

## 영업용 택시 운전자들의 공기오염물질 노출평가

양원호 · 김대원\* · 김영희 · 김종오\*\*

대구가톨릭대학교 산업보건학과

\*대구가톨릭대학교 환경과학과

\*\*동남보건대학 환경보건과

## Potential Exposure of Indoor Air Pollutants inside Vehicle for Professional Taxi Drivers

Won-Ho Yang · Dae-Won Kim\* · Young-Hee Kim · Jong-Oh Kim\*\*

*Department of Occupational Health, Catholic University of Daegu*

*\*Department of Environmental Science, Catholic University of Daegu*

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

### Abstract

Professional taxi driver exposure to indoor air pollutants has been a subject of concern in recent years because of higher levels of air pollutants, comparing to the surrounding atmosphere. This study evaluated the potential exposure to respirable suspended particulate (RSP), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) and volatile organic compounds (VOCs; benzene and toluene) for professional taxi drivers inside each of 10 vehicles in Pusan, comparing weekday (Monday and Thursday) and weekend (Saturday). Indoor mean concentrations of RSP inside vehicle were 53.88 ug/m<sup>3</sup> and 75.52 ug/m<sup>3</sup> on weekday and weekend, respectively. Measured indoor NO<sub>2</sub> concentrations were 28.32 ppb and 40.69 ppb, respectively. Benzene and toluene mean concentrations inside vehicle were 5.41 ppb and 11.36 ppb, respectively. Considering no smoking of taxi drivers inside vehicle, closed window in winter, and increased usage of taxi on weekend, source of indoor air pollutants inside taxi might be mainly suggested from the number of passenger's carried, faulty exhaust systems, and engine and carburetor evaporative emissions.

Keywords : Professional taxi driver, Exposure, Respirable suspended particulate, Nitrogen dioxide, Volatile organic compounds

### I. 서 론

실외 대기는 바람 등에 의한 자연적인 희석률이 크고, 사회적 인식 확대 및 각종 환경규제 등으로 대기오염 수준은 억제되고 있으나, 실내공기는 한정된 공간에서 인공적인 설비를 통하여 오염된 공

기가 계속적으로 순환되면서 오염농도가 인체에 유해한 영향을 미칠 수 있을 정도로 증가될 수 있기 때문에 실내환경에 대한 인식이 새롭게 부각되기에 이르렀다<sup>1)</sup>. 인간은 일반적으로 대략 하루에 1.5 kg의 음식을 섭취하고 2 ℓ 정도의 물을 마시며, 공기는 약 13,000 ℓ 정도를 흡입해야 살 수

있으며 단 몇 분만 호흡을 멈추더라도 곧 사망하게 될 만큼 중요하다. 직장 성인이 경우 하루 24시간 중 90% 이상을 실내(주택, 사무실, 작업장, 공공건물, 지하시설물, 상가, 음식점, 차량 등)에서 생활하는 것으로 조사보고 있다<sup>2,3)</sup>.

한편, 일반 대기환경과 비교 할 때 자동차 실내 환경은 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 질소산화물(Nitrogen Oxide, NO<sub>x</sub>), 미세입자(Fine Particle, PM), 다이옥신(Dioxin), 다환방향족탄화수소 등의 공기오염물질의 농도가 높을 가능성이 있고, 건강위해성 때문에 자동차 주행시 운전자 및 탑승자의 공기오염물질에 대한 노출 및 건강위해성의 관심이 높아지고 있다<sup>4,5)</sup>. 차량 이용과 관련한 공기오염물질 노출에 대한 국내·외 연구들에서 휘발유 사용과 관련이 없는 일상 활동에 비해 출·퇴근시 차량내에서 상승된 노출이 되고, 이로 인한 건강 위해도가 증가된다고 한다<sup>6)</sup>. 또한 차량 운전시 배출되는 공기오염물질로 인해서 도로에서의 공기오염물질 농도는 일반 대기보다 높아지고, 이렇게 오염된 도로상의 공기가 차량실내 또는 주변 주택 실내로 침투하기 때문에 차량내 또는 주변 주택 실내의 공기오염물질 농도가 증가된다고 한다<sup>7,8)</sup>. Chan 등은 미국의 노스캐롤라이나에서 차량과 관련된 연구를 실시하였는데, 도심과 간선, 그리고 교외의 3개 노선을 승용차로 운행하면서 차량내의 오염도를 알아본 결과 차량의 이동이 잦은 도심이 가장 높은 농도를 나타내었고, 차량의 왕래가 적은 교외지역이 가장 낮은 농도를 나타내었다<sup>9)</sup>. 그리고 Dor 등은 파리에서 교통수단에 따른 노출 정도를 평가하여, 자가용 운전자, 버스 및 전철을 이용하는 대중교통 이용자, 도보 통근자들을 대상으로 VOCs의 농도를 알아보았다. 그 결과 휘발유 차량인 자가용에서의 농도가 가장 높았고, 다음으로 도로상으로 걸어서 출퇴근하는 사람, 대중교통수단의 순으로 나타났다<sup>10)</sup>.

본 연구는 최근 사회적으로 실내공기질에 대한 인식 증대에 따른 새로운 실내환경으로 영업용 차량 실내공기질 측정 및 노출평가 연구로서, 차량을 이용하는 운전자 및 탑승자들에게 고농도로 노출될 수 있음을 가정하여 차량탑승과 관련된 대표적인 오염물질인 호흡성분진(Respirable Suspended

Particulate, RSP), 이산화질소(Nitrogen Dioxide, NO<sub>2</sub>), VOCs를 평일과 주말에 각각 측정하여 잠재적 노출정도와 발생원을 추정하였다<sup>11)</sup>. 이 결과는 차량 운전자뿐만 아니라 탑승자에 대한 노출정도 및 건강위해를 추정할 수 있을 것이며, 공기청정기 설치 등 차량 실내공기질 대책에 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

## II. 연구방법

부산 S 운수 영업용 차량 10대를 섭외하여 하루 24시간 동안 부산 전역을 평소 영업하는 방식으로 운행하면서 측정 대상물질들을 측정하였다. 1 차량 당 총 3일 동안 동일한 조건 상태에서 손님이 많은 요일(예상: 월, 토요일)과 적은 요일(예상: 목요일)을 선택하여 대상 공기오염물질인 VOCs, NO<sub>2</sub>, RSP를 차량 실내환경을 측정하였다. 또한 개인별 설문지 조사를 병행 실시하여 흡연 등의 개인성향 및 차량에 관한 내용을 조사 하였다. 모든 차량은 차량의 운전자가 평소와 똑같이 운행하는 조건에서 하였다.

RSP의 채취를 위하여 cut-point가 4 $\mu$ m인 알루미늄 사이클론(Cyclone, SKC, USA)과 PVC 필터를 이용하였다. 채취한 필터는 시료채취 전·후에 48시간 동안 데시케이터에 보관하여 일정한 습도를 유지되도록 하였고, 10<sup>-6</sup>g까지 측정할 수 있는 미량저울(ME 5-F, Sartorius, Germany)을 이용하여 중량을 분석하였다. 중량분석시 정전기의 영향을 방지하기 위하여 정전기 제거장치를 이용하였다. 펌프의 유량보정은 측정 전·후 각각 실시하여 그 평균값으로 하였다.

NO<sub>2</sub> 측정은 badge type의 수동식 시료채취기를 사용하였다<sup>12)</sup>. NO<sub>2</sub> 수동식 시료채취기는 작고(5×4×1cm<sup>3</sup>) 가벼운 장점을 지니고 있다(15g). 수동식 시료채취기 내부에 있는 셀룰로우스 필터에 triethanolamine 용액이 흡수되어 NO<sub>2</sub>를 포집한다. 농도계산에 이용된 물질전환계수(mass transfer coefficient)는 0.10cm/sec를 이용하였으며, NO<sub>2</sub>의 농도분석은 photo-spectrometer(Shimadzu UV-1201)를 이용하여 정량분석을 하였다<sup>13)</sup>. NO<sub>2</sub> 농도분석은 sulfanilic acid 5g, phosphoric acid (85%) 50ml

과 NEDA(N(1 Naphtyl) ethylene diamine dihydrochloride, 98%) 0.05g을 이용하여 color reagent(azodye forming) 1ℓ를 제조하여, 수동식 시료채취기를 NO<sub>2</sub>가 존재하지 않는 챔버(chamber)에서 분해하여 셀룰로우스 여지를 시험관(16×100 mm)에 넣고, color reagent 10.0mℓ를 시험관에 주입 실리카겔, 활성탄, Purafil filter(과망간산 칼륨, 활성 알루미늄과 활성탄으로 합성된 물질)를 연속으로 연결하여 대기 중 공기를 챔버(chamber)로 유입시켜 공기오염물질이 없는 상태에서 분석하였다.

VOCs 중에서 목적물질로 Benzene과 Toluene을 NO<sub>2</sub>, RSP와 동시에 측정하였다. VOCs은 OVM(3M, USA) 수동식 시료채취기 #3500을 이용하였으며, 분석은 2mℓ CS<sub>2</sub>로 탈착하여 GC/MS(HP 6890 Plus, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 분석하였다. GC/MS 분석 조건은 초기 온도 31℃에서 2분간 머물도록 하였으며, 100℃까지 분당 5℃씩 승온 시키고 1분간 머물도록 하였다. VOCs 농도는 측정시간, GC/MS로 정량된 물질의 양(μg), 그리고 계산 상수를 이용하여 계산하였다. 탈착효율은 3M OVM 수동식 시료채취기의 분석가이드에서 제시한 값을 이용하였다<sup>14)</sup>.

VOCs 및 NO<sub>2</sub> 수동식 시료채취기는 운전자 머리 위부분의 태양광선 차단장치에 고정하였고, RSP는 운전자의 시야를 고려하여 운전자 바로 뒤 안전띠 부분에 설치하여 노출을 최대한 반영할 수 있도록 하였다. 측정일자는 2005년 2월 24일(목), 26일(토), 28일(월)이었으며, 측정물질 중 Benzene, Toluene, NO<sub>2</sub>는 24시간 동안 측정하였고 RSP는 타임머(timer)를 이용하여 12시간(오전 9시~오후 9시) 채취하도록 조작하였다.

### Ⅲ. 연구결과 및 고찰

본 연구에서 영업용차량 실내공기질 측정과 함께 조사된 설문지 내용을 살펴보면, 대상 차량 운전자 10명의 평균 연령은 52세이었고 9명이 남성이었다. 10명 중 2명을 제외한 8명이 흡연자였으며 평균 하루 당 11~15 개피를 흡연하였다. 차량 실내에서는 탑승자의 불쾌감을 고려하여 자제하고 있었으며, 아주 가끔 차량 실내에서 흡연할 때는

창문을 개방하는 것으로 답하였다. 차량 평균 연식은 2002년 5월이었고 차량 실내에서 근무(운전)하는 시간은 대략 10시간이었으며, 하루 2교대로 영업용 차량을 운행하였다. 차량 바닥재질은 고무이었고, 좌석은 인조가죽이었다. 차량 운행 연료는 모두 LPG(liquid petroleum gas)이었다. 평일과 주말의 영업용 차량 승객은 주말이 평일보다 1.5배인 것으로 나타내었다.

#### 1. 호흡성분진(RSP)

대기중 PM<sub>10</sub>의 농도와 본 연구에서 측정된 차량 실내에서의 RSP 농도는 공기역학적 직경이 다른 측정값이지만, 차량 실내의 RSP 측정기간 중 대기중 PM<sub>10</sub>의 농도는 부곡동, 연산동, 온천동의 자동관측소 자료를 참고하였다(Table 1). 대기 자동관측소의 PM<sub>10</sub> 농도는 측정기간 중 대기오염도가 가장 높은 날은 28일로 최대 100.91 μg/m<sup>3</sup>으로 1년 평균 대기기준치보다 44% 높게 나왔다. 같은 날 차량 실내에서 측정된 RSP와 비교하면 1 차량의 실내농도가 142.22 μg/m<sup>3</sup>로 대기환경기준 1년 평균 기준치보다 103% 높게 나타났다. 평균을 보면 측정기간 중 2월 26일 75.52 μg/m<sup>3</sup>로 기준치보다 7.9% 높게 나타났다. 측정 기간 중 PM<sub>10</sub> 1년 대기환경 기준치를 초과 하는 차량은 24일 2대, 26일 3대, 28일 1대로 측정기간 동안 총 6대 차량에서 1년 기준치를 초과 하였다.

Table 1에서 측정기간 중 자동관측소 평균 PM<sub>10</sub> 농도는 24일, 26일, 28일 각각 57.14, 34.36, 57.11 μg/m<sup>3</sup> 측정되었으며, RSP의 평균 농도는 51.13, 75.52, 50.83 μg/m<sup>3</sup> 측정되었다. 평균 농도를 보면 26일을 제외하고는 차량의 실내보다 대기의 오염도가 높은 것으로 나타났다. 이것은 계절적인 영향으로 운행 중 차량창문을 열지 않고 차량의 환기모드를 외부환기 모드가 아닌 내부환기 모드로운행을 하여 외부의 오염물질 유입이 적은 것으로 생각한다. 측정기간 중 24, 28일 보다 26일에 PM<sub>10</sub>(34.36 μg/m<sup>3</sup>)보다 RSP(75.52 μg/m<sup>3</sup>)가 높게 나온 것은 승객이 많은 주말이기 때문에 탑승자가 평일보다 높아 승·하차시 사람에 의한 'personal cloud(사람이 분진의 발생의 원인)' 및 도로변 공

Table 1. Concentrations of PM<sub>10</sub>( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in atmosphere and RSP inside vehicle

Date	Atmosphere			Inside vehicle		
	PM <sub>10</sub>			RSP		
	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)
Max	87.82	46.87	100.91	84.00	122.22	142.22
Min	37.52	24.13	32.39	24.00	44.44	13.33
Median	54.65	32.61	48.91	49.33	60.00	41.11
Mean	57.14	34.36	57.11	51.13	75.52	50.83

기 유입이 영향을 주었을 것으로 생각한다<sup>15)</sup>. 기존 연구에서 가솔린 또는 디젤 차량의 경우 배기시스템에서 차량 실내의 유입은 차량 실내공기질을 차량 실외 대기오염보다 더욱 심각하게 할 수 있는 것을 고려하면 청정연료인 LPG의 사용은 대기오염뿐만 아니라 운전자 개인노출을 감소시킬 수 있을 것으로 생각 할 수 있다<sup>9)</sup>.

RSP 측정결과는 차량실내의 미세먼지 농도는 자동 측정망에서 측정된 농도와 차이를 보였다. 측정망의 측정방법과 차량내의 측정방법이 다르기 때문에 직접적으로 비교 가능한 어렵지만, 자동 측정망 미세먼지 농도가 차량 실내공기질을 평가할 수 없음을 나타내고 있다. 일부 차량은 대기환경기준을 초과하는 것으로 나타나 호흡성분진 노출에 따른 건강위해성을 나타낼 가능성이 있으며, 차량 탑승자에게도 그 영향을 야기 시킬 수 있음을 알 수 있다.

## 2. 이산화질소(NO<sub>2</sub>)

가솔린자동차의 배출가스 중에서 유해가스로 규제하는 성분은 CO, HC, NO<sub>x</sub>이며, 디젤자동차에서는 특히 NO<sub>x</sub>와 PM의 배출량이 많아 문제시 되고 있다. 측정기간 중 대기중의 NO<sub>2</sub> 농도는 PM<sub>10</sub> 대기 측정과 마찬가지로 자동관측소 자료를 참고하였다 (Table 2). Table 2에서 NO<sub>2</sub> 연평균 기준치인 50 ppb를 초과하는 날은 24일, 28일 양일간 이었다.

측정기간 중 영업용차량 측정값과 대기자동관측소 평균 농도를 비교 나타냈었다. 측정기간 중 대기자동관측망의 평균 농도를 보면 2월 24일 34.5 ppb, 26일 27.5 ppb, 28일 39.5 ppb로 나타났으며, 영업용차량 실내측정 오염농도 평균은 24일 31.51 ppb, 26일 40.69 ppb, 28일 23.75 ppb를 나타내었다. 측정기간 중 영업용 차량 실내공기 오염도가 대기오염도 보다 낮았으며, 이는 계절적인 영향과

Table 2. Concentrations of NO<sub>2</sub>(ppb) in atmosphere and inside vehicle

Date	Atmosphere			Inside vehicle		
	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)
Max	59.00	41.00	65.00	42.80	52.0	35.75
Min	19.00	13.00	21.00	18.96	27.24	17.26
Median	32.50	26.50	38.00	27.77	39.64	26.41
Mean	34.50	27.50	39.50	31.51	40.69	23.75

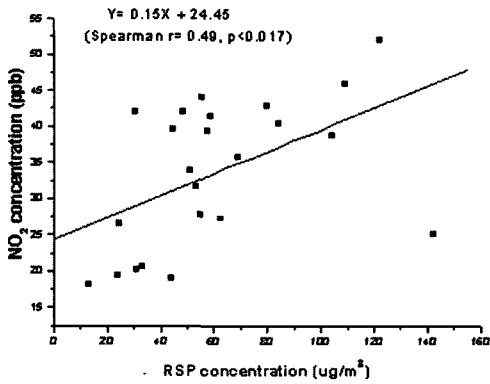


Fig. 1. Correlation between measured RSP and NO<sub>2</sub> concentrations inside vehicle.

차량의 연료차이로 생각된다. 계절적으로 겨울이기 때문에 창문을 열어놓고 운행을 하지 않으며, 이산화질소(NO<sub>2</sub>)의 주 배출차량인 디젤 차량이 아닌 청정연료인 LPG를 차량 연료로 사용하기 때문인 것으로 생각한다<sup>16)</sup>. 토요일의 NO<sub>2</sub> 농도는 대기자동관측소의 농도 27.50 ppb, 영업용차량 실내농도 40.69 ppb로 대기자동관측소 NO<sub>2</sub> 농도보다 높게 나왔으며, 측정값이 평일보다 높아 RSP 측정과 비슷한 결과를 보였다.

Fig. 1은 차량 실내공기에서 측정된 호흡성분진(RSP)과 이산화질소(NO<sub>2</sub>)와의 상관관계를 나타내었다. 두 측정값 사이의 상관관계수(correlation coefficient, r)는 0.49(p < 0.017)를 나타내어, 호흡성분진(RSP) 농도와 이산화질소(NO<sub>2</sub>)의 농도는 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. Fig. 1에서 한 측정점인 RSP 142.22 μg/m<sup>3</sup>와 NO<sub>2</sub> 25.13 ppb를 특이값(outlier)으로 해석하면 상관관계수는 0.72 (p =

0.001)로 나타나, NO<sub>2</sub>와 RSP의 발생원이 같을 가능성을 보여주고 있다.

### 3. 휘발성유기화합물(VOCs)

인체영향과 더불어 광화학스모그(photochemical smog)의 전구물질인 휘발성유기화합물(VOCs)은 일반적으로 상온·상압 상태에서 대기 중 가스형태로 배출되는 탄소와 수소로 이루어진 물질을 말하지만 아직까지 규제대상으로 분류되는 통일된 정의나 대상물질의 범주는 나라마다 다르게 적용되고 있다. RSP와 NO<sub>2</sub>와 동시에 측정한 결과는 Table 3에 나타내었다. 항목별 농도 범위를 살펴보면, Benzene은 24일 2.53~9.98ppb, 26일 4.98~10.20ppb, 28일 2.39~5.93ppb를 나타내며, Toluene은 24일 7.86~18.63ppb, 26일 12.35~21.47 ppb, 28일 5.11~11.21ppb 농도범위를 나타내었다. 측정일자별 평균농도 결과를 살펴보면, RSP와 NO<sub>2</sub>와 비슷한 경향으로 토요일의 농도가 평일보다 높은 농도를 보였다.

### 4. 차량 실내 측정농도 상관성분석

월, 목, 토요일에 각각 영업용 차량 10대에서 동시에 측정된 NO<sub>2</sub>, RSP, Benzene과 Toluene의 농도간의 상관성 분석을 Table 4에 나타내었다. 차량 실내에서 측정된 RSP와 NO<sub>2</sub>, Benzene, Toluene의 상관관계수 값은 각각 0.49(p < 0.017), 0.190, 0.241이었고, NO<sub>2</sub> 농도와 Benzene 및 Toluene 농도의 상관관계수는 각각 통계적으로 유의한 0.587(p = 0.001) 및 0.652(p < 0.001)을 나타내었다. VOCs 중 Benzene과 Toluene의 상관관계수는 0.747

Table 3. Concentrations of VOCs(ppb) in atmosphere and inside vehicle

	Benzene (ppb)			Toluene (ppb)		
	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)	24/2 (Thursday)	26/2 (Saturday)	28/2 (Monday)
Max	9.98	10.20	5.93	18.63	21.47	11.21
Min	2.53	4.98	2.39	7.86	12.35	5.11
Median	7.00	7.45	3.93	11.01	18.70	7.57
Mean	6.73	7.47	3.97	12.32	17.55	8.02

Table 4. Spearman correlation coefficients among measured concentrations of air pollutants inside vehicle

Component	RSP	NO <sub>2</sub>	Benzene	Toluene
RSP	1	0.49**	0.190	0.241
NO <sub>2</sub>		1	0.587**	0.652**
Benzene			1	0.747**
Toluene				1

\*p&lt;0.05, \*\*p&lt;0.01

( $p < 0.001$ )로 측정된 입자상물질인 RSP와 가스상물질 NO<sub>2</sub>, Benzene, Toluene은 발생원이 동일할 가능성을 통계적으로 보여주고 있다.

동시 측정된 공기오염물질 간의 상관관계로 발생원을 분석한 Bae 등의 연구방법을 이용하여 분석된 결과는 고려할 때, 차량 실내에서 측정된 RSP, NO<sub>2</sub>, VOCs(Benzene 및 Toluene)는 같은 발생원에서 생성된 것으로 평가할 수 있었다<sup>17)</sup>. 차량 운전자들이 일반적으로 탑승객(손님)의 편의를 위해서 차량 내 흡연을 절제하고, 내부순화모드와 겨울철 창문을 주로 닫고 운행, 차량 연식이 최소 2년 이상이어서 신차(新車)에 의한 실내 발생원의 없음<sup>18)</sup>, 그리고 주말의 영업용 차량 이용 증대를 고려한다면 차량 실내의 공기오염물질은 주로 운전자 및 탑승객의 차량 승차 및 하차시 외부 공기의 유입으로 고려할 수 있다. 또한 엔진에서 발생된 공기오염물질의 차량 실내 유입도 주요 요인으로 생각할 수 있다<sup>9)</sup>.

#### IV. 결 론

본 연구는 최근 실내공기질에 대한 인식 증대에 따른 새로운 실내환경으로 영업용 차량 실내공기질의 측정을 이용한 운전자들의 노출 및 발생원 추정 연구로서, 차량을 이용하는 운전자 및 탑승자(승객)들에게 높은 농도로 노출될 수 있음을 가정하여 차량관련 대표적 오염물질인 호흡성분진(RSP), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 휘발성유기화합물(VOCs; Benzene, Toluene)을 대상으로 평일(월요일과 목요일)과 주말(토요일)에 각각 측정하였다. 차량 실

내의 RSP 및 NO<sub>2</sub> 측정결과는 대기에서 측정한 농도값과 차이를 보여, 대기 자동 측정망의 농도 측정이 차량 실내공기질을 평가할 수 없음을 나타내었다. 일부 차량은 미세먼지 농도가 대기환경기준을 훨씬 초과하는 것으로 나타났다. 발암성 물질인 Benzene은 비록 저농도지만 대부분 차량에서 검출되어 노출에 따른 건강위해 가능성을 보여주었다. 동시에 측정된 RSP, NO<sub>2</sub>, Benzene, Toluene 농도값들의 상관관계를 분석한 결과, 입자상물질인 RSP와 가스상물질 NO<sub>2</sub>, Benzene, Toluene은 발생원이 동일할 것으로 추정하였다. 차량 운전자들이 일반적으로 탑승객(손님)의 편의를 위해서 차량 내 흡연을 절제하고 내부순화모드와 겨울철 창문을 주로 닫고, 2년 이상의 연식 차량, 주말의 영업용 차량 이용 증대를 고려한다면 차량 실내의 공기오염물질은 주로 운전자 및 탑승객의 차량 승차 및 하차시 외부 공기의 유입과 엔진에서 발생된 공기오염물질의 차량 실내 유입으로 추정하였다.

#### 참 고 문 헌

1. Jones, A.P., Indoor air quality and health, Atmospheric Environment, 33, 4535-4564, 1999.
2. Lee, K., Yang, W., Bofinger, N.D.: Effect of microenvironmental nitrogen dioxide concentrations on personal exposure in Australia, Journal of the Air & Waste Management Association, 50, 1739-1744, 2000.
3. 양원호, 이선화, 백도명 : 시간가중치 평균모델

- 을 이용한 이산화질소 노출 평가 및 예측, 한국대기환경학회지, 17(3), 251-258, 2001.
4. 김대원, 김문현, 양원호 : 차량 운전자의 공기오염물질 노출 및 차량용 공기정화기에 의한 제어, 한국환경보건학회, 30(5), 481-486, 2004.
  5. Hansen, J., Raaschou-Nielsen, O., Olsen, J.H. : Increased risk of lung cancer among different types of professional drivers in Denmark, Occupational and Environmental Medicine, 55, 115-118, 1998.
  6. Jo, W.K., 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. Nitta, H., Sato, T., Nakai, S., Maeda, K., Aoki, S., Ono, M. : Respiratory health associated with exposure to automobile exhaust. I. Results of cross-sectional studies in 1979, 1982, and 1983., Archives of Environmental Health, 48, 53-58, 1993
  8. Fischer, P.H., Hoek, G., Reeuwijk, V., Briggs, D.J., Lebert, E., Wijnen, J.H., Kingham, S., Elliott, P.E. : Traffic-related differences in outdoor and volatile organic compounds in Amsterdam, Atmospheric Environment, 34, 3713-3722, 2000.
  9. Chan, C., Ozkaynak, H., Spengler, J.D., Sheldon, L. : Driver exposure to volatile organic compounds, CO, ozone and NO<sub>2</sub> under different driving conditions, Environ.Sci.Technol., 25, 964-972, 1991.
  10. Dor, F., Moullee, Y.L., Festy, B. : Exposure of city residents to carbon monoxide and monocyclic aromatic hydrocarbons during commuting trips in the Paris metropolitan area, Journal of the Air & Waste Management Association, 45, 104-110, 1995.
  11. Janssen, N.A.H., Vliet P.H.N., Aarts, F., Harssema, H., Brunekreef, B. : Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways, Atmospheric Environment, 35, 3875-3884, 2001.
  12. Yanagisawa, Y., Nishimura, H. : A badge-type personal sampler for measurement of personal exposure to NO<sub>2</sub> and No in ambient air, Environment International, 8, 235-242, 1982
  13. Lee, K., Yanagisawa, Y., Spengler, J.D. : Sampling rate evaluation for NO<sub>2</sub> badge: (I) in indoor environment, Indoor Air, 4(2), 124-130, 1993.
  14. 3M : Organic Vapor Monitor Sampling and Analysis Guide, Occupational Health and Safety, Products Division/3M (<http://www.3m.com>)
  15. Wallace, L.A. : Indoor particles: a review, Journal of the Air & Waste Management Association, 46, 08-126, 1996
  16. 방용남, 손부순, 양원호, 박종안, 장봉기 : 시간 행동 행태를 이용한 영업용 운전자들의 이산화질소 개인 노출량 예측, 한국환경위생학회, 27(1), 20-26, 2001.
  17. Bae, H., Yang, W., Chung, M. : Potential exposure and traffic contribution to indoor air quality of shoe-stalls near busy road in Korea, The Science of the Total Environment, 323, 99-105, 2004.
  18. Brown, S.K., Cheng, M. : Volatile organic compounds(VOCs) in new car interiors, 15th International Clean Air & Environment Conference, Sydney, Australia, 2000.