

대구지역 주요 도로변 대기오염물질의 농도 특성

조완근·최성락*

경북대학교 환경공학과, *대구지방환경청 측정분석과
(2005년 7월 15일 접수; 2006년 3월 17일 채택)

Characteristics of Air Pollutant Concentrations Near Major Roadways in Daegu

Wan-Kuen Jo and Sung-Rak Choi

Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
*Department of Measurement and Analysis, Daegu Regional Environmental Office, Daegu 706-706, Korea
(Manuscript received 15 July, 2005; accepted 17 March, 2006)

Present study was designed to characterize the concentrations of major roadside air pollutants in Daegu and to compare with those of Seoul and Busan. Evaluated were the exceedance frequency of mean concentrations of target compounds(CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂) and the relationship for time variation. Two air pollution monitoring stations(one roadside station and one residential station) in Daegu were selected for this study. In addition, one roadside monitoring station from each of Seoul and Busan was chosen for the comparison of Daegu monitoring stations. The data analyzed in the current study were collected from 1998 to 2000 by Daegu Regional Environmental Management Office. The roadside concentrations of NO₂ and PM₁₀ and the exceedance frequency of ambient air standard levels in Daegu were higher than those of Seoul and Busan. Except O₃, the roadside concentrations of all target compounds showed following three distinguished patterns; first, possibly due to increased traffic density, the concentrations increased from 0500 to 0900(LST), second, the concentrations decreased from 0900 to 1700(LST) possibly due to the increased wind velocity and decreased traffic density, and finally, increased traffic density, the concentrations increased again from 1700 to 2100(LST). An implication was that major air pollution sources shifted from residential area to road-area during rush hours.

Key Words : Air pollution monitoring, Roadside station, Residential station, Time variation, Traffic

1. 서론

오늘날 자동차가 일상생활의 필수품으로 등장하면서 자동차로부터 배출되는 다양한 대기오염물질로 인해 기존의 국내 대기오염 양상이 달라지고 있다^{1~3)}. 즉, 대기오염의 주범이 사업장이나 난방연료와 같은 고정 배출원(stationary source)에서 1980년대 이후부터 자동차의 보급증가로 인하여 이동 배출원(transportation source)인 자동차로 전환되고 있다. 서울을 비롯한 일부 대도시의 경우 자동차 배출가스가 차지하는 대기오염 비중이 80%를

넘어서는 등 전국 주요도시의 자동차공해 비중이 매우 높아지면서 도시의 공해는 곧 교통공해로 볼 수 있게 되었다. 또한, 기온이 높은 여름철 대도시 지역에서는 오존주의보 발령이 빈번해지면서 자동차 공해에 대한 관심이 더욱 증대되고 있다^{3~5)}. 나아가, 자동차에서 배출되는 오염물질들은 독성이 매우 강한 것들이 많이 포함되어 있기 때문에 이러한 오염물질에 대한 노출은 건강 영향에 직결된다^{6~8)}. 미국, 유럽 및 중국의 여러 외국의 경우에도, 자동차가 도시 대기오염을 악화시키는 주요 원인으로 알려져 있다^{9~14)}. Whalen et al.⁹⁾은 대부분의 미국 도시지역에서 휘발성 유기화합물질의 경우 자동차가 도시 공기오염 원인의 70% 이상을 기여하는 것으로 추산하였다.

국내 많은 도시에서 도로변 인근지역에 상업 또

Corresponding Author : Wan-Kuen Jo, Department of Environmental Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
Phone: +82-53-950-6584
E-mail: wkjo@knu.ac.kr

는 주거지역이 위치해 있기 때문에 이러한 지역에서 생활하는 사람들은 자동차에서 배출되는 대기 오염물질에 의해 높은 노출 및 위해성(risk)에 직면하게 된다^{1,15)}. 실질적으로, Fischer et al.¹⁶⁾은 도로변 공기오염물질이 인근 주거지역의 실내공기로 침투할 수 있으므로 교통량이 많은 도로변 인근의 거주자들은 교통량이 적은 도로변 인근의 주거자보다 실외공기 뿐만 아니라 실내공기를 통해서도 높은 자동차 공해물질에 노출되는 것으로 보고하였다. 나아가, 최근의 역학조사¹⁷⁻¹⁹⁾에 따르면 주요 도로에 근접해 생활하는 거주자들이 호흡기 질병 증세, 폐 기능 약화 그리고 천식 발생 가능성이 더 높게 나타난다. 따라서, 도로변 인근 지역에서 생활하는 사람들의 자동차 공해물질로부터 건강 위해성을 최소화하기 위해서는 자동차 공해에 대한 관리와 제어방안이 활용되어야 한다. 자동차 공해에 대한 관리와 제어방안을 수립하기 위해서 자동차 공해의 특성에 과학적인 이해가 선행되어야 한다^{10,11)}. 결과적으로, 본 연구는 대구시의 도로변 인근지역의 자동차로 인해 배출되는 공해 오염물질에 대한 체계적인 대기질 관리와 제어방안 모색을 위한 주요자료를 제공하기 위하여, 국내주요 대도시 도로변지역의 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO₂), 오존(O₃), 미세먼지(PM₁₀) 및 아황산가스(SO₂) 오염도에 대한 시간적 및 공간적 특성을 분석·평가하며 환경기준에 대한 만족 여부를 분석하고, 또한 도로변지역과 주거지역에 대한 오염도를 비교·평가하였다.

2. 방 법

자동차 배출가스의 영향을 평가하기 위하여 도로변 측정소가 설치된 서울, 부산 및 대구는 전국에서도 차량으로 인한 오염의 정도 및 인구가동이 가장 심한 지역으로 알려져 있다²⁰⁾. 따라서, 본 연구에서는 대구(남산동, 만촌동), 서울(동지동), 부산(온천동) 지역에서 1998년 1월부터 2000년 12월까지 3년 동안 측정된 대기오염자료를 활용하였다. 기상자료는 대구시 신암동에 위치한 대구기상대로부터 확보되었다. 자동차 교통량본포 자료는 지방자치단체로부터 제공받았다. 본 연구의 대상물질인 CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂의 다섯 가지 물질들에 대한 오염도평가는 대구 도로변지역을 다른 대도시 도로변지역과 오염특성에 관한 비교 분석을 실시하고, 대도시 지역별 평균값 이상에 대한 평가 및 환경기준에 대한 만족여부를 분석하였으며, 또한 도로변지역의 오염도 비교를 위하여 대구 남산동 도로변 측정소로부터 동쪽방향으로 약 4.5km지

점의 위치에 설치된 대구 만촌동 측정소를 주거 대표지역(이하 주거지역)으로 선정하였다. 자동차 배출가스의 영향을 평가하기 위하여 설치된 대구 남산동 도로변 측정소는 교통량이 많은 도로를 중심으로 도시의 대형건축물이 터널형태로 이루어져 자동차 배출가스 영향지점으로서 설득력을 얻고 있으며 이와 관련하여 비교지역에 대한 지점선정은 대구보다 교통량이 많을 것으로 예상되는 서울의 동지동과 부산의 온천동 지역을 선정하여 대구시의 도로변 오염도 특성을 비교 평가하였다. 각 측정소에 설치된 대기오염 자동측정기는 시스템으로 갖추어져 아황산가스 등 각 항목별 분석방법에 따라 자동 연속적으로 측정하며 측정된 모든 자료는 자료 저장기(Data Logger) 및 모뎀(Modem)을 이용, 즉 자동감시체계(TMS)를 통하여 실시간(5분간격)으로 각 지방환경관리청과 환경부 전산실로 전송되며 전송된 자료가 1시간에 9개 이상 수집되고 일일 13시간 이상 및 월 16일 이상 측정된 자료의 경우에만 정상자료로 인정하여 분석 자료로 활용하였다. 본 연구에 사용된 대기오염 측정 자료는 환경부산하 각 지방환경청에서 운영·관리하고 있는 대기오염 자동측정기에서 생산된 측정 자료로서 분석대상 항목으로는 일산화탄소, 이산화질소, 오존, 미세먼지, 아황산가스 등 5개 항목의 자료를 대기오염 공정시험방법에 의거 각 항목별 분석방법에 따라 자동으로 연속 측정된 자료를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 지역별 도로변대기 오염도

대구시 도로변 지역의 대기오염도를 비교·평가하기 위하여 자동차가 많은 서울·부산지역을 대조지역으로 선정하고 이들 세 지역에서 측정된 대상물질들(CO, NO₂, O₃, PM₁₀, SO₂)에 대한 자료를 분석한 조사 기간 전체 평균농도가 Fig. 1에 나타난다. CO의 경우, 대구가 1.8 ppm으로 부산(1.9 ppm)과 비슷한 농도를 나타내며 서울의 2.4 ppm보다 낮게 나타났는데 이러한 결과는 선행 연구와 일치함을 보여주는 것으로서⁴⁾, 서울이 다른 두 도시에 비해 높게 나온 것은 동지동 측정소가 서울역에 위치하고 있어 이 지역을 이용하는 자동차나 주변 기차 등이 다른 도시에 비해 많이 운행된 결과로 사료된다.

NO₂는 대구가 37.0 ppb로서 서울(29.0 ppb), 부산(25.0 ppb)보다 가장 높게 나타났다. 대기 중 광화학 반응에 의하여 생성되는 2차 오염물질로서, 최근 원인물질인 질소산화물과 휘발성 유기화합물의 배출량이 증가함에 따라 대책 마련이 시급한 물

대구지역 주요 도로변 대기오염물질의 농도 특성

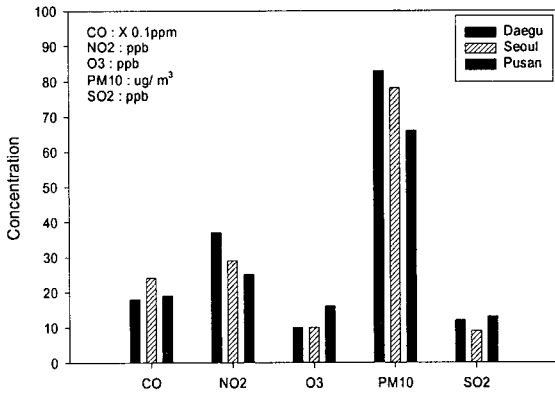


Fig. 1. Roadside mean concentrations of five major air pollutants(CO, NO₂, O₃, PM₁₀, and SO₂) observed at three selected sites in Daegu, Seoul and Pusan.

질로 알려진 오존은 대구가 10.0 ppb로 서울과 같은 농도를 나타내었으며, 부산이 16.0 ppb로서 세 지역 중 가장 높게 나타났다. 이러한 결과는 선행 연구와 일치하는 내용으로서 부산지역이 높게 나온 것은 다른 지역에 비해 해양에 의한 자연오존의 농도가 높기 때문으로 사료된다²¹⁾.

총 먼지에서 차지하는 비중이 갈수록 커지고 있는 미세먼지의 경우, 대구가 가장 높은 83.0 $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ 을 나타내었고, 다음이 서울과 부산으로서 각각 78.0 $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ 과 66.0 $\mu\text{g}\text{m}^{-3}$ 을 나타내었다. 이처럼 대구지역이 서울과 부산지역보다 높게 나온 것은 다른 지역에 비해 대구가 내륙분지로서 기온 차이가 심하고 대기확산이 불리한 조건으로 사료된다²²⁾.

SO₂의 경우, 대구와 부산이 각각 12.0 ppb, 13.0 ppb로 비슷한 수준을 보이고 서울은 9.0 ppb로서 세 지역 중 가장 낮게 나타내었다. 이는 대기 환경 기준치인 50 ppb 미만의 수준으로서 정부의 연료 정책(저황유 공급, 청정연료의 사용의무화)이 실효를 거두고 있기 때문으로 생각된다²³⁾.

3.2. 지역별 평균값 이상에 대한 평가

지역별 평균값 이상에 대한 평가에서는 각 지역 별로 그 지역의 연평균값을 초과하는 빈도수를 초과하지 않는 날과 비교 평가한 다음 다시 이를 하루중의 시간대에 따른 변화율을 분석하였다. 각 지역별로 연 평균값을 초과하는 빈도수에 대한 분석 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 먼저 각 오염물질에 대한 초과 빈도수를 지역별로 비교해 보면, CO는 대구가 가장 높은 471일(45.8%)이 연 평균값보다 초과한 것으로 나타났으며 그 다음이 서울과 부산으로서 각각 428일(42.6%), 417일(41.9%)로 나타났다. 그러나, 연평균을 초과한 일수가 가장 많은 지

역은 대구로 나타났지만 가장 높은 농도를 보인 지역은 서울이었다.

NO₂는 대구가 493일(52.5%), 서울이 445일(48.7%), 부산이 368일(39.8%)을 각각 나타냈다. O₃의 경우는 대구가 469일(45.2%)로 가장 높게 나타났으며 부산이 430일(42.9%), 서울이 418일(42%)을 각각 나타냈는데, 이는 기상인자의 영향을 많이 받은 결과로 해석된다. PM₁₀은 대구가 398일(44.8%)로 가장 높았으며 서울과 부산이 각각 336일(43.4%), 341일(38.4%)을 나타냈다. 타 도시와 비교할 때 대구지역의 높은 대기오염도는 대구가 다른 지역보다 분지형태로 기온 차이가 심하여 대기의 확산 조건이 불리하기 때문인 것으로 여겨지며 대기오염도가 상승의 여지가 많이 내포한 것을 알 수 있다^{22~24)}. 한편, SO₂의 경우 대구와 서울이 각각 423일(40.5%), 405일(39.5%)을 나타내었고, 부산이 가장 높은 425일(43%)을 나타냈다. 도시간의 비교에서, 다른 대기오염물질과는 달리 대구지역에서 SO₂의 연 평균값을 초과하는 빈도수가 가장 낮은 이유는 도시간의 연료 중 황 함유량과 연료 사용량의 복합적 상호작용에 기인하는 것으로 추정된다²⁴⁾.

3.3. 환경기준 초과 빈도수에 대한 평가

대상물질에 대한 환경기준을 초과하는 빈도수의 결과를 Table 1에 나타내었다. 각 대상물질에 대한 환경기준은 1시간, 8시간, 24시간, 연간평균치의 네 가지로 구분된다. CO의 경우, 대구와 부산지역에서는 환경기준을 초과한 날이 없었고 서울에서는 1시간 평균치가 1회 그리고 8시간 평균치가 2회 초과한 것으로 분석되었고, SO₂의 경우에도 대구에서의 초과 빈도수는 없었으며 서울에서는 1시간 평균치를 초과하는 빈도수가 한번 나타났으며 부산에서는 24시간 평균치를 초과하는 빈도수가 한번 나타났다. 따라서, 세 도시 모두에서 도로변의 CO와 SO₂ 오염문제는 큰 문제가 되지 않는 것으로 평가된다. 그러나, NO₂ O₃ 및 PM₁₀의 경우는 CO와 SO₂와는 다른 결과를 나타내었다. NO₂의 경우, 대구에서는 1시간 환경기준치를 7회나 초과하였으며 24시간 평균치를 초과한 빈도수도 4회나 되었다. 서울에서도 비록 1시간 평균치를 초과한 빈도수가 한번이지만, 24시간 평균치를 초과한 횟수는 10회나 되었다. 다만, 부산에서는 각 기준치에 대한 초과 일수는 없는 것으로 나타났다. O₃의 경우, 서울의 도로변 지역에서 9회 그리고 8시간 평균치를 초과한 때는 7회인 것으로 나타났다. PM₁₀의 경우, 대구에서는 24시간 평균치가 환경기준치를 초과한 빈도수가 48번, 연간 평균치를 초과한 빈도수는 세 번으로 매년 초과한 것으로 관측되

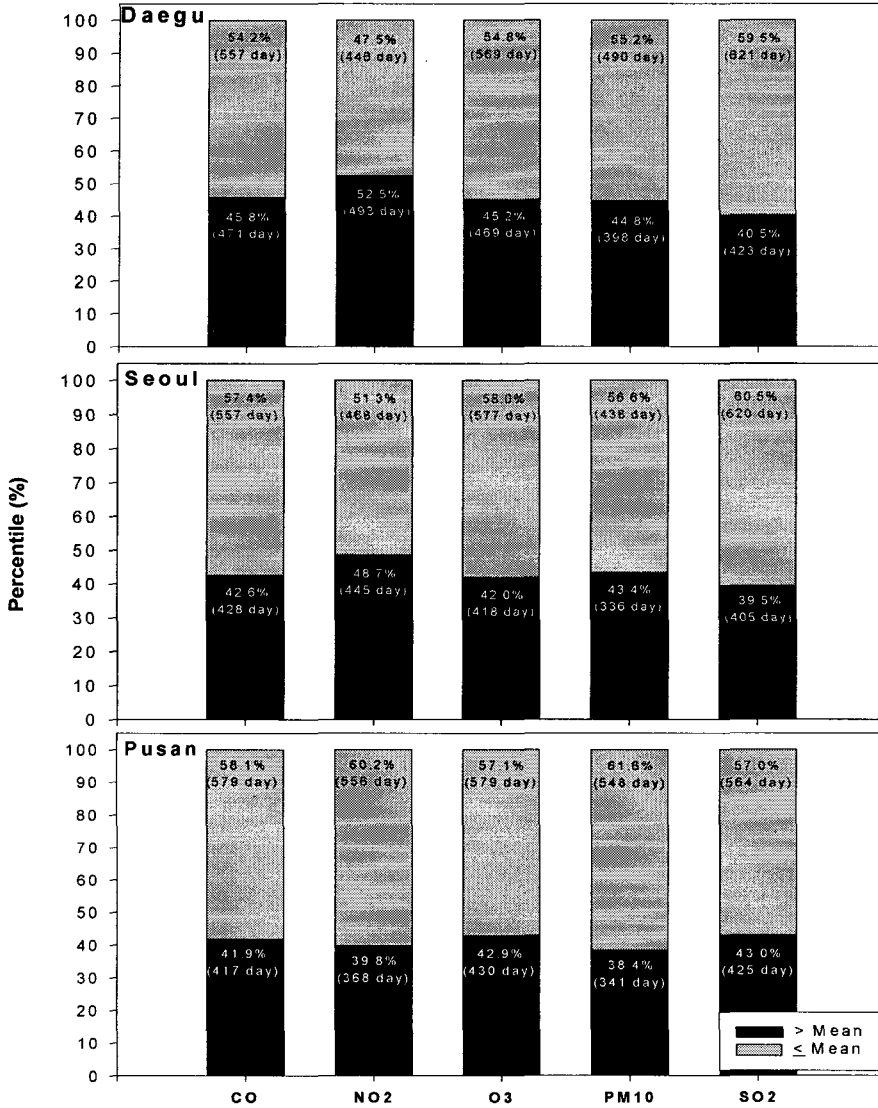


Fig. 2. Frequencies exceeding yearly average value of five major air pollutants(CO, NO₂, O₃, PM₁₀, and SO₂) observed at three selected sites in Daegu, Seoul and Busan.

었으며, 서울에서는 24시간 평균치를 초과한 빈도수가 21번, 연간 평균치를 초과한 빈도수는 대구와 같이 세 번으로 나타났다. 부산지역에서는 24시간 평균치를 초과한 빈도수가 18번, 연간 평균치를 초과한 빈도수는 1회인 것으로 분석되었다. 따라서, 도로변의 공기 오염물질 중 PM₁₀의 경우 세 도시 모두에서 문제가 될 수 있음을 나타내고 있으며, 특히 대구지역의 도로변 PM₁₀ 관리가 시급한 것으로 나타났다.

3.4. 대구시 도로변 지역과 주거지역의 대기오염도 비교분석

Table 2에 나타난 바와 같이 도로변 지역인 남

산동의 경우 주거지역인 만촌동 보다 O₃를 제외한 모든 오염물질의 농도가 높게 나타났다. 반면에, O₃의 경우 만촌동의 농도가 남산동보다 1.9배 높게 나타났다. 한편, CO는 요일별, NO₂ 및 PM₁₀과 SO₂는 시간대별 차이가 많은 것으로 나타났으며, O₃는 계절의 영향이 큰 것으로 나타났다.

Figs. 3~7에는 시간대별로 구분하여 비교 분석한 결과를 나타내었다. 각 대상물질에 대한 일 중의 농도를 백분위수로 나타내었는데 두 지점간의 대상물질에 따른 비교에서는 오존을 제외한 네 가지 물질에서의 농도가 도로변 지역인 남산동이 주거 지역인 만촌동보다 높게 나타났다. 각 대상물질

대구지역 주요 도로변 대기오염물질의 농도 특성

Table 1. Number of days with target compounds concentrations exceeding each ambient air quality standard(AAQS) at selected cities from 1998 to 2000

Item	AAQS	Exceedance days		
		Daegu	Seoul	Busan
CO	Lower than 25 ppm/1h	-	1	-
	Lower than 9 ppm/8h	-	2	-
NO ₂	Lower than 0.15 ppm/1h	7	1	-
	Lower than 0.08 ppm/24h	4	10	-
O ₃	Lower than 0.05 ppm/1yr	-	-	-
	Lower than 0.1 ppm/1h	-	9	1
PM ₁₀	Lower than 0.06 ppm/8h	-	7	2
	Lower than 150 µg/m ³ /24h	48	21	18
SO ₂	Lower than 80 µg/m ³ /1yr	3	3	1
	Lower than 0.25 ppm/1h	-	1	-
SO ₂	Lower than 0.14 ppm/24h	-	-	1
	Lower than 0.03 ppm/1yr	-	-	-

Table 2. Concentrations of five major air pollutants between roadside and residence areas

Classification (unit)	CO (ppm)	NO ₂ (ppm)	O ₃ (ppm)	PM ₁₀ (µg/m ³)	SO ₂ (ppm)	
Yearly	Namsan -dong	1.8 (125%)	0.037 (32%)	0.010 (51%)	83 (71%)	0.012
	Manchon -dong	0.8	0.028 (90%)	0.019	55	0.007
Hourly	Namsan -dong	2.7 (108%)	0.058 (81%)	0.017	113 (66%)	0.017 (113%)
	Manchon -dong	1.3	0.032 (100%)	0.034	68	0.008
Weekly	Namsan -dong	1.9 (138%)	0.040 (33%)	0.011	86 (48%)	0.012 (50%)
	Manchon -dong	0.8	0.030	0.020 (82%)	58	0.008
Season	Namsan -dong	2.0 (67%)	0.045 (36%)	0.013	95 (51%)	0.018 (80%)
	Manchon -dong	1.2	0.033	0.027 (108%)	63	0.010

Note. Value in parenthesis indicates the difference of the concentrations between Namsandong and Manchondong.

에 따른 두 지역(남산동과 만촌동)간의 농도를 비교한 결과 평균값이 중간값 보다 모두 높게 나타나고 있었으며 주거지역은 CO, NO₂, O₃ 오염도가 도로변지역은 PM₁₀ 및 SO₂가 중간값 보다 평균값이 비교적 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 그 지

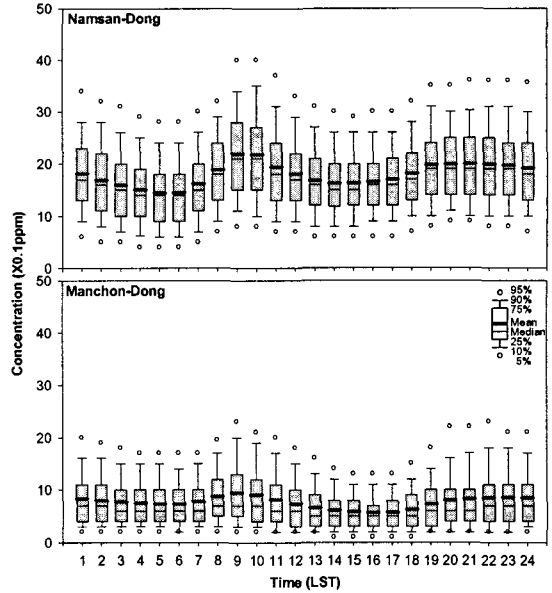


Fig. 3. Diurnal variation of CO concentrations by percentiles at roadside and residential areas in Daegu.

역에서의 농도가 주위상황에 따라 다양하게 변하고 있음을 의미하는 것으로서 전체적인 농도는 도로변지역이 높았지만 시간대에 따른 변화는 주거지역이 도로변지역에 비해 많음을 알 수 있다. CO의 경우, 남산동에서는 0600 LST이후부터 상승하여 0900 LST에 2.7 ppm을 나타냄으로서 가장 높은 농도를 나타내었으며 0500 LST의 농도가 1.4 ppm으로 가장 낮은 농도를 보였다. 만촌동에서도 남산동 측정소와 마찬가지로 0600 LST이후부터 상승하여 0900 LST에 1.3 ppm으로서 일중 최고농도를 나타내었으며 1600 LST에 0.6 ppm을 나타냄으로서 일중 최저농도를 나타내었다. 최대농도는 모두 0900 LST에 나타남으로서 두 지역간의 비슷한 양상을 보였지만, 최저농도는 도로변에서는 0500 LST, 주거지역에서는 1600 LST에 각각 나타났다. 한편, 도로변지역인 남산동은 0900~1000 LST까지 최대값이 지속되나 주거지역인 만촌동에서는 0900 LST에 최대치를 나타낸 후 감소추세를 보이고 있는데 이는 오염원이 주거지역에서 도로변으로 이동하는 것으로 볼 수 있다.

NO₂의 경우, 남산동에서는 자동차 통행량과 밀접한 관계를 보이고 있으며 0500 LST이후부터 상승하여 1100 LST에 일중 최고농도인 58.0 ppb을 나타내었고 0500 LST에 25.0 ppb를 보임으로서 일중 최저농도를 나타내었다. 그리고 만촌동에서도 남산동 측정소와 같은 시간대부터 상승하여 1000

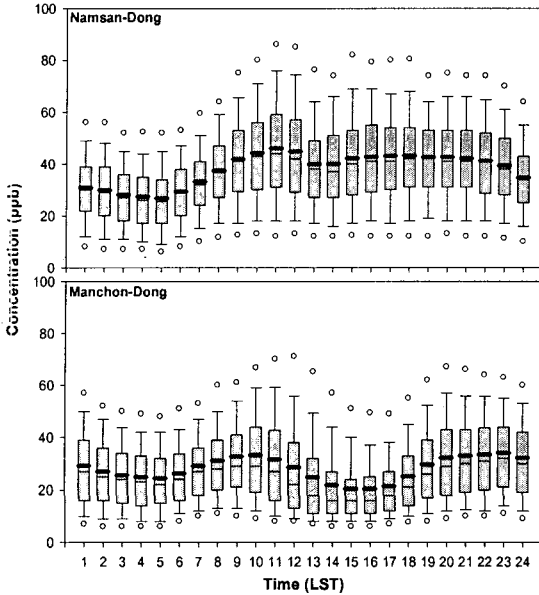


Fig. 4. Diurnal variation of NO₂ concentrations by percentiles at roadside and residential areas in Daegu.

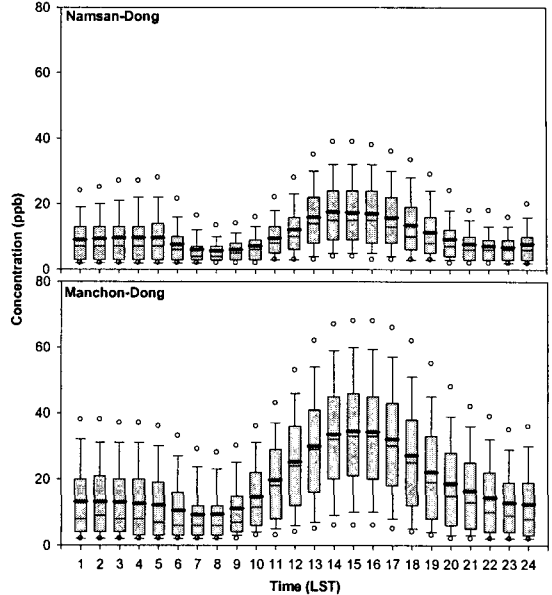


Fig. 5. Diurnal variation of O₃ concentrations by percentiles at roadside and residential areas in Daegu.

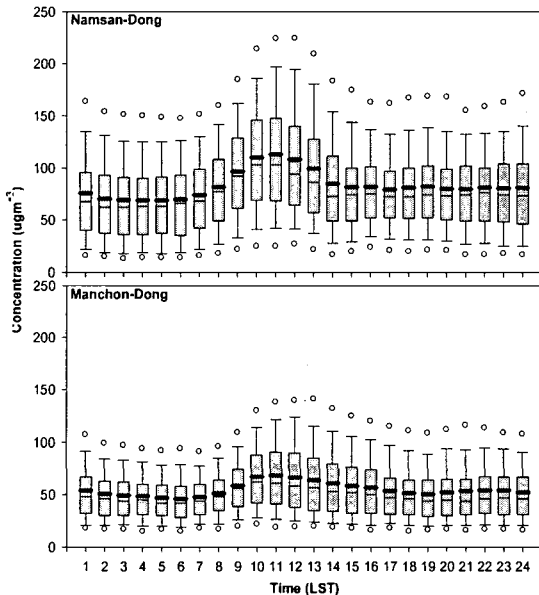


Fig. 6. Diurnal variation of PM₁₀ concentrations by percentiles at roadside and residential areas in Daegu.

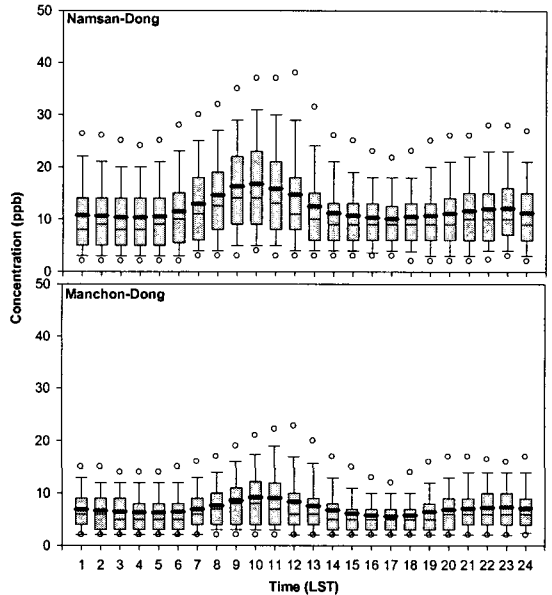


Fig. 7. Diurnal variation of SO₂ concentrations by percentiles at roadside and residential areas in Daegu.

LST에 일중 최고농도인 32.0 ppb를 나타내었으며 1500~1600 LST에 일중 최저농도인 18.0 ppb를 나타내었다. 또한, 주거지역인 만촌동에서는 1000 LST에 최대치를 나타낸 후 감소추세를 보이고 있으나 도로변지역인 남산동에서 1100 LST에 최대치를 나타낸 것을 볼 때 CO와 같이 오염원의 이동

은 주거지역에서 도로변으로 이동한 것으로 볼 수 있다.

한편, NO₂가 CO 및 SO₂보다 약 1시간 늦게 높게 나타나는데 이러한 원인은 앞서서도 언급한 바와 같이 교통량이 많은 이른 아침에 배출된 NO가 화학 또는 광화학반응에 의하여 산화되면서 약 1

시간 후에 NO₂가 최고치를 나타낸다는 것을 의미하며, 따라서 NO₂는 출퇴근시간대의 영향을 가장 많이 받음을 알 수 있다^{22~24}). 또한, 질소산화물은 오존과 반대의 양상을 보이는 것으로서 질소산화물이 1100 LST경에 최고치 나타내는가 하면 오존은 그와 반대로 나타나는 것을 알 수 있다. 이것은 질소산화물이 광화학반응을 일으킴으로서 오존을 분해한다는 이론을 뒷받침한다. O₃의 경우, 남산동에서는 1400 LST에 일중 최고농도인 17.0 ppb를 나타내었으며 0800 LST에 일중 최저농도인 5.0 ppb를 나타내었다. 만촌동에서는 1500 LST에 일중 최고농도인 34.0 ppb를 나타내었으며 0700~0800 LST에 일중 최저농도인 9.0 ppb를 보였다. 이러한 결과는 일중 환경기준치인 80 ppb를 밑도는 수치이다. 또한, 다른 물질들에 비해 오존은 도로변지역이 일반지역보다 낮게 측정되었는데, 이는 도로변 지역에서 자동차가 배출하는 휘발성유기화합물 및 탄화수소류 등이 화학반응을 통해 오존을 분해하기 때문에 일반 지역보다 낮게 나온 것으로 사료된다.¹⁵ 그러므로 오존이 최고치가 되는 1400 LST경에는 질소산화물의 농도는 최저가 됨을 알 수 있다. PM₁₀의 경우, 일중 최고농도는 남산동과 만촌동 모두 1100 LST에 나타났으며 각각 113.0, 68.0 μgm⁻³을 나타내었다. 남산동에서의 일중 최저농도는 0400~0500 LST로 70.0 μgm⁻³이었고 만촌동에서의 일중 최저농도는 0600 LST에 나타났으며 46.0 μgm⁻³의 농도를 나타내었다.

SO₂의 경우, 일중 최고농도는 남산동과 만촌동 모두 1000 LST에 나타났는데 각각 16.5 ppb와 8.0 ppb를 나타내었으며 일중 최저농도는 남산동에서는 0300 LST에 10.0 ppb, 만촌동에서는 1000 LST에 6.0 ppb로 나타났다. 이러한 결과는 NO₂와 비슷한 양상을 나타낸 것으로서 차량운행과 밀접한 관계가 있음을 의미한다. 따라서 각 항목에 따른 시간대별 분석결과를 종합해 보면 도로변 및 주거지역은 오존을 제외한 모든 항목이 출근시간대(0500~1100 LST)에 높게 나타났고 오염원의 이동이 주거지역에서 도로변지역으로 이동됨을 볼 수 있으며, 시간대별 최저값은 도로변지역은 새벽시간대(0300~0500 LST)에 나타났으나 주거지역은 오전(PM₁₀→0600 LST, SO₂→1000 LST) 및 오후시간(CO, NO₂→1500~1600 LST)에 각각 나타난 것을 볼 때 산업 활동이 지속되는 낮 시간대에는 주거지역에서 오염도가 낮게 나타나고 도로변지역은 출근시간 직전 즉 산업 활동이 시작되기 전에 가장 낮게 나타난 것을 알 수 있다. 또한, 오존의 경우는 일사량이 가장 많고 기온이 가장 높은 시간대에 최대값을 보이며,

일출 직전에 최소값을 나타내고 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 대구시 도로변지역의 자동차 배출가스에 대한 영향을 파악하기 위하여 전국의 대도시 중 교통량이 많은 서울과 부산지역의 오염도와 비교 평가 하였다. 도로변지역의 NO₂와 PM₁₀ 오염도는 대구지역에서 가장 높게 나타났으며, 도로변 지역의 PM₁₀ 오염도의 경우 각 지역별 연평균 값을 초과하는 빈도수에서도 대구시가 가장 높게 나타났다. 특히, 대구에서는 오존을 제외한 모든 오염물질 농도가 자동차의 통행량 증가와 더불어 출근 시간대에 가장 높게 나타났고, 이후부터는 서서히 감소추세를 보이다가 퇴근시간대에 다소 상승하는 것으로 나타났다. 한편, 각 오염물질에 대한 초과 빈도수를 지역별로 비교해 보면, CO는 대구가 가장 높은 471일(45.8%)이 연 평균값보다 초과한 것으로 나타났으며 그 다음이 서울과 부산으로서 각각 428일(42.6%), 417일(41.9%)로 나타났다. 그러나, 연평균을 초과한 일수가 가장 많은 지역은 대구로 나타났지만 가장 높은 농도를 보인 지역은 서울이었다. 나아가, 도로변의 공기 오염물질 중 PM₁₀의 경우 세 도시 모두에서 문제가 될 수 있음을 나타내고 있으며, 특히 대구지역의 도로변 PM₁₀ 관리가 시급한 것으로 나타났다.

참고 문헌

- 1) 조강래, 1994, 자동차 배출가스에 의한 대기오염과 그 방지를 위한 기술적 대안, 환경심포지엄, 환경부, 서울.
- 2) 환경부, 환경백서, 1999.
- 3) 환경부, 환경백서, 2001.
- 4) 국립환경연구원, 2001, 국립환경연구원보.
- 5) 환경부, 1994, 전환기의 대기보전정책.
- 6) Kearney, C. A. and D. B. Dunham, 1986, Gasoline vapor exposures at a high volume service station, Am. Indust. Hyg. Assoc. J., 47, 535-539.
- 7) Nakai S., H. Nitta and K. Maeda, 1995, Respiratory health associated with exposure to automobile exhaust II. Personal NO₂ exposure levels according to distance from the roadside, J. Expos. Anal. Environ. Epidemiol., 5, 125-136.
- 8) Page, N. P. and M. Mehlman, 1989, Health effects of gasoline refueling vapors and measured exposures at service stations, Toxicol.

- Indust. Health, 5, 869-890.
- 9) Whalen, M., J. N. Driscoll and C. D. Wood, 1994, detection of aromatic hydrocarbons in the atmospheric at ppt levels, *Atmos. Environ.*, 3, 567-570.
 - 10) Hao, J., D. He, Y. Wu, L. Fu and K. He, 2000, A study of the emission and concentration distribution of vehicular pollutants in the urban area of Beijing, *Atmos. Environ.*, 34, 453-465.
 - 11) Derwent, R. G. and D. R. Middleton, 1995, Analysis and interpretation of air quality data from an urban roadside location in central London over the period from July 1991 to July 1992, *Atmos. Environ.*, 29, 923-946.
 - 12) Bogo, H., D. R. Gómez, S. L. Reich, R. M. Negri and E. S. Román, 2001, Traffic pollution in a downtown site of Buenos Aires City, *Atmos. Environ.*, 35, 1717-1727.
 - 13) Chan, L. Y. and W. S. Kwok, 2001, Roadside suspended particulates at heavily trafficked urban sites of Hong Kong - Seasonal variation and dependence on meteorological conditions, *Atmos. Environ.*, 35, 3177-3182.
 - 14) Kourtidis, K. A., I. Ziomas, C. Zerefos, E. Kosmidis, P. Symeonidis, E. Christophilopoulos, S. Karathnassis and A. Mploutsos, 2002, Benzene, toluene, ozone, NO₂ and SO₂ measurements in an urban street canyon in Thessaloniki, Greece, *Atmos. Environ.*, 36, 5355-5364.
 - 15) Jo, W. K. and K. C. Moon, 1999, Housewives' exposure to volatile organic compounds relative to proximity to roadside service stations, *Atmos. Environ.*, 33, 2921-2928.
 - 16) Fischer, P. H., G. Hoek, H. van Reeuwijk, D. J. Briggs, E. Lebret, J. H. van Wijnen, S. Lingham and P. E. Elliott, 2000, Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam, *Atmos. Environ.*, 34, 3713-3722.
 - 17) Edwards, J., S. Walters and R. Griffiths, 1994, Hospital admissions for asthma in pre-school children: relationship to major roads in Birmingham, United Kingdom, *Arch. Environ. Health*, 49, 223-227.
 - 18) van Wijnen, J. H. and S. C. van der Zee, 1998, Traffic-related air pollutants: exposure of road users and populations living near busy roads, *Rev. Environ. Health*, 13, 1-25.
 - 19) Wjst, M., P. Reitmeir, S. Dold, A. Wulff, T. Nicolai, C. E. von Loeffelholz and E. von Mutius, 1993, Road traffic and adverse effects on respiratory health in children, *Br. Med. J.*, 307, 596-600.
 - 20) 환경부, 1996, 대기오염물질의 위해성평가 및 관리기술.
 - 21) 전병일, 1999, 부산 동삼동 지역의 대기오염농도 특성, *한국환경과학회지*, 8(3), 281-286.
 - 22) 손임영, 윤일희, 김희중, 2002, 대구시 고농도 오존 사례일인 경우 대기오염물질 농도의 일변화 특성, *한국환경과학회지*, 11(12), 1253-1259.
 - 23) Jo, W. K., I. H. Yoon and C. W. Nam, 2000, Analysis of air pollution in two major Korean cities: trends, seasonal variations, daily 1-hour maximum versus other hour-based concentrations, and standard exceedances, *Environ. Poll.*, 110, 11-18.
 - 24) 최성락, 2002, 대구시 중심 국내 대도시 도로변지역의 대기오염특성, 경북대학교, 석사학위논문.