

## 도로 중앙과 인도변 대기질 특성 및 교통량과 대기오염물질의 상관성 연구

자동차공해연구팀

하현주 · 조석주 · 김학수 · 고한성 · 조수석 · 정종흡 · 김주형

### Characteristics of Air Quality at the Center Lane and Roadside and Correlation between Traffic Volume and Air Pollutants

*Automobile Pollution Research Team*

**Hyun-ju Ha, Seog-ju Cho, Hak-su Kim, Han-seung Go,  
Su-seog Cho, Jong-heub Jung and Joo-hyung Kim**

#### Abstract

This study was conducted to investigate the horizontal variability in air quality from the center lane to the roadside and the correlation between traffic volume and  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  and  $NO_2$ . The measurements were conducted at fifteen sites in eight BRT (Bus Rapid Transit) roads during 2009 using an air monitoring system installed in a mobile van. Quarterly air quality monitoring was performed continuously during one week at each site. The results revealed that the respective average concentrations of  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  and  $NO_2$  were 10%, 9% and 28% lower at the roadside than in the center lane, while the level of  $O_3$  was 21% higher at the roadside than in the center lane. Daily variation in  $NO_2$  followed the traffic pattern closely and the  $NO_2$  was more positively correlated with traffic volume than  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ .

**Key words** : center lane, roadside, traffic volume,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$

#### 서 론

서울과 같은 대도시에서의 대기오염은 주로 자동차 배출가스로부터 기인된다고 알려져 있고 이를 모니터링하기 위해 주요 도시에서는 교통량이

많은 대로변에 도로변 대기오염측정망을 운영하고 있다. 도로변 대기오염측정망을 통해 일반 대기오염측정망과는 달리 자동차 배출가스의 오염 기여도를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 인도를 통행하는 시민들에게 직접적인 영향을 미치는 국지적인

대기오염 자료를 생산하기도 한다. 도로변 측정소처럼 오염원에 더욱 가까운 곳에서 대기질을 모니터링 할 수 있다면 오염원 기여도나 오염물질의 확산 정도를 더욱 자세히 파악할 수 있을 것이다.

서울시에서는 버스통행속도 향상, 대중교통활성화를 위해 1996년 천호·하정로 버스중앙차로를 시작으로 2010년 현재 10개 도로에서 버스중앙차로제를 시행하고 있다. 중앙차로제 시행 이후 버스통행속도가 향상됨으로써 전반적인 대기질에는 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 예상된다(1). 또한 국지적으로는 기존의 버스승차장이 도로변 인도에서 도로 중앙으로 이전하였기 때문에 버스 주행 및 정차로 인한 인도의 대기질이 이전보다는 개선되었을 것으로 생각된다.

인도를 통행하는 시민들이나 인도에 인접한 상가, 건물에서 주로 생활하는 시민들은 도로와 인접하기 때문에 자동차 배출가스로 인한 대기오염물질의 영향을 다른 지역보다 더 많이 받을 우려가 있다. 이 전의 연구는 도로 바깥차선으로부터 수십, 수백 미터 떨어진 지점에서 미세먼지 농도 변화를 연구하였으나(2) 도로 한가운데나 도로와 바로 인접한 지점에서의 대기질 연구는 거의 없는 실정이다.

서울시 보건환경연구원에서는 서울시에서 지속적으로 확대 실시하고 있는 버스중앙차로제에 대해 정책의 효과성을 평가하기 위해 버스중앙차로 주변 대기오염 조사 사업을 실시하여 왔다(3). 이전의 연구는 Tedlar bag을 이용하여 가스상 물질을 분석하였고 입자상물질 분석이나 연속적인 모니터링은 실시 할 수 없었다. 이를 해결하기 위해 차량에 분석기기를 탑재한 소형 대기질 측정차량을 제작하여 입자상 및 가스상 대기오염물질을 실시간 측정하고 TMS(telemetry system)로 전송하여 실시간 모니터링 할 수 있도록 시스템을 구축하였다. 소형 대기질 측정차량을 이용한 버스중앙차로 대기질 특성 조사 사업은 2008년 3월부터 7개 버스중앙차로, 15개 지점의 버스 중앙차로 및 인도에 대해 분기별로 실시하고 있다. 2009년부터는 신설된 노선을 포함하여 8개 노선, 17개 지점에 대해 조사하고 있으며 중앙차로제 신설에 맞추어 측정지점을 계속 확대할 예정이나 측정차량 주

차 위치 확보, 전기시설 설치 등 측정지점 선정이 쉽지 않은 것이 문제점이다.

본 연구에서는 2009년 측정 지점 중 중앙차로 지점과 인도의 동시 측정 지점 15개에 대해 대기오염도 자료를 분석하여 중앙차로 한가운데에서 발생한 대기오염물질이 몇 미터 떨어진 인도까지 어느 정도 변화하는지, 그리고 각 대기오염물질과 교통량과의 상관성을 조사하여 자동차 배출가스의 영향을 파악하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 측정 시스템

그림 1과 같이 스타렉스 차량에 대기오염 측정기기 및 부속장비, 기상장비, 교통량 측정기를 탑재한 소형 대기질 이동측정시스템을 구축하고 서울시내 버스전용차로제 실시 구간에 대해 사전 측정지점을 선정, 전기 배전판을 설치하여 측정을 시작하였다. 그림 2와 같이 이동측정차량 2대를 각 측정지점의 중앙차로와 인도에 동시에 투입하고 대기질을 측정하여 TMS로 실시간 자료가 전송되도록 하였다.



**Fig. 1.** Analytical instruments installed in mobile monitoring van.

### 2. 측정 지점 및 기간

측정지점 및 기간은 표 1과 같으며 8개 중앙차로 15개 지점에서 중앙차로 지점 및 차로 건너편



**Fig. 2.** Photographs of monitoring vans parked in central lane and roadside.

인도에서 분기별 1회씩, 약 1주일 동안 동시 측정하였다. 중앙차로 지점과 인도는 평균 13 m, 범위는 6 m~20 m 떨어져 있다. 지도상 표시한 15 개 측정 지점은 그림 3과 같다.

### 3. 측정 항목 및 분석 방법

측정 항목으로는 입자상물질 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, 가스상물질 NO<sub>2</sub>(NO, NO<sub>x</sub>), O<sub>3</sub>이며 기상 인자는 온도, 습도, 풍향, 풍속, UV, 기압, 강우량이며 영상형 교통량 측정기를 이용하여 교통량, 평균 차량 속도를 측정하였다. 입자상물질은 Thermo electron corporation(USA), 가스상물질은 Environnement S.A.(France) 기기를 이용하였다.

**Table 1.** Sampling sites and period of measurement at central lanes and roadsides in 2009

Name of BRT lane	Sampling site	Distance <sup>1)</sup> (m)	Period of measurement(2009)
Cheon · Hajeong-ro	Achasan Station(A-1)	16	02/25 ~ 03/04, 05/13 ~ 05/26,
	Janghanpyeong Station(A-2)	14	08/20 ~ 08/27, 11/04 ~ 11/11
Mangu · Wangsan-ro	Sangbong Station(B-1)	14	03/04 ~ 03/11, 04/29 ~ 05/13,
	Seoul Adventist Hospital(B-2)	6	08/27 ~ 09/03, 11/11 ~ 11/19
Dobong · Mia-ro	Dobong-gu Community Center(C-1)	14	03/11 ~ 03/18, 06/10 ~ 06/17,
	Dobong District Tax Office(C-2)	11	09/03 ~ 09/10, 11/19 ~ 11/26
Susaek · Seongsan-ro	Yonsei University(D-1)	11	03/18 ~ 03/25, 06/17 ~ 06/24,
	Sacheongyo(Bridge)(D-2)	6	09/24 ~ 09/29, 11/26 ~ 12/03
Gyeongin · Mapo-ro	Yeongdeungpo Station(E-1)	14	03/25 ~ 04/01, 07/13 ~ 07/22,
	Ahyun Elementary School(E-2)	14	10/13 ~ 10/20, 12/03 ~ 12/10
Siheung · Hangang-ro	Siheung-gogae(Pass)(F-1)	14	04/01 ~ 04/08, 07/22 ~ 07/30,
	Sinyongsan Station(F-2)	11	10/20 ~ 10/27, 12/10 ~ 12/17
Gangnamdaero	Kyobo Tower Sageori(G-1)	14	02/11 ~ 02/25, 08/06 ~ 08/13, 09/10 ~ 09/16, 12/17 ~ 12/24
Songpadaero	Jamsil Station(H-1)	20	04/15 ~ 04/22, 07/30 ~ 08/06,
	Jangji Station(H-2)	14	10/27 ~ 11/03, 12/24 ~ 12/30

<sup>1)</sup> Distance is the straight-line distance between the central lane and the roadside.

항목별 분석 방법은 대기오염공정시험방법에 따라 입자상물질은 베타선법, NOx는 화학발광법, 오존은 자외선 광도법으로 각각 분석하였다.



**Fig. 3.** Fifteen locations of mobile van monitoring station in BRT(Bus Rapid Transit) lanes in Seoul.

## 결과 및 고찰

중앙차로 및 인도의 대기오염도 조사 결과는 이동측정차량에 탑재된 분석 기기에서 산출한 1시간 자료이다. PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 각 항목별 결과 및 중앙차로 지점에서 수집한 교통량 결과, 상관성 결과는 다음과 같다.

### 1. 항목별 대기오염도 조사 결과

#### 1) PM<sub>10</sub>

PM<sub>10</sub>의 경우 15개 지점 평균은 중앙차로 72 ± 10 μg/m<sup>3</sup>, 인도 65 ± 11 μg/m<sup>3</sup>로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 10 ± 5% 낮게 나타났다(표 2). 범위로는 인도가 중앙차로보다 0%~22%까지 낮게 나타났으며 D-1에서 최소, B-2에서 최대였다. 중앙차로 지점과 인도의 직선거리가 평균 13 m이며 PM<sub>10</sub>의 경우 중앙차로에서 인도까지 13 m 떨어진 거리에서 평균 10%가 차이가 있음을 알 수 있다.

**Table 2.** The average concentrations of PM<sub>10</sub> and the rate of decrease from central lane to roadside

(unit : μg/m<sup>3</sup>)

Sampling site	PM <sub>10</sub>		
	CL <sup>1)</sup>	RS <sup>1)</sup>	(RS-CL)/CL × 100(%)
A-1	69	56	-19
A-2	72	62	-14
B-1	65	59	-9
B-2	59	46	-22
C-1	66	57	-14
C-2	73	67	-8
D-1	73	73	0
D-2	86	78	-9
E-1	74	64	-14
E-2	67	59	-12
F-1	77	72	-6
F-2	71	68	-4
G-1	56	50	-11
H-1	85	78	-8
H-2	94	84	-11
Total <sup>2)</sup>	72 ± 10	65 ± 11	-(10 ± 5)

<sup>1)</sup> CL : Central Lane, RS : Roadside.

<sup>2)</sup> Total : mean ± SD(standard deviation).

#### 2) PM<sub>2.5</sub>

PM<sub>2.5</sub>의 경우 15개 지점 평균은 중앙차로 38 ± 4 μg/m<sup>3</sup>, 인도 35 ± 6 μg/m<sup>3</sup>로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 9 ± 6% 낮게 나타났다(표 3). 범위로는 인도가 중앙차로보다 3%~19%까지 낮게 나타났으며 D-1 지점은 인도가 2% 높게 나타났다. A-1 및 B-2에서 감소율이 최대였다. PM<sub>2.5</sub>의 경우 중앙차로에서 인도까지 13 m 떨어진 거리에서 평균 9%가 감소되었음을 알 수 있다.

D-1 지점은 PM<sub>10</sub>과 PM<sub>2.5</sub>에서 다른 지점과는 다른 특성을 보였다. 이곳은 상행 5차선, 하행 7차

선의 12차선 대로로 교통량이 시간당 4,503대로 조사 지점 평균 3,680대보다 많은 지점이다. 따라서 교통량이 많아 중앙차로의 오염도가 높을 것으로 예상하였다. 그러나 PM<sub>10</sub>은 전체 측정 지점 중에서 인도에서의 감소율이 최소인 지점으로 나타났으며 PM<sub>2.5</sub>는 오히려 인도가 약간 더 높게 나왔다. 그림 4에서와 같이 4분기 전체 기간의 중앙차로와 인도에서의 바람장미를 분석한 결과 중앙은 주풍향이 남남서풍으로 도로와 평행한 방향이 아

닌 인도쪽에서 불어왔으며 인도는 서풍으로 교통량이 많은 도로쪽에서 불어와 인도의 입자상 물질 오염을 가중시킨 것으로 판단된다.

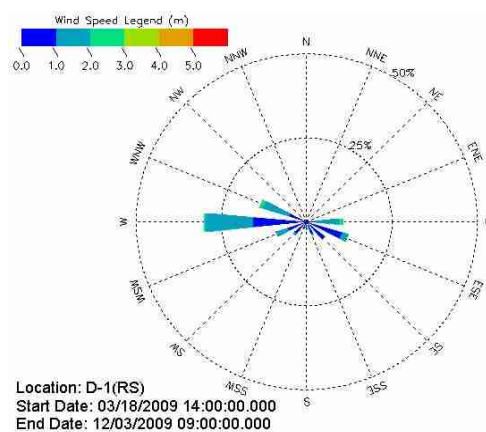
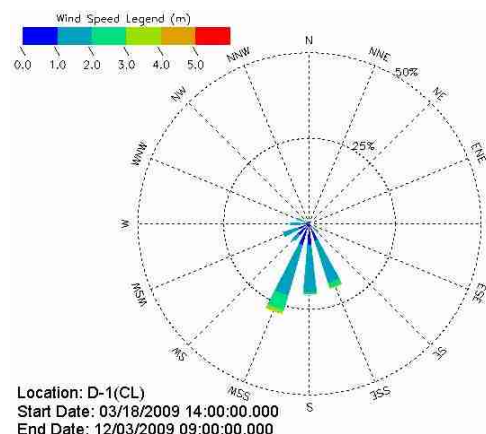
**Table 3.** The average concentrations of PM<sub>2.5</sub> and the rate of decrease from central lane to roadside

(unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Sampling site	PM <sub>2.5</sub>		
	CL <sup>1)</sup>	RS <sup>1)</sup>	(RS-CL)/CL × 100(%)
A-1	37	30	-19
A-2	38	34	-11
B-1	33	31	-6
B-2	31	25	-19
C-1	39	33	-15
C-2	35	34	-3
D-1	43	44	+2
D-2	48	46	-4
E-1	40	34	-15
E-2	37	34	-8
F-1	39	38	-3
F-2	38	36	-5
G-1	31	26	-16
H-1	38	35	-8
H-2	42	39	-7
Total <sup>2)</sup>	38 ± 4	35 ± 6	-(9 ± 6)

<sup>1)</sup> CL : Central Lane, RS : Roadside.

<sup>2)</sup> Total : mean ± SD(standard deviation).



**Fig. 4.** Mobile monitoring van stations and windroses at D-1(Yonsei University).

### 3) NO<sub>2</sub>

NO<sub>2</sub>의 경우 15개 지점 평균은 중앙차로 0.079 ± 0.009 ppm, 인도 0.057 ± 0.008 ppm으로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 28 ± 8% 낮게 나타났다(표 4). 범위로는 인도가 중앙차로보다 15% ~ 44%까지 낮게 나타났으며 A-1에서 감소율이 최대였다. NO<sub>2</sub>는 PM<sub>10</sub>이나 PM<sub>2.5</sub>보다 인도에서의 감소율이 가장 크게 나타났다. A-1 인도는 PM<sub>2.5</sub>와 NO<sub>2</sub>에서 감소율이 크게 나타났는데, 이는 인도의 측정지점이 도로에서 안쪽으로 3~4미터 들어가 있으며 바로 옆에 어린이 대공원이 위치해 있기 때문인 것으로 판단된다.

**Table 4.** The average concentrations of NO<sub>2</sub> and the rate of decrease from central lane to roadside

Sampling site	NO <sub>2</sub> (unit : ppm)		
	CL <sup>1)</sup>	RS <sup>1)</sup>	(RS-CL)/CL × 100(%)
A-1	0.075	0.042	-44
A-2	0.087	0.064	-26
B-1	0.068	0.050	-26
B-2	0.081	0.052	-36
C-1	0.081	0.068	-16
C-2	0.078	0.057	-27
D-1	0.086	0.067	-22
D-2	0.078	0.063	-19
E-1	0.089	0.059	-34
E-2	0.055	0.047	-15
F-1	0.082	0.059	-28
F-2	0.083	0.050	-40
G-1	0.086	0.063	-27
H-1	0.082	0.057	-30
H-2	0.078	0.056	-28
Total <sup>2)</sup>	0.079 ± 0.009	0.057 ± 0.008	-(28 ± 8)

<sup>1)</sup> CL : Central Lane, RS : Roadside.

<sup>2)</sup> Total : mean ± SD(standard deviation).

### 4) O<sub>3</sub>

O<sub>3</sub>의 경우 2개 지점을 제외하고 중앙차로가 인도보다 낮게 나타났다. 측정기간 중 15개 지점 평균은 중앙차로 0.010 ± 0.003 ppm, 인도 0.013 ± 0.004 ppm으로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 21 ± 13% 높게 나타났다(표 5). 범위로는 인도가 중앙차로보다 0~45% 높게 나타났다. 중앙차로가 인도보다 오존 농도가 낮은 이유는 차량에서 발생한 NO가 NO<sub>2</sub>로 산화되는데 오존이 사용되었기 때문인 것으로 판단된다. 이는 도로주변과 주거지역의 오존농도 변화 연구에서 주거지역의 오존이 더 높게 나타난 연구 결과와 유사하다(4).

**Table 5.** The average concentrations of O<sub>3</sub> and the rate of decrease from central lane to roadside

Sampling site	O <sub>3</sub> (unit : ppm)		
	CL	RS	(RS-CL)/CL × 100(%)
A-1	0.011	0.020	45
A-2	0.011	0.017	35
B-1	0.013	0.018	28
B-2	0.014	0.016	13
C-1	0.009	0.009	0
C-2	0.013	0.014	7
D-1	0.009	0.009	0
D-2	0.008	0.010	20
E-1	0.012	0.016	25
E-2	0.014	0.017	18
F-1	0.009	0.013	31
F-2	0.009	0.014	36
G-1	0.004	0.005	20
H-1	0.009	0.011	18
H-2	0.008	0.011	27
Total <sup>2)</sup>	0.010 ± 0.003	0.013 ± 0.004	21 ± 13

<sup>1)</sup> CL : Central Lane, RS : Roadside.

<sup>2)</sup> Total : mean ± SD(standard deviation).

## 2. 교통량 조사 결과

### 1) 지점별 교통량 조사 결과

버스중앙차로 중앙 지점에는 영상형 교통량 측정기가 탑재된 이동차가 배치되어 유입(상행), 유출(하행)의 교통량 및 속도를 측정하였다. 조사 결과 표 6과 같이 교통량은 시간당 평균 3,680 ± 942대, 속도는 43 ± 7 km/h이었다. 시간당 4,000대 이상으로 교통량이 많은 지점은 A-1(아차산역), A-2(장한평역), D-1(연세대앞), G-1(교보타워사거리), H-1(잠실역), H-2(장지역)이며 최소 교통량 지점은 D-2(사천교)로 나타났다.

15개 중앙차로 지점에서 측정한 교통량을 주중과 토요일, 일요일로 나누어 시간별 교통량 그래프를 그림 5와 같이 나타내었다. 주중에는 새벽 5시까지 감소하다가 5시부터 증가하여 출근시간대

인 오전 9시 부근에서 피크를 보이고 퇴근시간대인 오후 7시 부근에서 다시 피크를 보이다가 감소하는 경향을 나타낸다. 토요일은 주중과 비슷한 경향을 나타내고 있으나 출퇴근 시간대의 피크는 보이지 않는다. 일요일(공휴일 포함)은 교통량이 적고 새벽 5시 이후 증가하는 경향이 완만하게 나타나고 있다. 또한 새벽 1시부터 5시까지 교통량은 토요일이 많고 일요일, 주중 순으로 보이고 있다.

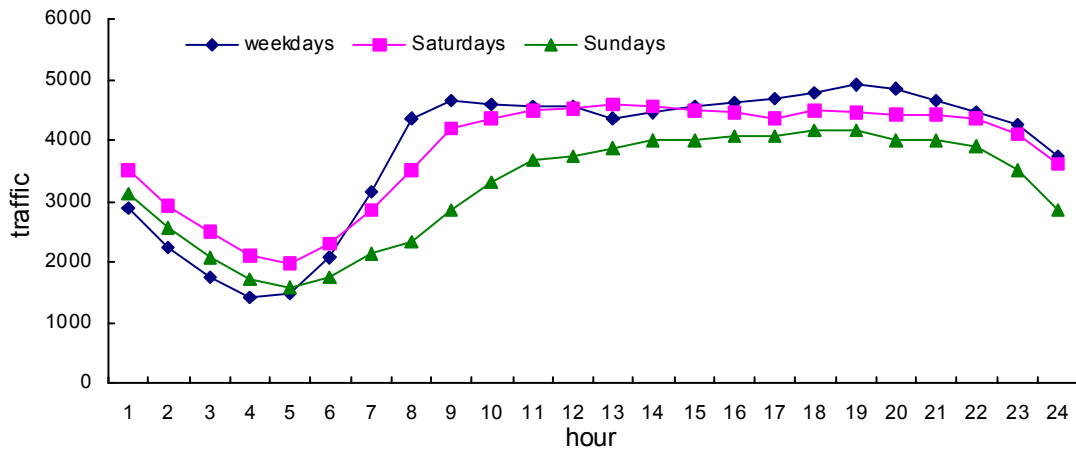
### 2) 교통량과 대기오염물질 상관관계

대기질은 교통량뿐만 아니라 기상상황의 영향을 많이 받으므로 기상상황을 배제하고 교통량만의 영향을 보기 위하여 맑은 날, 즉 기상청 자료에서 강수, 박무, 연무, 안개, 황사를 제외한 날에 대해 시간별 NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>를 그림 6, 7과 같이 나

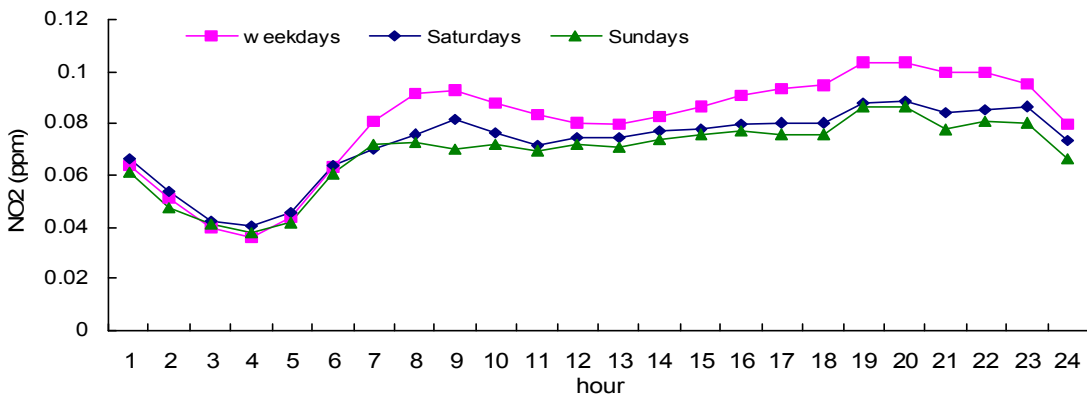
**Table 6.** Traffic volume and speed at each BRT lane

Sampling site	Traffic volume(vehicle/hour)			Speed(km/h)		
	inflow	outflow	total	inflow	outflow	average
A-1	2,709	2,670	5,379	40	50	45
A-2	2,359	2,180	4,540	50	30	40
B-1	1,302	1,886	3,188	53	32	42
B-2	1,344	1,313	2,657	50	40	45
C-1	1,571	1,271	2,842	62	45	53
C-2	1,276	1,263	2,539	37	57	47
D-1	2,213	2,290	4,503	44	40	42
D-2	1,278	877	2,155	26	39	32
E-1	1,987	1,936	3,923	43	21	32
E-2	1,575	1,521	3,096	54	58	56
F-1	1,988	1,665	3,654	56	43	50
F-2	1,678	1,680	3,358	44	50	47
G-1	1,971	2,123	4,094	38	35	37
H-1	2,412	2,258	4,670	44	28	36
H-2	2,048	2,552	4,600	35	45	40
Total <sup>1)</sup>	1,847 ± 458	1,832 ± 521	3,680 ± 942	45 ± 9	41 ± 11	43 ± 7

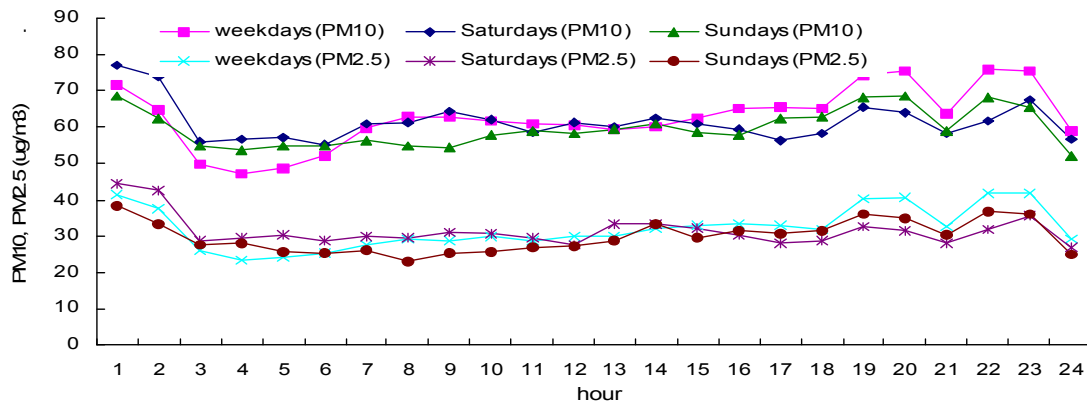
<sup>1)</sup> Total : mean ± SD(standard deviation).



**Fig. 5.** Hourly average traffic volume at fifteen central lanes.



**Fig. 6.** Hourly average NO<sub>2</sub> concentrations at fifteen central lanes during clear days.



**Fig. 7.** Hourly average PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations at fifteen central lanes during clear days.



타내었다. 맑은 날의 교통량 경향은 그림 5와 유사하게 나타났다. 시간별 NO<sub>2</sub> 경향은 교통량 경향과 비슷하게 나타났으나 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>의 경우 야간 시간대에 고농도를 보여 교통량 경향과 유사하지 않음을 알 수 있다. 즉 도로변에서 관측되는 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> 농도는 자동차 배출가스의 영향을 직접적으로 반영하지는 않으며 박무 등 기상상태, 주변 비산먼지, 상층 일반대기 등을 종합적으로 반영하는 것으로 판단된다.

교통량과 각 대기오염물질의 상관성을 보기 위해 맑은날 매시간별 교통량과 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>의 상관관계를 표 7에 나타내었다. 상관계수가 3 항목 모두 양의 값으로 나와 상관성이 있음을 알 수 있다. 이는 NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, RSP가 교통량과 양의 상관관계가 있다는 연구결과와 유사하다(5). 상관

관계가 PM<sub>10</sub>은 0.21 ± 0.12, PM<sub>2.5</sub>는 0.18 ± 0.09로 낮았으며, NO<sub>2</sub>는 0.56 ± 0.11로 높게 나왔다. 앞 절에서 교통량과 오염물질별 일변화 패턴에서도 NO<sub>2</sub>가 PM<sub>10</sub>이나 PM<sub>2.5</sub>보다 잘 맞게 나온 것과 유사한 결과이다. 이는 거리에 따른 PM감소가 다른 항목보다 작은 이유가 도로 배출이 이를 결정하는 주요 인자가 아니라는 연구결과나 교통량 일변화와 NO<sub>2</sub> 일변화는 그 패턴이 비슷하지만 PM<sub>10</sub> 일변화는 잘 맞지 않는다는 연구결과와 유사하다(2, 6).

## 결론

2009년 버스중앙차로제가 시행 중인 8개 차로 15개 지점의 중앙차로와 인도의 대기오염도 및 교통량을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

**Table 7.** The correlation between hourly traffic volume and air pollutants during clear days

Sampling site	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	NO <sub>2</sub>
A-1	0.20	0.12	0.59
A-2	0.20	0.18	0.63
B-1	0.29	0.21	0.39
B-2	0.14	0.08	0.62
C-1	0.09	-0.05 <sup>1)</sup>	0.46
C-2	-0.16 <sup>1)</sup>	-0.09 <sup>1)</sup>	0.52
D-1	0.22	0.15	0.36
D-2	0.47	0.41	0.66
E-1	0.22	0.10	0.50
E-2	0.32	0.26	0.48
F-1	-0.01 <sup>1)</sup>	-0.06 <sup>1)</sup>	0.59
F-2	0.26	0.13	0.70
G-1	0.30	0.26	0.57
H-1	0.07	0.16	0.67
H-2	0.00	0.15	0.69
Total <sup>2)</sup>	0.21 ± 0.12	0.18 ± 0.09	0.56 ± 0.11

<sup>1)</sup> negative correlation is excluded in average.

<sup>2)</sup> Total : mean ± SD(Standard Deviation).

1. PM<sub>10</sub>의 경우 표 2와 같이 중앙차로 72 ± 10 μg/m<sup>3</sup>, 인도 65 ± 11 μg/m<sup>3</sup>로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 10 ± 5% 낮게 나타났다. 범위로는 인도가 중앙차로보다 0~22%까지 낮게 나타났으며 중앙차로에서 인도까지 13 m 떨어진 거리에서 평균 10%가 감소되었음을 알 수 있다.
2. PM<sub>2.5</sub>의 경우 표 3과 같이 중앙차로 38 ± 4 μg/m<sup>3</sup>, 인도 35 ± 6 μg/m<sup>3</sup>로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 9 ± 6% 낮게 나타났다. 범위로는 인도가 중앙차로보다 3~19%까지 낮게 나타났으며 13m 떨어진 거리에서 평균 9%가 감소되었음을 알 수 있다.
3. NO<sub>2</sub>의 경우 표 4와 같이 중앙차로 0.079 ± 0.009 ppm, 인도 0.057 ± 0.008 ppm으로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 (28 ± 8)% 낮게 나타났다. 범위로는 인도가 중앙차로보다 15~44%까지 낮게 나타났으며 NO<sub>2</sub>는 PM<sub>10</sub>이나 PM<sub>2.5</sub>보다 인도에서의 감소율이 가장 크게 나타났다.

4. O<sub>3</sub>의 경우 표 5와 같이 2개 지점을 제외하고 중앙차로가 인도보다 낮게 나타났다. 중앙차로 0.010 ± 0.003 ppm, 인도 0.013 ± 0.004 ppm으로 측정되었으며 인도는 중앙차로보다 21 ± 13% 높았으며 범위로는 0~45%였다.
5. 기상 영향을 배제하기 위해 맑은 날로 한정하여 교통량과 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>의 상관관계를 분석한 결과 모두 양의 상관관계를 보였으나 NO<sub>2</sub>와의 상관성이 가장 높게 나타났다.

이상의 결과로부터 자동차배출가스의 발원지인 차로 중앙에서 발생한 대기오염물질이 평균 13 m(6~20 m) 떨어진 도로변 인도에서 어느 정도 감소하는지, 또는 증가하는지 알 수 있었다. 측정 지점에 따라서 기상 등의 영향으로 다른 양상으로 나온 지점도 있었다.

측정지점 확보, 전기시설 공급이 용이하다면 현재의 측정지점을 더욱 확대하여 도로 중앙과 인도 뿐 만 아니라 도로변으로부터 수십, 수백 미터 떨어진 주거지역까지 동시 측정하여 수평적 대기오염 분포도를 조사 할 필요가 있다. 또한 현재의 측정항목 외에 자동차배출가스로 인한 대기오염을 직접적으로 나타내주는 검댕(BC: Black Carbon)이나 nano particle 항목을 추가 측정할 필요도 있다.

## 참고문헌

1. 서울특별시 교통국 도심교통개선반 보도자료 : 2004년 중앙버스전용차로 6개 노선 74km 설치, 2003년 11월 10일
2. 김영성, 원수란, 최용주, 최순호, 김아롱, 진현철, 김용표, 강창희 : 도로변의 1, 2차 미세먼지 농도 변화, 한국대기환경학회 2008년 추계학술대회논문집, pp.173~174, 2008.
3. 조석주, 김신도, 정중흡, 오현정, 박창호, 김린태, 김주형, 김민영 : 버스중앙차로제 시행에 따른 대기질 분석. 한국대기환경학회 2006년 추계학술대회논문집, pp.333~334, 2006.
4. 정수연, 김기현, 김동호, 조석주, 김민영 : 서울시 도로주변 및 주거지역의 오존농도 변화에 대한 장기연구. 한국환경분석학회지, 12(3) : 204~220, 2009.
5. Lau J, Hung WT, Cheung CS and Yuen D : Contribution of roadside vehicle emission to general air quality in Hong Kong. Transportation Research Part D, 13:19~26, 2008.
6. Lau J, Hung WT and Cheung CS : Interpretation of air quality in relation to monitoring station's surroundings. Atmospheric Environment, 43:769~777, 2009.