

연구논문

## 서울시의 2005~2006년 도시배경 및 상층측정망의 대기질 특성 분석

유승성 · 전재식 · 정 권 · 신은상\* · 정부전\*\* · 류리나\*\* · 우정현\*\* · 선우 영\*\*

서울시보건환경연구원 대기부, 동남보건대학 환경보건과\*, 건국대학교 신기술융합학과\*\*

(2010년 8월 20일 접수, 2011년 2월 11일 승인)

### Analysis on Air Quality Characteristics through Air Quality Monitoring Stations in urban Background and High Altitude in 2005~2006 in Seoul

Seung-Sung Yoo · Jae-Sik Jeon · Kweon Jung · Eun-Sang Shin\* ·  
Bu-Jeon Jung\*\* · Ri-Na Ryu\*\* · Jung-Hun Woo\*\* · Young Sunwoo\*\*

Seoul Metropolitan Government Research Institute of Public Health and Environment

Department of Environment Health, Dongnam Health College\*

Department of Advanced Technology Fusion, Konkuk University\*\*

(Manuscript received 20 August 2010; accepted 11 February 2011)

### Abstract

The results of comparing PM<sub>10</sub> concentration between 'Namsan' and 'Yongsan-gu' air quality monitoring stations show similar values with averaged concentration in the whole Seoul. The correlation factors in both sites were 0.865, 0.828 in 2005, 2006, respectively.

For 'Bukhansan' and 'Gangbuk-gu' air quality monitoring stations, different from the results mentioned above, they showed clear differences as altitude changes. PM<sub>10</sub> concentration in 'Bukhansan' monitoring stations was 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lower than 'Gangbuk-gu' monitoring station which is located near the ground. Also, averaged PM<sub>10</sub> concentration in 'Bukhansan' and 'Gangbuk-gu' monitoring stations was lower than that in the whole Seoul.

When comparing NO<sub>2</sub> concentration between 'Namsan' and 'Yongsan-gu' monitoring stations, NO<sub>2</sub> concentration in 'Namsan' monitoring station was lower than 'Yongsan-gu' monitoring station.

For NO<sub>2</sub> concentration in 'Bukhansan', 'Gangbuk-gu' and 'the whole Seoul', there were the same pattern in 'Gangbuk-gu' and the 'the whole Seoul' and low values in 'Bukhansan' monitoring station. The correlation factors of NO<sub>2</sub> concentration in 'Bukhansan' and 'Gangbuk-gu' was 0.525, 0.549 in 2005, 2006, respectively, which stands for low relationship.

Keywords : Air Quality Monitoring Stations, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, Background and High Altitude

## 1. 서론

수도권을 비롯한 대도시의 인구집중과 이에 따른 오염 발생원의 집적, 그리고 교통량의 증가 등으로 우리나라 대도시의 대기오염 문제는 날로 심각해지고 있으며, 세계 각국에서는 이러한 대기오염현상에 대한 적절한 통제 및 관리대책 수립에 많은 노력과 투자를 해오고 있다(김철희 등, 2004).

우리나라는 1990년대 들어와 청정연료 사용의무화와 저유황유 공급확대, 배출허용기준 강화, 저공해자동차 보급 등 다양한 대기관리 저감정책에 힘입어 아황산가스(SO<sub>2</sub>)와 총먼지(TSP) 등 개발도상국형 대기오염물질은 개선되고 있는 추세이나, 이른바 대도시의 인구집중과 자동차 등록 대수 및 통행량 증가에 따른 수송부문의 에너지 사용량이 급증함에 따라 대기오염 발생원의 구조 변환이 나타나고 있어 실질적으로 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>), 오존(O<sub>3</sub>) 등으로 인한 시민들이 느끼는 체감오염도는 더욱 가중되고 있는 실정이다(조경두, 2001).

실제로 시민들이 서울의 대기환경수준을 체감하고 평가하는데 따른 기본적인 척도는 미세먼지(PM<sub>10</sub>)로 인한 대기오염이라 볼 수 있다. 서울시민들이 북한산이나 관악산 등에 올라가 서울의 도심을 바라볼 때에 스모그 현상 등을 보거나, 또한 남산에 올라가 사방을 둘러 볼 때 멀리 볼 수 없을 정도로 시정거리가 짧아지도록 만드는 것(서울시, 2006)은 차량 등의 배출가스 및 기타 배출원에서 발생하는 최근의 대기오염 양상으로 입자상물질인 미세먼지(PM<sub>10</sub>)와 가스상물질인 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 등의 물리적·화학적 과정 이외에도 국지적인 배출원과 장거리 이동에 의한 영향도 매우 커지는 등 그 대상 영역도 광역화되고 있어 훨씬 복잡하고 다양화되어 가고 있다. 또한 서울을 포함한 수도권지역은 산악과 지면으로 구성되어 있어 이로 인하여 유발되는 국지 기상현상도 다양화되고 있다(박일수, 2005).

특히 우리나라 수도권 지역의 대기오염은 매우 심각한 수준으로 서울의 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 이산화질소(NO<sub>2</sub>)의 오염도는 경제협력개발기구(OECD) 국가 중 최하위 수준인 것으로 알려지고 있다.

2003년 기준 미세먼지(PM<sub>10</sub>)는 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 뉴욕, 런던, 파리, 동경 등 선진국 주요도시의 약 1.9~3.6배, 이산화질소(NO<sub>2</sub>)는 38 ppb로 약 1.4~1.9배의 수준을 보이고 있다. 비수도권 지역에 비해서도 대기오염이 심각하여 전국 오존주의보 발령횟수의 57%가 수도권에서 발생하며, 미세먼지 및 이산화질소 오염도는 비수도권에 비해 1.3~1.4배 높은 수준이다(박광석, 2006).

이러한 문제점을 극복하기 위해서는 사전예방적 총량관리, 대기영향권에 따른 통일적, 광역적 관리, 대기관련 정책의 통합적 운영과 대기환경개선을 위한 투자재원의 확충 등의 특별대책 및 제도의 도입이 요구되고 있다.

이에 정부에서는 기존의 대기정책만으로는 더 이상 수도권 지역의 대기질 개선을 기대할 수 없다고 판단하여 수도권 지역의 대기오염을 획기적으로 개선하고 지역 주민의 건강을 보호, 쾌적한 생활환경을 조성하기 위하여 「수도권 대기환경개선 특별대책(이하 특별대책)」의 일환으로 2003년 12월 「수도권 대기환경개선에 관한 특별법(이하 수도권 특별법)」을 제정하여, 2005년 1월 1일부터 시행하고 있다.

또한 환경부에서는 2014년까지 수도권지역의 대기중 미세먼지와 이산화질소 농도를 2014년에 각각 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 22ppb로 줄이는 것을 목표로 제작차 배출허용기준 강화, 운행차 배출가스 관리, 저공해 자동차의 보급, 기존 경유자동차의 배출가스 기준 강화 및 배출가스 저감장치 부착등과 같은 자동차 관리대책, 대형사업장 총량규제 실시 및 중·소형 사업장의 관리 등과 같은 사업장 관리대책, 환경친화적인 에너지·도시 관리와 같은 내용을 중심으로 한 「수도권 대기환경관리 기본계획(이하 기본계획)」을 수립하였다(환경부, 2005).

서울시는 목표 대기질을 달성하기 위하여 향후 10년 동안 많은 예산과 노력을 집중하고 있는 「수도권 대기환경 개선 특별대책」의 성공적 추진을 위해서는 과학적이고 정확한 정책의 수립, 정책추진 효과의 주기적 분석과 보완이 반드시 병행되어야 할 것이다.

이에 서울시에서는 각 지역의 대기오염 실태를 파악하고 대기질에 대한 정보를 구축하기 위하여 대기오염측정망을 설치·운영하고 있다. 또한 대기오염 자동측정망은 특정지역의 평균 오염도를 파악하고 관리대책을 수립하기 위해 신뢰도가 높은 측정 자료의 수급을 목적으로 하고 있다. 그리고 이러한 측정 자료를 바탕으로 대기오염의 경보체계를 구축하고 효과적인 대기오염저감 대책수립과 평가 및 개선을 위한 기초자료를 제공해 주며 오염물질의 환경기준 달성여부, 대기오염예측 모델의 자료 제공, 대기오염 배출원의 감시 등 여러 가지 기능을 수행하고 있다(유은철 등, 2006, 김철희 등, 2004).

이러한 여러 측정망중 남산과 북한산에 설치 운영중인 측정망은 도시대기 측정망과는 달리 주변의 자동차 통행량, 토지이용, 녹지유무, 고도차 등 여러 요인들로 인해 대기오염물질 농도에 다른 경향을 나타내고 있다(환경부, 2006).

따라서 본 연구에서는 서울시의 북한산 도시배경 및 남산 상층측정망과 일반 도시대기측정망의 대기환경관련 자료를 바탕으로 대기질 특성을 분석하여 그 연구결과를 토대로 도시 대기질 개선대책 수립의 기초자료로 활용하고자 함이다.

## II. 연구의 범위 및 방법

서울시에서는 도시대기측정망 27개소, 특수목적으로 사용되는 남산 상층측정망과 북한산 도시배경측정망, 도로변 대기측정망 7개소가 설치되어 운영중에 있다(서울시, 2006). 이중 일반 도시대기측정망은 일반적으로 지상 15m 내외에 위치하고 있고, 남산 상층측정망과 북한산 도시배경측정망은 해발 200m 이상의 위치에 있다.

남산 상층측정망은 행정구역상 용산구 용산동에 속해 있으며, 가장 가까운 도시대기측정망은 용산구 한남 2동에 위치한 용산구 대기자동측정망이다. 두 측정소간의 거리는 직선거리로 약 1.6km 정도 떨어져 있고, 각 측정소의 위치는 그림 1과 같다.

북한산 도시배경측정망은 행정구역상으로 강북구 우이동에 속해 있으며, 가장 가까운 도시대기측정망은 강북구 번 1동에 위치한 강북구 대기자동측정망이다. 두 측정소간의 거리는 직선거리로 약 5km 정도 떨어져 있는 두 측정소의 위치를 그림 2에 나타내었다.

본 연구에서는 고도에 따른 대기질 특성분석을 위하여 현재 일반 도시대기측정망 이외에 측정이 이루어지고 있는 남산 상층측정망과 북한산 도시배



Figure 1. Location of Namsan and Yongsan-gu ambient air quality monitoring stations

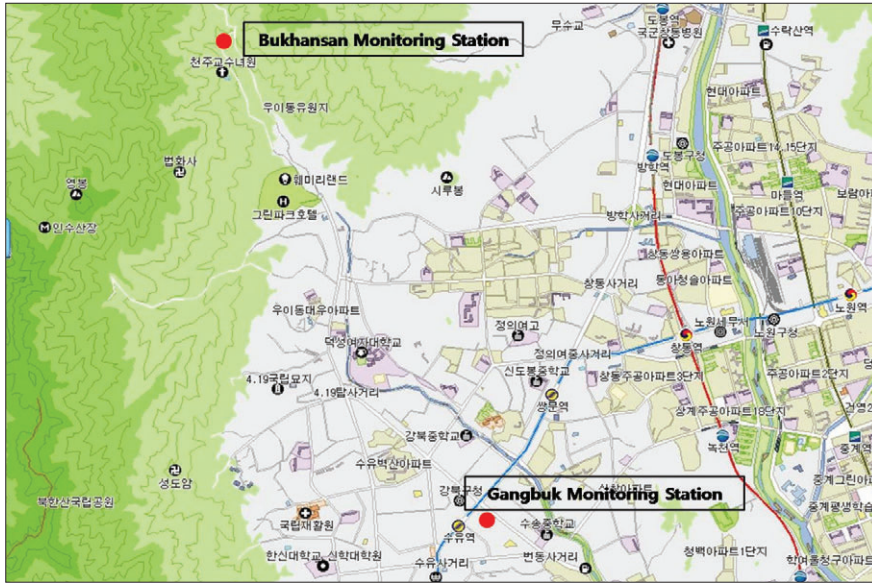


Figure 2. Location of Bukhansan and Gangbuk-gu ambient air quality monitoring stations

경측정망의 측정 자료와 이들 측정망의 가장 인근에 위치한 일반 도시대기측정망과의 측정 자료를 비교·분석하였다.

비교 대상물질은 미세먼지(PM<sub>10</sub>)와 이산화질소(NO<sub>2</sub>)이었고, 연구기간은 2005년부터 2006년까지 2년 동안의 농도를 비교 분석하였다.

서울시보건환경연구원 전산실에서 제공받은 자료의 처리는 관측된 대기오염물질 농도 분석에 앞서 측정 자료의 객관성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 환경부의 대기오염측정망 설치·운영 지침에 따라 원자료(raw data)에서 이상치와 결측치를 제외하고, 측정소별로 시간별 자료가 75%이상(24시간 평균-18개 이상, 8시간평균-6개 이상)인 측정치를 유효한 자료로 선정하였다(환경부, 2006, Larsen, R. I., 1973).

또한 통계처리에 의한 해석을 위하여 측정망에서 수집된 모든 자료는 SPSS Ver. 12 통계 프로그램을 이용하여 분석을 실시하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 월별 미세먼지(PM<sub>10</sub>) 농도 변화

그림 3은 서울시내 27개 도시대기측정망에서 측정된 PM<sub>10</sub>농도의 연간 월별농도 변화 특성을 나타낸 것이다. 2005년과 2006년 2년 동안 각 측정망에서 측정된 PM<sub>10</sub>농도의 평균값으로 2005년의 전체 평균은 57μg/m<sup>3</sup>, 2006년은 55μg/m<sup>3</sup>이었다.

PM<sub>10</sub>의 월평균 농도를 보면 봄철에 중국이나 몽골로부터 이동해 오는 황사현상으로 인하여 농도가 대체적으로 증가하고, 여름철에는 7~9월에 집중적으로 내리는 강우량에 의해서 대기중에서 제거되는 wash-out 현상 등 물리·화학적 영향에 의해 다

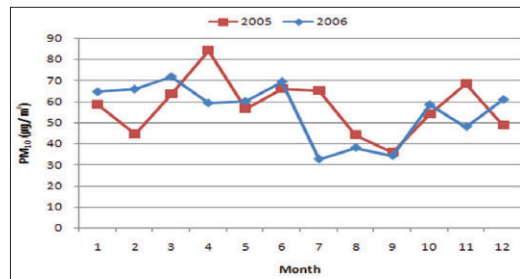


Figure 3. Monthly-averaged PM<sub>10</sub> concentration in 2005~2006



른 월보다 PM<sub>10</sub>의 농도가 낮아진 것으로 판단된다.

## 2. 남산과 용산구 측정망의 PM<sub>10</sub> 농도

남산 상층측정망과 가장 인접한 용산구 도시대기 측정망의 PM<sub>10</sub>농도에 대하여 평균과 중위수를 비교 분석하고, 상관관계 분석을 실시하였다. 두 지점의 대기측정망 자료 현황, 평균과 중위수 값은 표 1

Table 1. PM<sub>10</sub> in Namsan and Yongsan air quality monitoring stations in 2005-2006

	Year 2005		Year 2006	
	Namsan	Yongsan	Namsan	Yongsan
Valid data	4,931	8,512	7,208	7,053
Missing data	3,829	248	1,552	1,707
Average (μg/m <sup>3</sup> )	55	63	49	51
Median (μg/m <sup>3</sup> )	47	53	41	44

에 나타내었다.

용산구 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>농도는 2005년도와 2006년도에 각각 63μg/m<sup>3</sup>, 51μg/m<sup>3</sup>으로 나타내었으며, 남산 상층측정망의 PM<sub>10</sub>농도는 2005년도와 2006년도에 각각 55μg/m<sup>3</sup>, 49μg/m<sup>3</sup>으로 나타내었다. 용산구 도시대기측정망이 남산 상층측정망보다 2~8μg/m<sup>3</sup> 정도 높게 나타났다. 이러한 이유는 용산구 도시대기측정망은 그 지역을 대표하는 일반대기측정망의 농도이고, 남산은 도심의 상층측정망으로 주변의 도시대기측정망보다 다소 낮은 농도의 값을 나타내었다.

그림 4에서 서울 PM<sub>10</sub>농도 값은 남산과 북한산을 제외한 27개의 서울지역 도시대기측정망의 평균 값이다.

그림 4에서 남산 상층측정망과 가장 인접한 용산

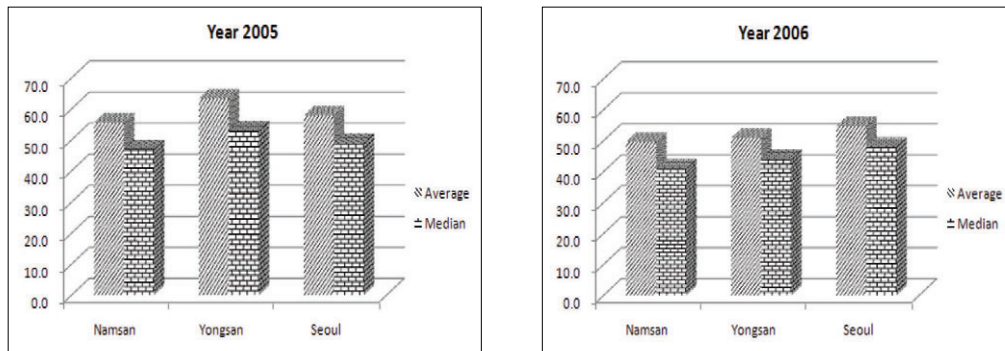


Figure 4. Average and median of PM<sub>10</sub> in Namsan, Yongsan and Seoul (μg/m<sup>3</sup>)

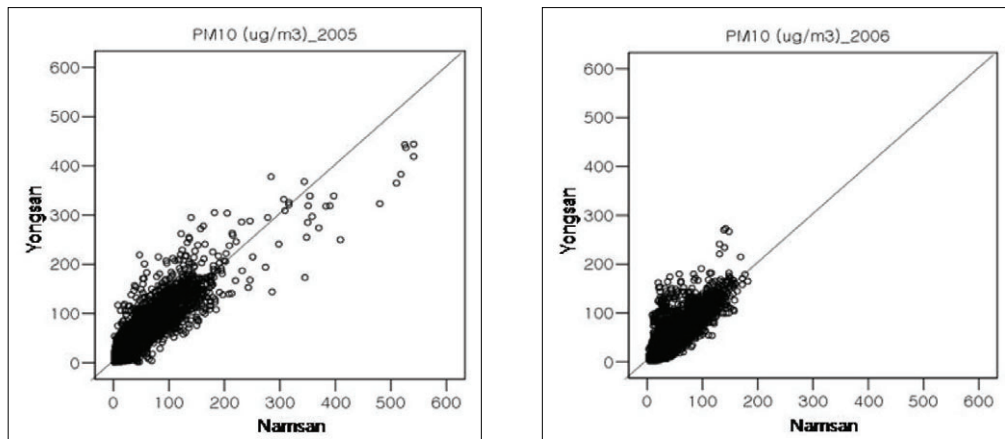


Figure 5. Correlation analysis of PM<sub>10</sub> in Namsan and Yongsan

구 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>농도를 분석한 결과 두 곳 모두 서울시 도시대기측정망 전체의 평균과 비슷한 값을 나타내었다. 또한 남산 상층측정망이 용산구 도시대기측정망보다 PM<sub>10</sub>농도는 낮지만 큰 차이는 보이지 않았다. 이러한 이유는 상대적으로 남산 측정소가 용산구측정소보다 높은 고도에 위치해 있지만, 도심 주변의 오염발생원에 의한 영향을 다소 받는 것으로 추정 할 수 있다.

그림 5는 남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망 PM<sub>10</sub> 측정 자료에 대한 두 지점의 상관관계를 분석한 결과이다. 이 두 지점의 상관계수는 2005년에 0.865, 2006년 0.828로 상관성이 높은 것으로 나타났다.

따라서 남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망의 고도에 따른 PM<sub>10</sub>농도 측정 결과는 도심내의 여러 발생원에 의한 오염물질의 영향을 다소 받고 있는 것으로 사료된다.

### 3. 북한산과 강북구 측정망의 PM<sub>10</sub> 농도

북한산 도시배경측정망과 가장 인접한 강북구의 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>농도에 대하여 평균과 중위수 및 상관성을 비교 분석하였다.

두 지점의 대기측정망 자료 현황, 평균과 중위수 값은 표 2와 그림 6에 나타내었다.

강북구 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>의 평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났으며, 북한산 도시배경측정망의 PM<sub>10</sub>의 평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각

Table 2. PM<sub>10</sub> in Bukhansan and Gangbuk air quality monitoring stations in 2005~2006

	Year 2005		Year 2006	
	Bukhansan	Gangbuk	Bukhansan	Gangbuk
Valid data	8,417	7,579	7,592	8,186
Missing data	343	1,181	1,168	592
Average ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	44	55	39	51
Median ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	35	48	32	44

44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타내었다.

한편 북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망은 남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망과는 달리 고도에 따른 농도 차가 뚜렷하게 나타났다. 지면 가까이 위치한 강북구 도시대기측정망에 비해 북한산 도시배경측정망의 PM<sub>10</sub> 평균농도가 약 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상 낮게 나타났다. 이러한 이유는 강북구는 그 지역을 대표하는 일반대기측정망의 농도이고, 북한산은 도시배경측정망으로 그 주변의 대기측정망보다 훨씬 낮은 농도의 값을 나타내었다.

또한, 서울시 도시대기측정망 전체의 평균보다 북한산과 강북구측정망에서 더 낮은 농도값을 나타내었다.

그림 6에서 서울 PM<sub>10</sub>농도 값은 남산과 북한산을 제외한 27개의 서울지역 도시대기측정망의 평균값이다.

북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub> 측정 농도자료에 대한 상관계수는 2005년에 0.809, 2006년 0.834로 상관성이 높은 것으로 나타났다. 두 지점의 상관관계 분석 결과를 그림 7에

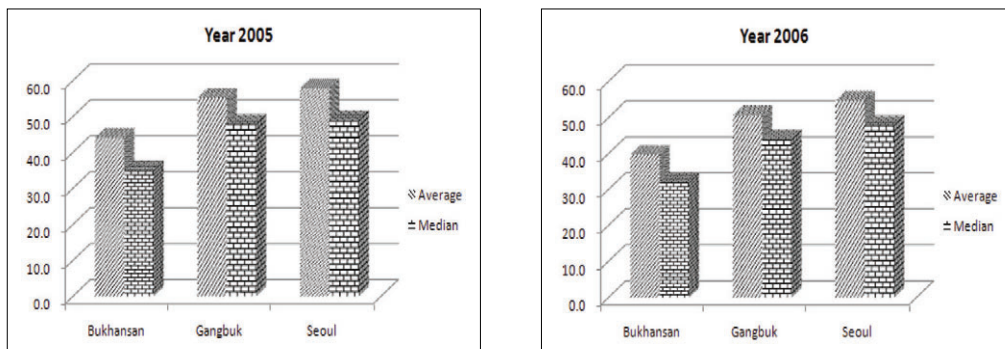


Figure 6. Average and median of PM<sub>10</sub> in Bukhansan and Gangbuk and Seoul (unit :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

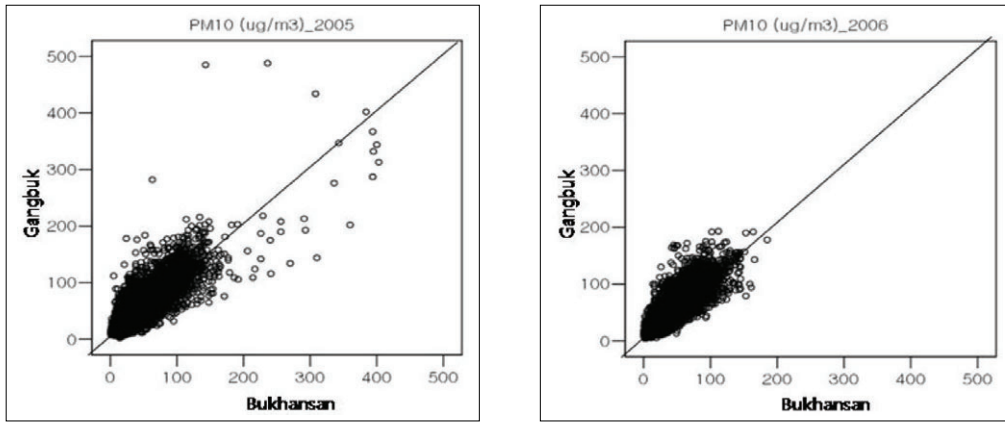


Figure 7. Correlation analysis of PM<sub>10</sub> in Bukhansan and Gangbuk

나타내었다.

남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망, 북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망의 PM<sub>10</sub>의 농도를 살펴보면 전체적으로 2005년보다 2006년에 농도가 감소하였다. 이는 서울의 대기환경 저감정책으로 2005년에 비해 2006년의 PM<sub>10</sub>의 평균농도가 전체적으로 감소한 결과에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망에서의 농도차보다 북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망에서의 농도차가 더 크게 나타났다.

이러한 이유로는 남산은 도심과 가까이 위치하여 자동차통행과 산업 활동의 증가 및 남산타워, 각종 볼거리로 사람들의 통행이 빈번하고 활동이 많은 반면, 북한산은 국립공원으로 지정되어 있기도 하고, 유원지를 제외하면 주변에 비교적 자연 녹지 조성이 잘 되어 있기 때문이라고 사료된다. 따라서 측정 농도 결과에 다소 차이가 나타나는 것은 남산측정소의 용도는 고공, 북한산측정소는 청정지역에서의 측정을 목적으로 설치되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

#### 4. 월별 이산화질소(NO<sub>2</sub>) 농도 변화

서울시 27개 도시대기측정망의 NO<sub>2</sub> 월평균 농도를 그림 8에 나타내었다.

2005년과 2006년의 NO<sub>2</sub> 변화 경향은 비슷하게 나타났으며, NO<sub>2</sub>농도는 최저 20ppb에서 최고

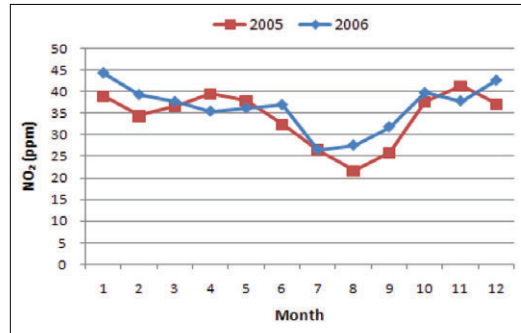


Figure 8. Monthly-averaged NO<sub>2</sub> concentration in 2005~2006

45ppb의 범위를 나타내고 있다. NO<sub>2</sub>농도는 PM<sub>10</sub>과 마찬가지로 7~9월에는 강수의 영향으로 농도가 낮아지는 경향을 나타내다가 10월을 기점으로 다시 증가하는 경향을 보였다.

연간 평균농도는 2005년에 34ppb, 2006년에는 36ppb로 2007년도 수도권 대기환경개선특별대책 달성목표치인 35ppb에는 약간 못 미치는 농도값을 나타내었다. 또한 2007년1월부터는 국가대기환경기준이 50ppb에서 30ppb로 강화됨에 따라 이 기준과 비교해 보면 약 5ppb 정도 대기환경기준을 초과한 것으로 나타났다.

#### 5. 남산과 용산구 측정망의 NO<sub>2</sub> 농도

남산 상층측정망과 가장 인접한 용산구 도시대기측정망의 NO<sub>2</sub> 농도에 대하여 평균과 증위수 및 상

관성을 비교 분석하였다. 두 지점의 대기측정망 자료 현황, 평균과 중위수 값은 표 3에 나타내었다.

그 지역을 대표하는 일반대기측정망인 용산구 도시대기측정망의 NO<sub>2</sub> 평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각 32ppb, 34ppb로 나타내었으며, 도심의 상층측정망인 남산 상층측정망의 NO<sub>2</sub> 평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각 25ppb, 28ppb로 나타내었다. 남산 상층측정망은 용산구 도시대기 측정망보다 6~7ppb 정도 낮은 농도의 값

을 나타내었다. 또한 두 지점에서의 NO<sub>2</sub> 평균농도는 모두 증가하는 경향을 보였다.

그림 9에서 서울 NO<sub>2</sub> 농도 값은 남산과 북한산을 제외한 27개의 서울지역 도시대기측정망의 평균 값을 나타낸 것이다.

남산 상층측정망과 가장 인접한 용산구 도시대기 측정망의 NO<sub>2</sub>농도를 비교해 보면 남산 상층측정망이 용산구 도시대기측정망보다 더 낮다는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 NO<sub>2</sub>의 주 발생원이 자동차인 점을 감안할 때, 남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망의 농도 차는 주변의 교통량의 차이에 기인한 것이라고 판단된다. NO<sub>2</sub> 농도는 앞서 분석한 PM<sub>10</sub> 농도와 달리 2006년도가 2005년보다 높은 값으로 나타났다.

자료분석에 앞서 남산 상층측정망의 NO<sub>2</sub> 측정자료 중 고농도 사례가 2회 나타나 이 사례를 먼저 Larsen(1973)의 방법에 근거하여 NO<sub>2</sub>의 하루 24

Table 3. NO<sub>2</sub> in Namsan and Yongsan air quality monitoring stations in 2005~2006

	Year 2005		Year 2006	
	Namsan	Yongsan	Namsan	Yongsan
Valid data	4,778	8,350	8,466	7,746
Missing data	3,982	410	294	1,014
Average(ppb)	25	32	28	34
Median(ppb)	21	30	25	32

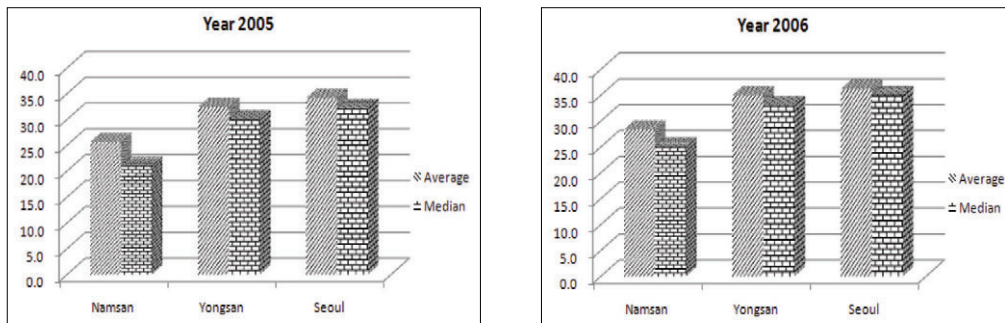


Figure 9. Average and median of NO<sub>2</sub> in Namsan, Yongsan and Seoul(unit : ppb)

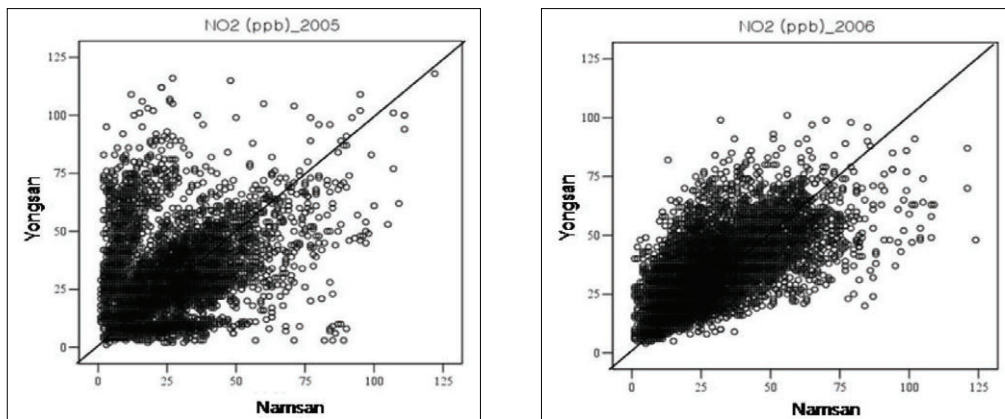


Figure 10. Correlation analysis of NO<sub>2</sub> in Namsan and Yongsan



시간 중 8시간 이상 데이터가 missing 된 날의 데이터, 즉 75%이하인 경우와 일평균 농도가 극단 이상치(HOF, High Outer Fence,  $Q_3+3 \times IQR$ )를 초과한 일의 데이터는 오차라 가정하여 데이터를 제외하고 상관분석을 실시하였다. 이에 대한 고농도 사례는 2006년 11월 18일과 12월 15일의 측정 자료로서  $NO_2$  농도가 각각 206ppb, 166ppb로 다른 측정값들보다 높아 상관분석을 하는데 영향을 미칠 수 있다고 판단하였기 때문에 제외하였다.

남산 상층측정망과 용산구 도시대기측정망의  $NO_2$  측정 자료의 상관성을 그림 10에 나타내었고, 연도별로 보면 정도의 차이는 있지만 2005년에는 상관계수가 0.314로 상관성이 작고, 2006년에 0.652로 상관성이 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

## 6. 북한산과 강북구 측정망의 $NO_2$ 농도

북한산 도시배경측정망과 강북구 도시대기측정망의  $NO_2$ 에 대하여 평균과 중위수를 비교하고 상관관계를 분석 실시하였다.

두 지점의 대기측정망의 자료 현황, 평균과 중위

수 값은 표 4와 그림 11에 나타내었다.

강북구 도시대기측정망의  $NO_2$  평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각 35ppb, 34ppb로 나타내었으며, 북한산 도시배경측정망의  $NO_2$  평균농도는 2005년도와 2006년도에 각각 10ppb, 12ppb로 나타내었다. 또한 두 지점에서의  $NO_2$  평균농도는 20ppb 이상의 농도차를 보였다.

이는 강북구 도시대기측정망은 그 지역을 대표하는 일반대기측정망의 농도이고, 북한산은 도시배경측정망으로 주변의 도시대기측정망보다 훨씬 낮은 농도의 값을 나타내었다.

그림 11에서 서울  $NO_2$  농도 값은 남산과 북한산을 제외한 27개의 서울지역 도시대기측정망의 평균 값을 나타낸 것이다.

북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망, 서울시 도시대기측정망 전체의  $NO_2$  농도를 비교해 보면, 강북구 도시대기측정망 자료와 서울시 전체의 농도는 비슷한 경향 분포를 나타내는 반면, 북한산 도시배경측정망은 상당히 낮은 농도 분포를 나타내었다. 이는 북한산내로 차량의 통행이 금지되어 있고, 지면의 도로에 비해 고도 상으로 높은 위치에 있기 때문에 오염원의 영향을 거의 받지 않았기 때문이라고 판단된다. 이에 대해 북한산의 도시배경측정망은 비교적 청정한 지역에 설치·운영되고 있다고 볼 수 있다.

또한, 북한산 도시배경과 강북구 도시대기측정망의  $NO_2$  농도의 상관성을 그림 12에 나타내었고, 연도별 상관계수를 보면 2005년에 0.525, 2006년에

Table 4.  $NO_2$  in Bukhansan and Gangbuk air quality monitoring stations in 2005~2006 (unit : ppb)

	Year 2005		Year 2006	
	Bukhansan	Gangbuk	Bukhansan	Gangbuk
Valid data	8,466	7,746	7,587	8,521
Missing data	294	1,014	1,173	239
Average(ppb)	10	35	12	34
Median(ppb)	6	32	8	32

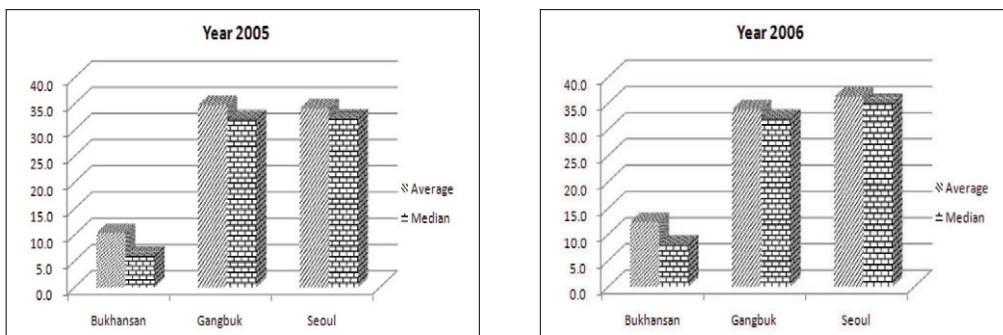


Figure 11. Average and median of  $NO_2$  in Bukhansan, Gangbuk and Seoul

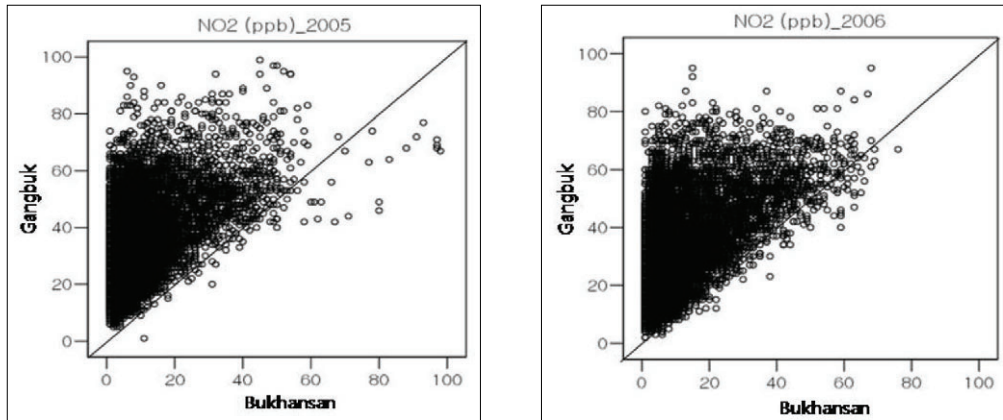


Figure 12. Correlation analysis of  $\text{NO}_2$  in Bukhansan and Gangbuk

0.549로 상관성이 낮게 나타났다.

상관관계 분석 그래프를 보면 두 지점의 측정값이 같은 값을 나타내는 1:1직선을 중심으로 대부분의 자료가 왼쪽 위에 분포하는 것을 알 수 있었다. 이는 북한산 도시배경측정망의 측정 자료에 비해 강북구 도시대기측정망의 측정자료 대부분이 큰 값을 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 이유는 광역적 오염원(global source)보다 국지적 오염원(local source) 영향을 더 많이 받고 있다고 추정할 수 있다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 고도에 따른 대기질 특성분석을 위하여 현재 일반 도시대기측정망 이외에 측정이 이루어지고 있는 남산과 북한산 자동측정망의 측정자료와 이들 측정망의 가장 인근에 위치한 일반 도시대기측정망과의 측정 자료를 비교·분석하였다.

남산 상층측정망과 가장 인접한 용산구 도시대기측정망의  $\text{PM}_{10}$ 을 분석한 결과 두 지점 모두 서울시 전체 평균과 비슷한 농도값을 보였고, 또한 남산이 용산구보다  $\text{PM}_{10}$  농도는 약간 낮지만 큰 차이는 보이지 않았다. 이러한 이유는 상대적으로 남산 측정소가 용산구측정소보다 높은 고도에 위치해 있지만, 도심내의 여러 발생원에 의한 오염물질의 영향을 다소 받고 있는 것으로 판단된다.

남산과 용산구  $\text{PM}_{10}$  측정 자료에 대한 두 지점의 상관계수는 2005년에 0.865, 2006년 0.828로 상관성이 높은 것으로 나타났다.

북한산 도시배경측정망과 강북구 도시대기측정망은 남산과 용산구측정망과는 달리 고도에 따른 농도차가 뚜렷하게 나타났다. 지면 가까이 위치한 강북구 자동측정망에 비해 북한산측정망의  $\text{PM}_{10}$  농도가 약  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상 낮았다. 또한, 서울시 전체의 평균보다 북한산과 강북구측정망에서 더 낮은 농도값을 나타내었다.

남산과 용산구, 북한산과 강북구의  $\text{PM}_{10}$ 의 농도를 살펴보면 전체적으로 2005년보다 2006년에 농도가 감소하였다. 이는 서울의 대기환경 저감정책으로 2005년에 비해 2006년의  $\text{PM}_{10}$ 농도가 전체적으로 감소한 결과에 기인한 것으로 판단된다. 그리고 남산과 용산구측정망에서의 농도차보다 북한산과 강북구 측정망에서의 농도차가 더 크게 나타났다.

이러한 이유로는 남산은 도심과 가까이 위치하여 자동차 통행과 산업활동의 증가 및 남산타워 등 각종 볼거리로 사람의 통행이 빈번하고 활동이 많은 반면, 북한산은 국립공원으로 지정되어 있기도 하고, 유원지를 제외하면 주변에 비교적 자연 녹지 조성이 잘 되어 있기 때문이라고 사료된다. 따라서 남산측정소의 용도는 고공, 북한산측정소는 청정 지역 측정의 목적으로 설립되어 있기 때문에 측정결과에 다소 차이가 나타나는 것으로 추정된다.

또한, 남산측정망과 가장 인접한 용산구측정망의 NO<sub>2</sub> 농도를 비교해 보면 남산측정망이 용산구측정망보다 더 낮은 값을 나타내었다. NO<sub>2</sub>의 주 발생원이 자동차인 것을 감안할 때, 남산과 용산구의 농도차는 주변의 교통량의 차이에 기인한 것이라고 사료된다. NO<sub>2</sub>는 PM<sub>10</sub>과 달리 2006년의 농도가 2005년보다 높은 것으로 나타났다. 남산과 용산구의 NO<sub>2</sub> 측정자료 분석결과에 대한 상관계수는 2005년도에는 0.314로 낮고, 2006년에는 0.652로 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

북한산과 강북구, 서울시 전체 측정망의 NO<sub>2</sub> 농도를 비교해 보면, 강북구와 서울시 전체의 자동측정망 자료농도는 비슷한 경향 분포를 나타내는 반면, 북한산은 상당히 낮은 농도 분포를 나타내었다. 이는 북한산내로 차량의 통행이 금지되어 있고, 지면의 도로에 비해 고도 상으로 높은 위치에 있기 때문에 오염원의 영향을 거의 받지 않았기 때문이라고 판단된다. 이에 대해 북한산의 자동측정망은 비교적 청정한 지역에 설치되어 운영되고 있다고 볼 수 있다. 북한산과 강북구의 NO<sub>2</sub> 농도의 연도별 상관계수를 보면 2005년에 0.525, 2006년에 0.549로 상관성이 낮게 나타났다. 이는 광역적 오염원(global source)보다 국지적 오염원(local source) 영향을 많이 받고 있다고 판단되며, 향후 이에 대한 기여도를 정량적으로 분석할 필요가 있다고 사료된다.

### 참고문헌

김신도, 2004, 우리나라 미세먼지 현황 및 문제점, 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집.  
 김용표, 2006, 서울의 미세먼지에 의한 대기오염, 한국대기환경학회지, 22(5), 535-553.  
 김운수, 2004, 서울시 미세먼지 배출량 조사·분석 및 관리방안 연구, 서울시정개발연구원.  
 김철희, 박일수, 이석조, 김정수, 진형아, 성한규, 2004, 지역 대기질 측정망에 나타난 국내

대기오염도의 최근 동향, 한국대기환경학회지, 20(2), 215-224.  
 박광석, 2006, 수도권 대기환경관리 기본계획, 한국대기환경학회 2006 춘계학술대회논문집, pp. 37-42.  
 박일수, 이석조, 김종춘, 김상균, 이동원, 유철, 이재범, 송형도, 이정영, 김지현, 2005, 수도권지역에서 오염원별 대기오염농도 기여도 평가, 한국대기환경학회지, 21(5), 495-505.  
 서울특별시, 2006, 수도권 대기환경개선 기본계획 추진을 위한 서울특별시 시행계획, 서울특별시.  
 유은철, 박옥현, 2006, 부산지역의 다양한 환경적 요인의 변화에 따른 대기오염 측정망평가, 한국대기환경학회지, 22(4), 405-420.  
 조경두, 2001, 지역대기질의 체감오염도 개선을 위한 시책 연구, 인천발전연구원.  
 환경부, 2004, 측정망 설치·운영 실태평가 및 기본계획 조정을 위한 연구.  
 환경부, 2005, 수도권 대기환경관리 기본계획, 환경부.  
 환경부, 2006, 대기오염측정망 설치·운영 지침.  
 H. Choi, Y. H. Zhang, and K. H. Kim, 2008, Sudden high concentration of TSP affected by atmospheric boundary layer in Seoul metropolitan area during dust storm period, Environment International, (In press).  
 Larsen, R. I., 1973, An air quality data analysis system for interrelating effects, standards and need source reductions, Journal of Air Pollutants and Control Assessment, 23, 933-940.