火光)을 하기 위한 가스렌지의 사용으로 고온연소(thermal NO<sub>x</sub>)로 인한 NO<sub>2</sub>가 발생

되는 것으로 생각할 수 있다<sup>13)</sup>. 구두수선대의 위치가 주로 도로변임을 고려할 때 실외의 NO<sub>2</sub> 발생원은 주로 차량에 의한 것으로 가정하면, 연간 NO<sub>2</sub> 대기환경기준이 50ppb임을 고려할 때 구두수선대의 근로자뿐만 아니라 도로변 근처에서 일하는 경찰관, 노점상 등은 고농도의 NO<sub>2</sub>에 노출되고 있음을 알 수 있다. Atimtarey et al.(2000)은 도로변 교통 경찰관이 일산화탄소(CO)에 고노출되고 있음을 보고하였고, 그 원인은 차량 배기가스이었다<sup>14)</sup>. 한편, 아산에서 측정된 구두 수선대 실내의 평균 NO<sub>2</sub> 농도는 28.4ppb 이었으며, 실외는 29.8ppb를 나타내었다. 실내/실외 NO<sub>2</sub> 농도비는 평균 1.06을 나타내어 서울보다 높았다. 이것은 아산시의 대기오염 상태가 서울지역에 비해 상대적으로 양호하기 때문이며, 구두수선대 실내에서 가스렌지의 사용이 상대적으로 높기 때문으로 생각한다.

Table 3. Measured indoor and outdoor NO<sub>2</sub> concentrations (ppb) of shoe-stalls in Seoul and Asan

	Seoul	Asan
	(n= 30)	(n= 26)
Indoor	47.5 ± 18.3 (20.0~84.1)	28.4 ± 11.5 (11.5~57.10)
Outdoor	52.4 ± 20.5 (24.0~88.3)	29.8 ± 15.1 (13.0~82.8)
I/O	0.94 ± 0.22 (0.55~1.45)	1.06 ± 0.34 (0.43~2.04)

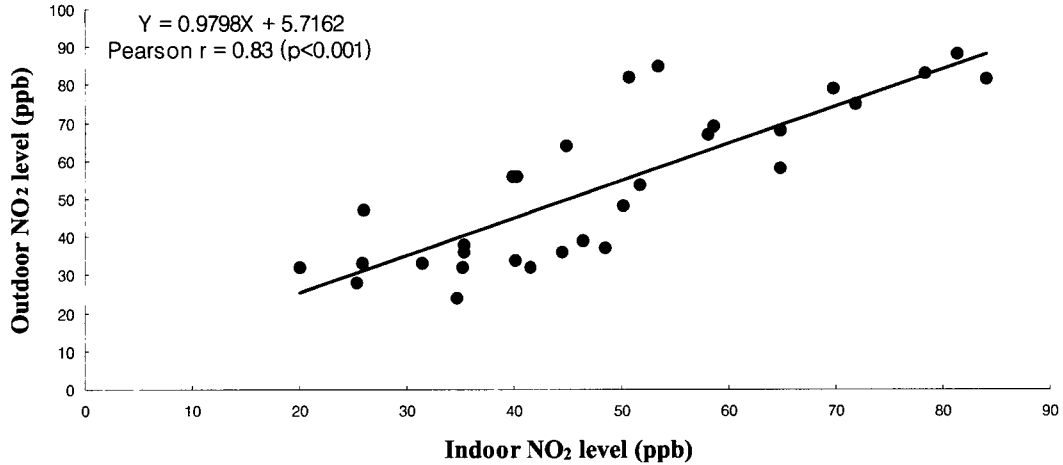


Fig. 1. Relationship between indoor and outdoor NO<sub>2</sub> concentrations of shoe-stalls in Seoul.

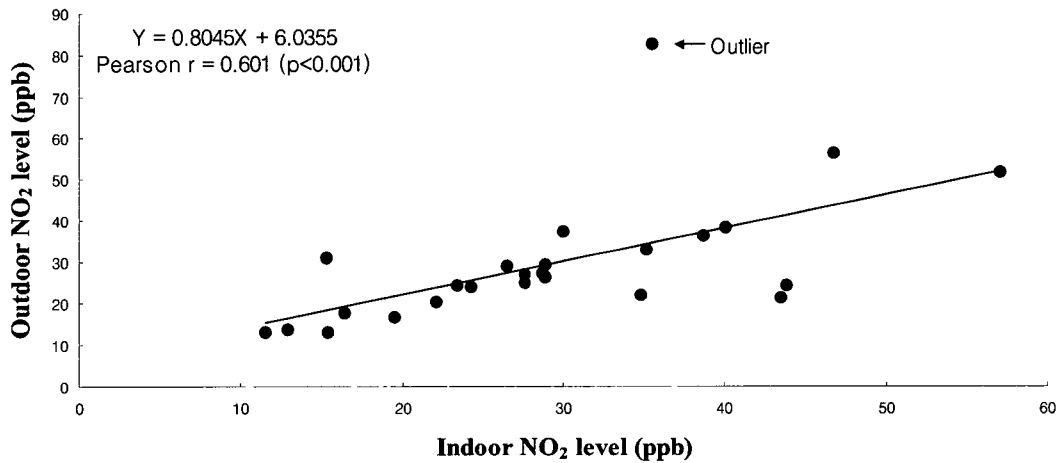


Fig. 2. Relationship between indoor and outdoor NO<sub>2</sub> concentrations of shoe-stalls in Asan.

2-2. 구두수선대 실내 및 실외 이산화질소 상관성

실내공기의 영향 요인은 실외공기, 환기, 실내 발생원 및 공기오염물질의 반응을 통한 감소이다<sup>15)</sup>. 이런 영향 요인 중 실내·외의 공기 환기량은 실내 공기질에 가장 큰 영향을 주는 것으로 보고되고 있다<sup>16)</sup>. 따라서, 실내 및 실외에서 측정된 NO<sub>2</sub> 농도사이의 관련성을 서울과 아산 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 구두수선대 실내와 실외의 NO<sub>2</sub> 농도는 서울과 아산에서 통계적으로 각각 유의한 상관성을 나타내었다 (서울: Pearson r = 0.830, p < 0.001,

아산: Pearson r = 0.60, p < 0.001). 아산의 상관계수 값이 서울에 비해 낮게 나타났지만, 실외 NO<sub>2</sub> 농도가 실내농도에 비해 상당히 높은 outlier 점을 제외하면 Pearson r 값은 0.71로 높은 상관계수 값을 나타낸다. 배현주<sup>8)</sup> 등(2001)이 겨울철 서울시에서 측정한 구두수선대 실내 및 실외의 NO<sub>2</sub> 농도의 상관계수 값인 0.803과 비교하여 상대적으로 여름의 상관계수 값이 높은 이유는 구두수선대의 문 및 창문을 열어 놓는 경우가 많기 때문에 환기량이 높아 실외 대기환경에서 그 만큼 구두수선대 실내에 영향을 주기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 한편, 아

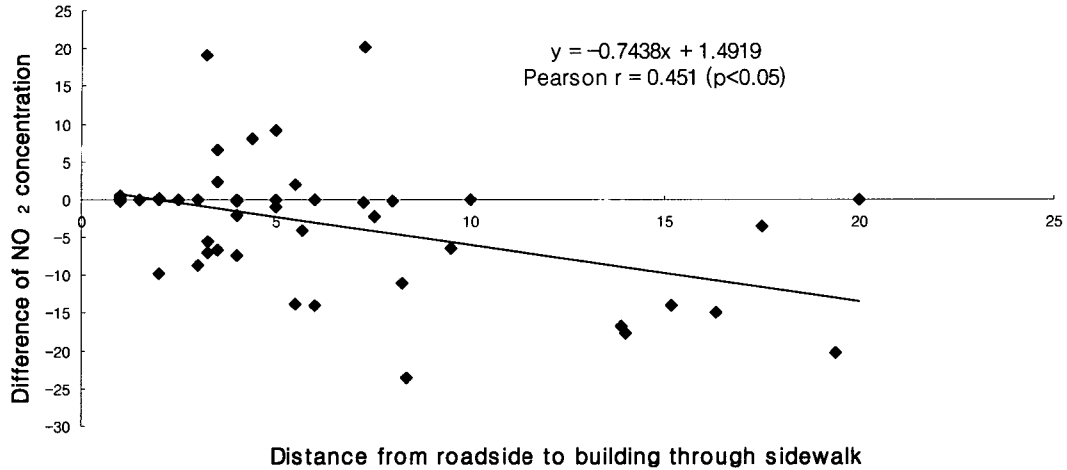


Fig. 3. Relationship between the difference of indoor and outdoor NO<sub>2</sub> levels of shoe-stalls, and distance from roadside to building through sidewalk.

산의 참여자들은 구두수선대 실내에서 가스렌지의 사용이 서울 참여자에 비해 높기 때문에 서울보다 낮은 상관계수 값을 나타냈으며, 이것은 아산의 실내/실외의 NO<sub>2</sub> 농도비가 1이상이고 서울보다 높은 값을 나타낸 것파도 일치한다.

### 2-3. 거리에 따른 이산화질소 농도

서울과 아산에서 도로변과 인도를 지나 건너편 건축물의 거리는 평균 7.47±4.86m를 나타내었고, 거리에 따른 NO<sub>2</sub> 농도의 변화는 통계적으로 유의하게 감소하였다 (Pearson  $r = 0.451$ ,  $p < 0.05$ ) (Fig. 3). 도로변에서 측정된 NO<sub>2</sub> 농도를 차량에서만 발생된 것으로 가정 할 때, 도로변의 NO<sub>2</sub>는 광화학(photochemical) 반응으로 그리고 2차 미세먼지를 발생시킬 수 있기 때문에 감소한 것으로 생각할 수 있다. 그럼에도 인도 건너편 건물의 실외 NO<sub>2</sub>의 평균농도가 서울 46.9±21.7ppb 및 아산 27.5±9.94ppb로 나타나 도로변의 근로자들이 NO<sub>2</sub> 뿐만 아니라 다른 공기 오염물질에도 상당히 고노출 상태에 있는 것으로 생각할 수 있다.

은 그에 따른 건강한 삶을 좌우할 수 있다. 본 연구에서는 도로변에 근무하는 구두수선대 미화원을 대상으로 대도시인 서울과 중소도시 아산에서 구두수선대 실내 및 실외의 NO<sub>2</sub> 농도를 측정하여 구두수선대 미화원들의 노출정도를 평가하였고, 도로변에서 인도 건너편 건물의 실외 NO<sub>2</sub> 농도를 동시에 측정하여 감소정도를 파악하였다. 도로변에 위치한 구두수선대의 근로자들은 차량에 의한 실외 대기오염물질과 구두수선대 실내환경에서 가스렌지 사용에 의해 고농도의 NO<sub>2</sub> 농도에 노출될 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과는 도로변 주변에서 근무하는 근로자에 대한 공기오염물질의 노출을 고려하여 인도폭, 도로변 상가 등 도시계획, 토지이용 및 차량계획에 활용해야 할 것이다.

### 감사의 글

본 연구는 순천향대학교의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

### IV. 결 론

직업형태 및 작업장 위치에 따른 대기오염물질의 저노출(low exposure)과 고노출(high exposure)

### 참 고 문 헌

1. 환경부 : 환경백서, 2001.
2. 서울대학교 의과대학 예방의학교실 : 환경오염

- 관련 질병양상에 관한 실태조사, 1993.
3. Lee, J., Shin, D., and Chung, Y.: Air pollution and daily mortality in Seoul and Ulsan, Korea. *Environmental Health Perspective*, 107(2), 149-154.
  4. Jones, A.P.: Indoor air quality and health. *Atmospheric Environment*, 33, 4535-4564, 1999.
  5. Hansen, J., Raaschou-Nielsen, O., & Olsen, J.H. Increased risk of lung cancer among different types of professional drivers in Denmark. *Occupation Environment Medicine*, 55, 115-118, 1998.
  6. Jo, W.K. and Song K.B.: Exposure to volatile organic compounds for individuals with occupations associated with potential exposure to motor vehicle exhaust and /or gasoline vapor emissions. *The Science of the Total Environment*, 269, 25-37, 2001.
  7. Oosterlee, A., Drijver, M., Lebre, E. and Brunekreef, B.: Chronic respiratory symptoms in children and adults along streets with high traffic density. *Occup. Environ. Med.*, 53, 241- 247, 1996.
  8. 배현주, 양원호, 김나리, 정문호: 서울시 도로변의 PM3.5/NO2 농도비 및 구두수선대 근로자의 노출평가. *대한위생학회지*, 16(4), 21-30, 2001.
  9. Ledin, B.R., Hammarstrom, U., Stjernberg, N., Lundback, B., and Sandstrom, T.: Effects on symptoms and lung function in humans experimentally exposed to diesel exhaust. *Occup. Environ. Med.*, 53, 658-662, 1996.
  10. Yanagisawa, Y. and Nishmura, H. : A badge-type personal sampler for measurement of personal exposures to NO<sub>2</sub> and NO in ambient air *Environment International*, 8, 235-242, 1982.
  11. Lee, K., Yanagisawa, Y., and Spengler, J.D.: Sampling rate evaluation for NO<sub>2</sub> badge: (I) in indoor environment. *Indoor Air*, 4(2), 124-130, 1993.
  12. Sexton, K., Letz, R., and Spengler, D.: Estimating human exposure to nitrogen dioxide: an indoor/outdoor modeling approach. *Environmental Research*, 32, 151-166, 1983.
  13. Lee, K., Yang, W. and Bofinger, N.D.: Effect of microenvironmental nitrogen dioxide concentrations on personal exposure in Australia. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 50, 1739-1744, 2000.
  14. Atimtay, A.T., Emri, S., Bagci, T. and Demir, A.U. Urban CO exposure and its health effects on traffic policemen in Ankara. *Environmental Research Section A*. 82, 222-230, 2000.
  15. Perry, R. and Gee, I.L.: Vehicle emissions and effects on air quality: indoors and outdoor. *Indoor Environment*, 3, 224-236, 1994.
  16. 양원호, 배현주, 정문호: 측정시간에 따른 거주 지역 환기량 계산 오류에 관한 연구. *한국환경위생학회지*, 제 26권 3호, 50-54, 2000.