

## 서울시 특정지역의 대기중 입자상물질 특성 평가 - 남산과 북한산을 중심으로 -

대기환경팀

강미혜 · 윤호균 · 이상열 · 신덕영 · 안경수 · 김흥주 · 정 권, 김주형

## **Airborne Particles Characteristic Estimation of Specific Region in Seoul - with Focus on Namsan and Bookhansan -**

*Atmospheric Environmental Team*

**Mi-hye Kang, Ho-goun Yoon, Sang-yeol Lee, Deok-young Shin,  
Kyoung-soo Ahn, Heung-joo Kim, Kweon Jung and Joo-hyung Kim**

### **Abstract**

The levels of air pollution have been shown to vary according to area, season, weekday and weekend, time, and meteorological factors. In particular, air pollution components and their distributions are closely related to meteorological conditions.

In this study, data from 29 Seoul monitoring stations and the Korea meteorological administration (KMA), obtained between January, 2005 and June, 2007, were grouped into mist, Asian dust and normal days. Based on these grouped data, the change in the level of fine particulate matters and the PM<sub>2.5</sub>, and PM<sub>10</sub> distributions, and the contribution of meteorological factors to fine particulate matters were analyzed.

Fine particulate matters were demonstrated to be higher during mist than on normal days, by 29~45% and 39~49% for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>, respectively, and the PM<sub>10</sub>/TSP was higher than during normal days or even during Asian dust events, which suggest that mist has a large impact on the PM<sub>10</sub> level. In addition, the average of PM<sub>2.5</sub>/TSP for Seoul was 0.25, with 0.2 for Bookhansan and 0.4 for Namsan. The PM<sub>2.5</sub> to PM<sub>10</sub> ratio was found to decrease annually.

**Key words** : PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>

## 서론

대기오염농도는 지역별, 계절별, 요일, 시간 및 기상요인에 따라 많은 차이를 나타낸다. 특히 지역에 따라 대기오염의 성분과 분포는 기상조건과 매우 밀접한 연관성을 가지고 있다. 따라서 서울시에서 관리, 측정하고 있는 측정소 중 일반대기 측정소와 달리 배경농도측정망(북한산측정소), 입체측정망(남산측정소)은 고도차이, 통행량, 녹지 조성에 따라 전혀 다른 특성을 나타내고 있다. 본 논문은 대기오염농도에 미치는 영향 중 매우 밀접한 관계가 있는 기상요인(박무, 황사, 평일 등)에 따라 구분하여 남산, 북한산지역 입자상 물질 농도를 분석 평가하여 도시 시책 관련에 필요한 기본 자료를 제공하고자 한다.

## 연구 방법

본 연구는 2005년~2007년 6월까지 서울 29개 측정소와 남산, 북한산 측정소의 24시간 자동측정망에서 측정된 TSP, PM10, PM2.5 자료와 기상청 자료를 이용하여 박무, 황사, 평일로 구분하여 각각 2년 6개월간의 연도별 입자상 물질 분포도, 기상요인이 입자상 물질에 미치는 기여도 등을 분석 평가하였다.

## 결과 및 고찰

### 1) 연도별 PM10과 PM2.5의 농도(그림 1, 2)

PM10의 경우 전체적으로 서울, 남산, 북한산의 순으로 농도를 나타내었으며 2005~2007년까지의 박무일과 평일의 농도비교는 박무일이 평일보다 약 29~45% 정도가 높게 나타나는 것으로 확인되

었다. 이는 기상조건 중 습도와 큰 관련이 있는 것으로 이른 오전과 늦은 저녁에 높은 습도와 출퇴근 시 먼지나 이산화질소 등 기타 다른 대기오염도가 크게 증가하는 것을 확인 할 수 있었는데 이는 자동차 배출가스가 전체적인 대기오염 평균 농도를 높이는 요인이라 판단된다. 한편 황사의 경우 2006년 고농도 황사발생으로 서울시 평균이 크게 증가하였으나 남산과 북한산의 경우에는 고도차이와 녹지조성에 따라 낮은 먼지 농도를 나타낸 것으로 판단되며 특히 기상 조건 중 풍속과 기류에 따라 농도차이가 크게 나타난다고 사료된다. PM2.5의 경우 전체적인 농도는 PM10과 마찬가지로 서울이 남산과 북한산 보다 높게 나타나는 것으로 확인되었으나 PM10보다는 농도차이가 크지 않은 경향을 보여주었다. 박무시와 평일의 농도비교는 박무일이 평일보다 34~49% 정도가 높게 나타나 PM10보다 미세먼지 농도에 크게 기여하는 것으로 확인되었다. 따라서 PM2.5가 PM10보다 박무시에 더 높은 농도를 나타내 이에 대한 대책이 시급한 실정이다. 한편 2007년(1~6월까지) 남산과 북한산, 서울 평균을(그림3 참조) PM2.5이하, PM2.5~10, PM10 이상(PM10~TSP)으로 구분하여 기상조건별로 분석하였다. 남산의 경우 PM2.5~10가 박무시와 황사시에 높고 평일에는 PM10 이상이 먼지 분포가 높은 것으로 나타났으며 특히 PM2.5는 박무시에 황사시와 평일보다 높은 분포를 나타내었다. 북한산의 경우도 PM2.5~10이, 박무시와 황사시에 많이 분포하였으며 PM2.5이하의 경우 오히려 평일이 높은 것으로 나타났는데 이는 습도가 남산이나 서울 평균보다 북한산이 높게 나타난 원인이라 판단된다(표1). 서울의 경우 PM2.5는 박무시에, PM2.5~10은 황사시에, 평일에는 PM10 이상이 높은 것으로 나타났다.

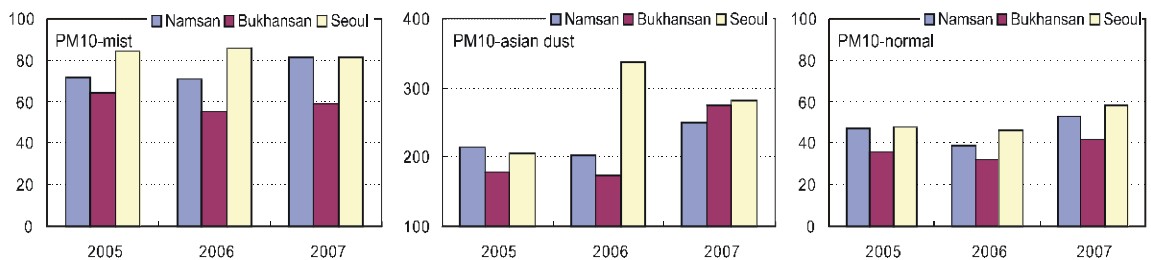
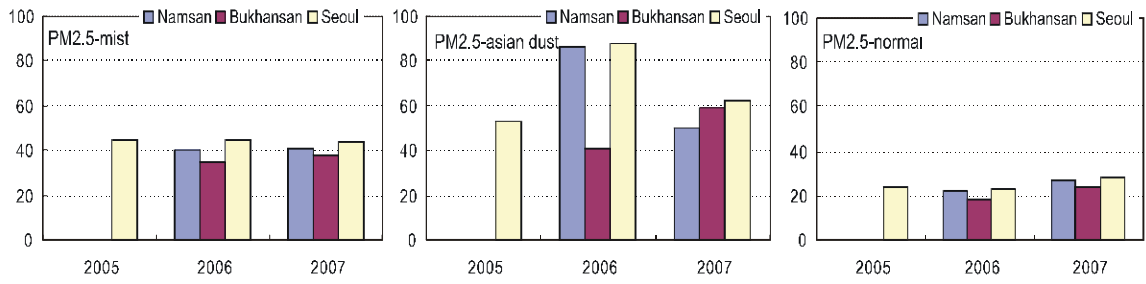
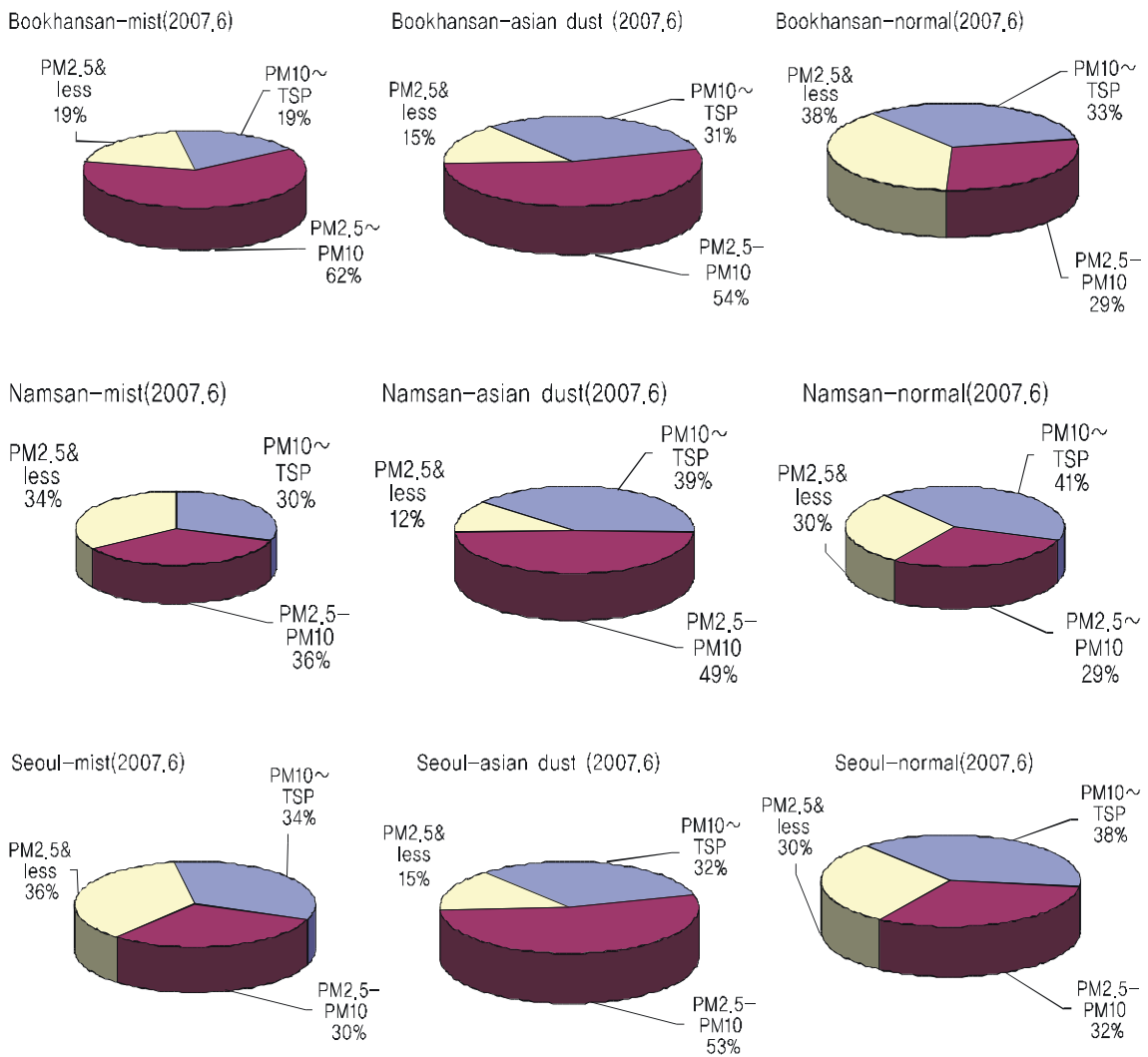


Fig. 1. Annual variation of PM10 concentration by regions and meteorological factors.



**Fig. 2.** Annual variation of PM2.5 concentration by regions and meteorological factors.



**Fig. 3.** Variation with meteorological factors of dust in Bukhansan, Namsan, and Seoul, 2007 (Jan.-Jun.).

**Table 1.** The relative humidity with meteorological factors and regions, 2007 (Jan.~Jun)

RH-%	Mist	Asian dust	Normal
Namsan	86.5	67.0	55.5
Bukhansan	83.9	62.6	58.4
Seoul	83.0	58.6	52.7

2) PM2.5/PM10 분포(표 2)

2005년도에는 남산과 북한산의 PM2.5 기기 미설치로 데이터 결과는 없었으나 2006년부터 기상 조건별로 생성된 결과를 보면 남산의 경우 2006년 황사 발생시 PM10의 증가로 박무와 평일보다 낮은 비율을 나타내었다. 그러나 북한산은 기상조건 별로 큰 차이를 나타내었고 박무시에는 오히려 남산과 서울 평균보다 높은 비율을 나타내었는데 이는 이 등(1) 이 언급한 습도 및 기압에 의한 역전층 현상 등으로 미세입자의 생성을 촉진하여 PM2.5농도가 증가한다는 논문과 일치한다. 따라서 이러한 지역적인 특성으로 분석한 결과로 PM2.5는 PM10의 30~70%를 차지하는데 PM2.5

/PM10의 ratio가 낮으면 PM10의 대부분이 토양 입자로 이루어져 있음을 의미하고(2) 먼지농도는 개별 기상요소의 절대적인 수치(기온, 습도, 일 강수량) 보다는 시간 및 공간에서의 기상요소의 분포, 즉 기상변화율(일교차, 기압의 배치 등)과 밀접한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(3). 한편 미국의 지역별 PM2.5/PM10의 평균 분포는 Southwest가 0.38이며 Northeast, Southeast, Industrial Midwest가 0.70이었으며 Upper Midwest가 0.53으로(4) 서울의 박무 발생시 비율과 비슷하였다(8).

3) PM10/TSP 분포(그림 4)

PM10은 바람에 의한 먼지, 즉 황사 등 자연적인 오염원과 diesel 연료를 사용하는 자동차의 영향이나 도로의 비산먼지에 의해 발생되며 토양과 관련된 Al, Si, Ca, Ti와 Fe 등이 많이 포함되어 있다(5).

또한 고층건물이 많고 거주지역, 상업지역, 산업지역이 혼합되어 있는 지역의 경우에 높게 측정된다. 반면에 PM2.5는 산업, 운송, 주거활동 등에 의한 연소과정, 자동차 배기가스로부터 직접 배출되거나 1차 가스 상 오염물질의 화학적 변환 등에

**Table 2.** The ratio of PM2.5 to PM10 with meteorological factors and regions

Region	Factors	2005	2006	2007.6
Namsan	Mist	-	0.56	0.51
	Asian dust	-	0.42	0.20
	Normal	-	0.56	0.51
	Average	-	0.52	0.41
Bukhansan	Mist	-	0.65	0.64
	Asian dust	-	0.24	0.22
	Normal	-	0.56	0.57
	Average	-	0.48	0.47
Seoul	Mist	0.53	0.55	0.52
	Asian dust	0.26	0.26	0.22
	Normal	0.50	0.49	0.48
	Average	0.43	0.43	0.41

의해 생성된다. 따라서 황산염, 질산염, 암모니아 등의 ion 성분과 금속 화합물, 탄소 화합물, 수분 등으로 이루어져 있으며 S, K, Ni, Br, Pb와 같은 인위적인 활동에 의한 물질이 많다(6) 특히 여름철 포집 지역 주변의 도로공사와 도로면 교통량 증가에 의해 타이어와 브레이크 라이닝 마모 등에 따른 먼지의 재 비산, 광화학반응에 의해 2차 오염물질이 증가하는 것으로 보고되고 있다(7). PM10과 TSP비는 남산은 박무시에, 북한산은 황사시에 가장 높은 것으로 확인되었다. 서울시 평균은 박무시에 가장 높은 것으로 나타나 박무가 먼지에 미치는 영향이 큰 것을 확인하였다.

#### 4) PM2.5/TSP 분포(그림 5)

전체적으로는 평일과 황사시보다 박무시에 가장 높게 나타났는데 황사시엔 PM10보다 낮은 분포를 나타내었다. 2006년도 황사시 북한산과 서울의 PM2.5는 남산보다 확연히 낮은 농도를 나타낸 것

을 확인하였다. 이는 남산은 도심 내 한강에 근접한 위치에 따라 황사시 풍속, 기압배치, 혼합고 등 지역적인 특징에 있어 여름철 강풍과 겨울철 대기안정도가 오염 저감 효과를 가져온다(8). 특히 여름철은 주기적인 강수로 세정효과에 의한 광화학 옥시던트가 저농도를 나타내어 2차 생성물질의 역제로 농도가 급격히 낮아진다는 견해도 있다(9, 10).

한편 표3에는 지역별 기상 조건에 따른 총 먼지(TSP)중 PM10 이하의 먼지와 PM2.5 이하의 먼지 분포를 나타내었다. 남산과 북한산의 PM2.5는 감소경향을, PM10은 2006년도에 고농도의 황사 발생으로 증가하였다가 다시 감소경향을 보였다. 반면 서울 평균 PM2.5와 PM10은 매년 증가추세에 있다. 이에 대한 영향은 황사발생일이 계속 증가하고 있으며 평일의 경우도 먼지농도가 매년 증가하는데 이는 도심속 인구밀도와 diesel 자동차 증가가 크게 원인이 된다는 견해와 일치한다(10, 11).

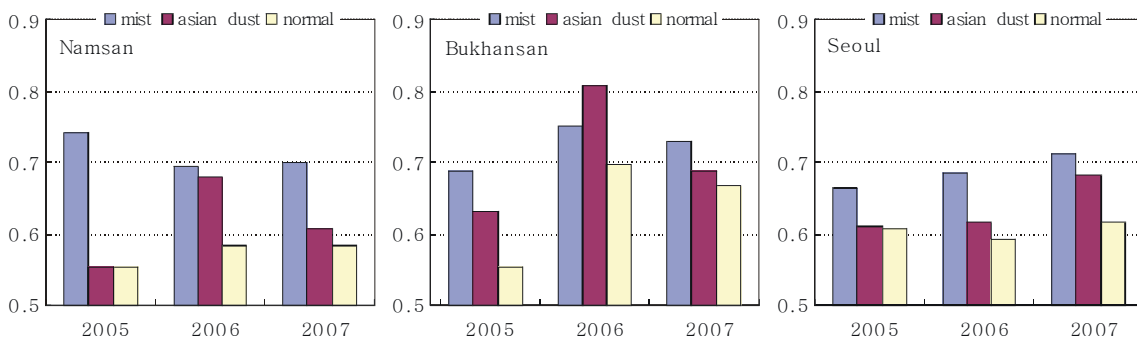


Fig. 4. The ratio of PM10 to TSP with meteorological factors and regions.

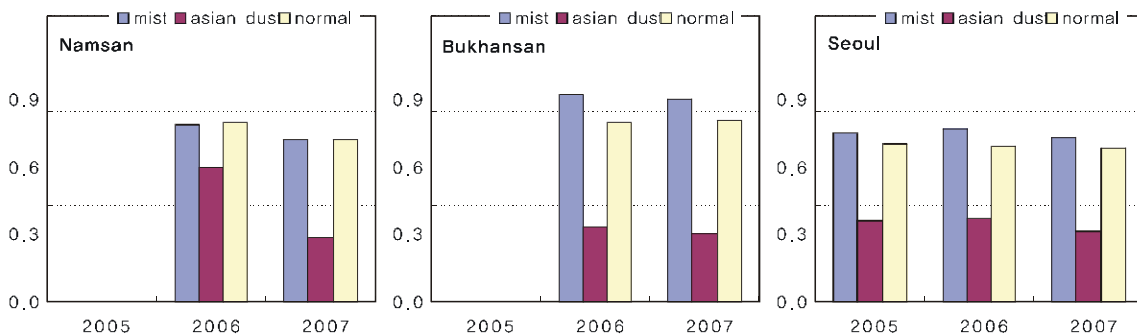


Fig. 5. The ratio of PM2.5 to TSP with meteorological factors and regions.

**Table 3.** The contribution(%) of PM2.5 and PM10 by meteorological factors in dust

Contents	PM2.5 below(%)			PM10 below(%)			
	2005	2006	2007. 6	2005	2006	2007. 6	
Namsan	Mist	-	38.8	34.5	74.0	68.9	69.8
	Asian dust	-	28.7	12.1	55.4	68.0	60.6
	Normal	-	32.8	29.7	58.8	58.2	58.2
	Average	-	33.4	25.4	62.7	65.0	62.9
Bukhansan	Mist	-	47.9	46.9	68.1	75.3	42.8
	Asian dust	-	19.2	14.8	63.0	80.8	68.7
	Normal	-	39.1	38.1	55.4	69.6	66.7
	Average	-	35.4	33.3	62.2	75.2	59.4
Seoul	Mist	35.2	37.8	36.1	66.3	72.3	66.4
	Asian dust	15.8	17.0	15.0	61.0	65.4	68.3
	Normal	30.4	24.0	29.8	60.8	47.9	61.7
	Average	27.1	26.3	27.0	62.7	61.9	65.5

## 결 론

2005년1월~2007년 6월까지 남산, 북한산을 포함한 29개 서울시 대기측정 자료 및 기상청 자료를 이용하여 박무, 황사, 평일로 나누어 연도별 미세먼지 농도 변화와 먼지 분포도, 기상요인이 먼지에 미치는 기여도 등을 분석 평가한 결과는 다음과 같다.

1. 2005년~2007년까지 미세먼지 농도는 PM10은 박무시가 평일보다 29~45% 정도 높게 나타났으며 PM2.5는 박무시가 34~49%로 높게 나타났다.
2. 박무시 PM2.5 이하 농도 분포는 서울시 평균 습도보다 높게 나타난 북한산과 남산은 19%와 34% 이었으며 서울시 평균은 36%이었다. 또한 북한산은 평일이 38%로 박무시보다 평일이 더 높게 나타났다.
3. PM2.5/PM10은 남산, 북한산, 서울 평균은 매년 감소경향을 보이고 있으며 남산은 0.52

에서 0.41로 가장 크게 감소하였다.

4. PM10/TSP는 평일이나 황사시보다 박무시일 때 가장 높은 것으로 나타나 박무가 먼지에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.
5. PM2.5/TSP가 박무시에 가장 높았으며 2006년도 황사시의 PM2.5는 북한산(0.2), 서울 평균(0.25), 남산(0.4)으로 나타났다.
6. 남산과 북한산의 PM2.5는 감소경향을, PM10은 2006년도에 고농도의 황사 발생으로 증가하였다가 다시 감소경향을 보였다. 반면 서울시 평균 PM2.5와 PM10은 2006년도에 감소하였다가 2007년에 다시 증가추세에 있다.

## 참고문헌

1. 이정영 : 하층대기안정도 지표를 이용한 서울 지역의 미세먼지 농도 변화. 대한환경공학회, 2006.

2. 김성연 : 서울시 일부 지역의 대기 중 미세먼지에 관한 연구. 한국환경보건학회지, 2005.
3. 채희정 : 서울시 미세먼지 예보제 시행 1년 결과 분석 및 평가. 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집, 2006.
4. 서울시특별시 : 서울시 미세먼지 특성분석 기본연구, 2007.
5. Marcazzani G et al. : Source apportionment of PM10 and PM2.5 in Milan (Italy). The Science of Total Environment, 2003.
6. Salvador P et al. : Identification and characterization of sources of PM10 in Madrid (Spain). Atmospheric Environment, 38:435~447, 2004.
7. Namdeo AK et al. : Dispersion and re-suspension of fine and coarse particulates in an urban street canyon. The Science of Total Environment, 235:3~13, 1999.
8. 강미혜 : 기상요인에 따른 남산과 북한산의 대기질 특성. 한국대기환경학회 추계 학술 논문집, 2007.
9. Artinano B et al. : Anthropogenic and natural influence on the PM10 and PM2.5 aerosol in Madrid(Spain). Environment Pollution, 125:453~465, 2003.
10. Chan LY et al. : Vertical dispersion of suspended particulates in urban area of Hong Kong. Atmospheric Environment., 34:4403~4412, 2000.
11. Querol X et al. : Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in selected European cities. Atmospheric Environment, 38: 6547~6555, 2004.