

城南市 大氣浮遊粉塵中 呼吸性 粉塵에서
重金屬의 濃度 및 粒徑分布

權 禹 澤, 俞 榮 植

서울保健專門大學 環境管理科

**The Heavy Metals and Size Distribution of Respirable
Suspended Particulate Matter at Sungnam City**

Woo-Taeg Kwon, Young S. Yoo

*Department of Environmental Science and Technology,
Seoul Health Junior College, Sungnam, Korea*

Abstract

Sungnam city, as a major satellite town, is located in the southeast of Seoul. Atmospheric conditions are so stable that air pollutants from various emissions are tend to resist change because Sungnam city is located in the Namhansansung valley. The industrial distribution of Sungnam city are composed of various manufactories such as foods, fibers, chemicals, machinery and electronics, etc.

The heavy metal concentrations and size distribution are the most important parameters influencing among the way in which respirable suspended particulate matter interact with the human respiratory system.

Respirable suspended particulate matter was collected on glass fiber filters from April 1993 to February 1994 according to particle size using Andersen sampler during 10 days per month at Sungnam city.

6 heavy metals, Fe, Zn, Pb, Mn, Cu and Cd, were analyzed by particle size with atomic absorption spectrophotometry.

The results could be summarized as follows:

1. The annual arithmetic mean concentration of total suspended particulates was $116.3\mu\text{g}/\text{m}^3$, seasonal variation was the highest in spring season($196.5\mu\text{g}/\text{m}^3$) and the lowest in summer season($72.9\mu\text{g}/\text{m}^3$).
2. The ratio of airborne particulate concentrations respirable to nonrespirable(Res/Non-Res) of annual arithmetic mean value was 5.8 : 1, seasonal variation was highest in the spring season(6.3 : 1) and lowest in the summer season(4.6 : 1).
3. During the spring season the shape of the size distribution was trimodal which showed peaks at 3 size groups, which were below of $0.43\mu\text{m}$, $3.3\sim 4.7\mu\text{m}$, and above of $11.0\mu\text{m}$, respectively.
4. Respirable suspended particulate matter concentrations of Zn, Pb, Cu and Cd were the highest in below of $0.43\mu\text{m}$ as follows; $0.517\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.411\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.062\mu\text{g}/\text{m}^3$ and $0.0310\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively, Fe and Mn were the highest in the particle size range of $4.7\sim 7.0\mu\text{m}$ as follows; $2.504\mu\text{g}/\text{m}^3$ and $0.095\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively.
5. The Pb, Cd, Zn, Cu, Fe and Mn concentrations of annual arithmetic mean value respirable to non-respirable(Res/Non-Res) were 33.65, 19.27, 17.74, 10.54, 3.20 and 5.20, respectively.

I. 序 論

전원의 대기는 정상적인 상태에서 극히 희박한 부유분진을 함유하지만 대도시와 공업지대에서는 유해가스와 부유분진이 다량 배출되어 거주민의 호흡기 疾患이 증가하고 있는 실정이다. 서울은 세계의 대도시중 두번째 군에¹⁾ 속하는 대기오염이 심각한 도시로 밝혀졌으며, 또한 성남시는 지속적인 인구증가로 현재 70만명에 이르는 전국 10위 규모의 대도시이며 남한산성의 계곡에 위치하여 대기안정도가 높아서 대기오염물질이 장시간 정체할 가능성이 높은 입지조건을 갖고 있고 식품, 섬유, 화학, 금속, 기계, 전자 등의 공업단지가 조성되어 현재 700여개의 공장이 가동되고 있으며, 지

하철 5호선과 8호선 공사 및 단대천 복개공사, 분당신도시 건설로 인한 APT와 택지조성공사 및 각종 도로공사로 인한 대기부유분진 발생원이 복합적으로 존재하고 있는 실정이다. 최근 우리나라의 폐암 발생률은 해를 거듭할수록 증가하는 추세에 있으며 암으로 인한 사망원인중 세번째에 이르고 있다²⁾. 대기중에 부유하는 분진은 시정거리를 감소시키며 인간의 건강과 재산상의 피해를 준다는 점에서 SO_2 와 함께 오래전부터 대기오염의 指標로 이용되어 왔다.

대기부유분진중 중금속에 의한 인체피해는 확실히 규명되지 않고 있으나 중금속이 포함된 호흡성 분진을 흡입하게 되면 호흡기에 중금속이 沈積되어 만성적인 피해를 일으킬 가

능성이 있다. 부유분진중의 철은 산화철로 존재할 때 섬유증, 진폐증을 일으킨 예가 보고되고 있으며³⁾, 납 및 그 화합물은 그 위해성이 이미 알려져 있으며 태아 또는 6세 이하의 미취학 어린이에게는 더욱 위험하고 만성적으로는 악성빈혈 등을 유발시키며 뇌에 손상을 준다고 보고하고 있다⁴⁾. 아연은 15년 이상 근무한 아연제련 노동자에게서 높은 폐암 발생률을 나타낸다고 보고하고 있으며⁵⁾ 구리는 고환 내에 기형종을 유발하고⁶⁾ 흡입경로를 통한 쥐의 실험에서 부유분진중의 카드뮴이 암을 유발한다고 보고하고 있다⁷⁾. 망간은 Parkinson's 질환으로 알려진 퇴행성 질환의 원인물질이 되고 肺炎 등을 유발시킨다고 보고하고 있다⁸⁾.

우리나라에서 대기부유분진중 호흡성분진에서 중금속의 연구에 관해서는 1988년 이민희 등⁹⁾, 1989년 임영옥 등¹⁰⁾, 1993년 손동현 등¹¹⁾의 연구가 있으나 서울을 대상으로 遂行하였고 지방대도시의 대기부유분진중 호흡성분진에 대한 연구는 全無한 실정이다. 또한 우리나라 환경관계 법규상의 기준은 총부유분진 및 PM-10을 대상으로 하고 있으나 앞으로는 인체의 기관지에 피해를 주며 호흡에 의해 체내에 침적될 수 있는 PM-10을 대상으로 더욱 더 많은 연구가 이루어져야 한다고 판단된다.

이에 본 연구는 호흡기 障害나 喘息, 肺炎, 硅肺症 등^{12, 13)}의 질병에 대한 직접적인 원인으로 알려져 있는 대기부유분진중 호흡성분진의 분포를 계절별로 조사하고 입경에 따른 중금속 농도를 분석하여 성남시 대기중의 부유분진 발생원을 규명하고 이에 대한 대기오염 방지대책의 기초자료 제공 및 시민의 보건향상에 도움을 주기 위해 수행하였다.

II. 調查研究의 方法

1. 대기부유분진의 포집장소 및 조사기간

성남시 수정구 양지동 서울보건전문대학 B동 3층 옥상에서 1993년 4월부터 94년 2월 까지 매월 1회에 10일동안 총 11회에 걸쳐 대기부유분진을 捕集하였다.

2. 조사방법

본 조사의 시료포집은 Andersen sampler를 사용해서 포집하였으며 시료중 중금속 농도분석은 Methods of Air Sampling and Analysis(Third Edition)의 822. General Atomic Absorption Procedure for Trace Metals in Airborne Material Collected on Filters¹⁴⁾에 의해 전처리한 후 AAS(Atomic Absorption Spectrophotometer)를 사용해서 수행하였다. 온도와 습도 및 풍속은 현장에서 측정하였으며 유량은 시료포집전과 포집후에 측정하여 평균값으로 하였으며, 부유분진의 무게는 전자

Table 1. Apparatus

Item	Apparatus
Temperature & Humidity	Digital Thermo/Hygrometer (Satokeiryoki-80TRH)
Wind velocity	Thermistor type Anemometer (Sogodenshi V-01-An)
Flow rate	Flow meter(Kojima RK-1400) Wet gas meter(Shinagawaseiki NWK-1A)
Sampler	Andersen sampler (Koritsu KA-200)
Weight	Electronic Balance type (Shimadzu EB-340D)
Metals	Atomic Absorption Spectrophotometer(Hitachi 180-50)

저울로 칭량하였다. 이때 사용한 기기는 Table 1과 같다.

(1) 시료의 포집방법

시료의 포집은 Andersen sampler를 사용하여 유량 28.3 ℓ/min 으로 매일 10일간 연속 흡인하여 대기중의 부유분진을 포집하였다. Stage 구분은 Table 2와 같으며 stage 1의 11 μm 이상은 비호흡성 분진으로 stage 2~back up은 11 μm 미만의 호흡성 분진으로 구분하였다. 시료포집에 사용한 filter는 glass fiber filter($\phi 80\text{mm}$, GB-100R)를 사용하였다.

Table 2. Particle size distribution of Andersen sampler

Stage No.	Size(μm)
1	11.0 & above
2	7.0 ~ 11.0
3	4.7 ~ 7.0
4	3.3 ~ 4.7
5	2.1 ~ 3.3
6	1.1 ~ 2.1
7	0.65 ~ 1.1
8	0.43 ~ 0.65
Back up	0.43 & below

(2) 시료의 분석방법

1) 부유분진의 칭량

칭량은 포집전의 각 filter를 105 $^{\circ}\text{C}$ 에서 2시간 건조 후 silica gel desiccator내에서 48시간 放置後 칭량하였으며 시료를 포집한 후에도 stage별로 포집된 분진을 silica gel desiccator내에서 48시간 방치 후 칭량하였다.

2) 시료의 전처리 및 중금속 농도측정

시료의 전처리는 stage별(9단계)로 11개월

간 포집된 부유분진의 filter 全量(11장)을 分割하여 beaker에 넣어 시료로 하였으며, 여기에 혼합 추출액 15ml(질산 : 염산 : 증류수 = 65 : 182 : 753)를 加하고 sealing film으로 beaker를 막아서 초음파세척기(100watt, Shimadzu SUS-100)로 60분간 전처리하여 실온까지 방냉시킨 다음 5C filter를 사용해서 여과하였으며 blank에 대해서도 동일한 방법으로 전처리하여 중금속 농도 측정시 보정하였다. 측정대상 중금속은 Fe, Zn, Pb, Mn, Cu, 및 Cd의 6종류로 하였다.

III. 實驗結果

1. 대기부유분진 농도

대기중에는 0.01 μm 에서 수십 μm 에 이르는 대소입자가 부유하고 있다. 호흡에 의해 인체의 기관지에 침투하는 입자는 입경별로 부위를 달리하여, 하기도에 침투가능성이 높은 입자를 미세입자, 상기도에 침투가능성이 높은 입자를 조대입자로 간주하였다. 계절에 따른 입경별 농도 분포는 Table 3과 같다.

(1) 총부유분진

조사기간중의 총부유분진은 봄(93년 4~5월)에 196.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환경기준인 연평균 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하였고 여름(93년 6~8월)에 72.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 가을(93년 9~11월)에 75.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 겨울(93년 12~94년 2월)에 120.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며 연평균 부유분진농도는 116.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고 계절별 농도는 봄>겨울>가을>여름 순으로 나타났다.

Table 3. Seasonal variation of suspended particulate concentrations and distribution by particle size.

(Unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$, (%))

Particle Size(μm)	Spring	Summer	Autumn	Winter	Mean
11.0 & above	27.0(13.7)	13.1(18.0)	11.4(15.2)	16.8(13.9)	17.1(14.7)
7.0 ~11.0	24.9(12.7)	6.8(9.3)	4.0(5.3)	5.2(4.3)	10.2(8.8)
4.7 ~ 7.0	31.0(15.8)	9.1(12.5)	10.5(14.0)	13.8(11.4)	16.1(13.8)
3.3 ~ 4.7	39.6(20.2)	9.3(12.8)	8.9(11.9)	9.2(7.6)	16.8(14.4)
2.1 ~ 3.3	14.9(7.6)	2.5(3.4)	3.2(4.3)	8.6(7.1)	7.3(6.3)
1.1 ~ 2.1	13.5(6.9)	6.5(8.9)	7.2(9.6)	13.1(10.9)	10.1(8.7)
0.65~ 1.1	12.3(6.3)	8.7(11.9)	7.9(10.5)	19.7(16.4)	12.1(10.4)
0.43~0.65	8.6(4.4)	6.2(8.5)	3.3(4.4)	12.7(10.5)	7.7(6.6)
0.43 & below	24.7(12.6)	10.7(14.7)	18.7(24.9)	21.5(17.8)	18.9(16.3)
Total	196.5(100)	72.9(100)	75.1(100)	120.6(100)	116.3(100)

(2) 호흡성 분진과 비호흡성 분진

입경 11.0 μm 를 기준으로 호흡성 분진과 비호흡성 분진으로 분류할 때 본 조사에서 봄철에 비호흡성분진의 분포는 13.7%, 여름철에 18.0%, 가을철에 15.2%, 겨울철에 13.9%로 나타났으며 연평균 14.7%로 나타났고 호흡성 분진과 비호흡성 분진의 비는 봄철에 6.3 : 1, 여름철에 4.6 : 1, 가을철에 5.6 : 1, 겨울철에 6.2 : 1로 나타났으며 연평균비는 5.8 : 1로 나타났다.

(3) 입경별 부유분진

대기부유분진중의 입경별 분포를 조사한 결과 봄철에는 3.3~4.7 μm 에서 여름철에는 11.0 μm 이상에서 가을과 겨울철에는 0.43 μm 미만의 입자에서 분포가 가장 컸으며 봄철에는 0.43~0.65 μm 에서 여름과 가을철에는 2.1~3.3 μm 에서 겨울철에는 7.0~11.0 μm 의 입자에서 분포가 가장 적었다. 그리고 황사현상이 나타난 봄철의 입경별 부유분진 분포양상은 Fig. 1과 같으며 0.43 μm 미만에서, 3.3~4.7

μm 에서, 11.0 μm 이상에서 봉을 나타내는 삼산형을 이루었다.

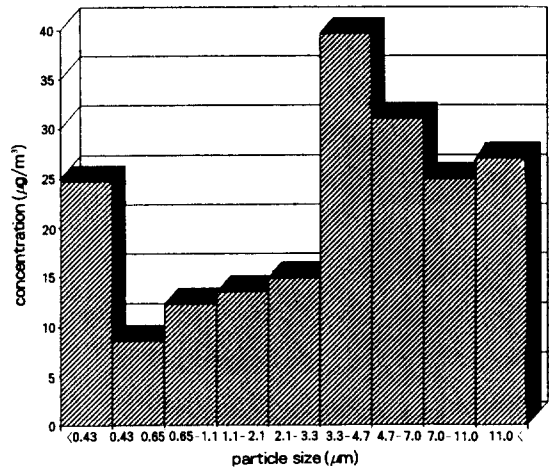


Fig. 1. Size distribution of suspended particulate during the spring

2. 대기부유분진중 중금속 농도

대기부유분진중의 중금속 평균농도는 Fe이 1.198 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Zn이 0.217 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Pb이 0.166 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Mn이 0.061 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Cu가 0.034 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Cd은 0.0083 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며 조사기간중 입경별 농도는 Table 4와 같다.

Table 4. The heavy metal concentrations by particle size

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

Particle size (μm)	Fe	Zn	Pb	Mn	Cu	Cd
11.0 & above	2.568	0.104	0.043	0.088	0.026	0.0037
7.0 ~ 11.0	1.063	0.041	0.020	0.034	0.011	0.0027
4.7 ~ 7.0	2.504	0.111	0.064	0.095	0.032	0.0040
3.3 ~ 4.7	2.178	0.128	0.089	0.091	0.037	0.0037
2.1 ~ 3.3	1.223	0.181	0.145	0.059	0.029	0.0053
1.1 ~ 2.1	0.584	0.405	0.348	0.058	0.042	0.0086
0.65 ~ 1.1	0.177	0.292	0.213	0.036	0.036	0.0082
0.43 ~ 0.65	0.168	0.170	0.157	0.021	0.025	0.0078
0.43 & below	0.313	0.517	0.411	0.064	0.062	0.0310

(1) 호흡성 분진중의 중금속 농도

호흡성분진에서 Stage별 평균 중금속의 농도는 Fe이 $1.026\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.168\sim 2.504\mu\text{g}/\text{m}^3$), Zn이 $0.231\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.041\sim 0.517\mu\text{g}/\text{m}^3$), Pb이 $0.181\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.020\sim 0.411\mu\text{g}/\text{m}^3$), Mn이 $0.057\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.021\sim 0.095\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cu가 $0.035\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.011\sim 0.062\mu\text{g}/\text{m}^3$), Cd은 $0.0089\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($0.0027\sim 0.0310\mu\text{g}/\text{m}^3$)로 나타났으며 입경별로 보면, Zn, Pb, Cu, Cd은 $0.43\mu\text{m}$ 이하에서 최고농도, $7.0\sim 11.0\mu\text{m}$ 에서 최저농도를 나타냈고 Fe, Mn은 $4.7\sim 7.0\mu\text{m}$ 에서 최고농도, $0.43\sim 0.65\mu\text{m}$ 에서 최저농도를 나타내고 있다.

(2) 비호흡성 분진중의 중금속 농도

비호흡성분진에서 중금속 농도는 Fe이 $2.568\mu\text{g}/\text{m}^3$, Zn이 $0.104\mu\text{g}/\text{m}^3$, Pb이 $0.043\mu\text{g}/\text{m}^3$, Mn이 $0.088\mu\text{g}/\text{m}^3$, Cu가 $0.026\mu\text{g}/\text{m}^3$, Cd은 $0.0037\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며 이중 Fe, Mn은 호흡성분진의 stage별 평균농도보다 높게 나타나고 있다.

(3) 호흡성분진과 비호흡성 분진중의 중금속 농도비

호흡성분진중의 중금속 평균농도와 비호흡성분진중의 중금속 농도비는 비호흡성분진중의 중금속 농도를 1로 보았을때 Fe이 3.20, Zn이 17.74, Pb이 33.65, Mn이 5.20, Cu가 10.54, Cd이 19.27로 나타났다.

IV. 考 察

본 연구는 성남시 대기부유분진의 계절별, 입경별 분포와 이중의 중금속 농도를 분석하였는데 조사기간중의 총부유분진은 봄(94년 4~5월)에 $196.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 환경기준인 연평균 $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 초과하였으며, 계절별 농도는 봄>겨울>가을>여름 순으로 나타났으며 손동현 등^{15, 16)}, 박성은 등¹⁷⁾, 이용근 등¹⁸⁾의 연구결과와 일치하고 있다.

$2.1\mu\text{m}$ 이상의 조대입자와 $2.1\mu\text{m}$ 미만의 미세입자의 농도분포는 Fig. 2에 나타난 바와 같고 계절에 따른 조대입자와 미세입자의 분포비는 봄철에 황사현상에 의해 조대입자의 비율이 전체입자의 69.9%에 이르고 반대로 겨울철에는 난방 및 연소 등의 인위발생원에 의한 미세입자의 비율이 55.6%에 이르고 있는데 전반적으로 볼 때 총부유분진 농도가 겨울철(93년 12월~94년 2월)에 $120.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 높게 나타났고 여름철(93년 6월~8월)에 $72.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타나 전형적인 도시형의 부유분진 양상을 나타냈으며 또한 여름철에 낮은 농도로 나타난 것은 washout에 의한 것으로, 봄철(93년 4월~5월)에 $196.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높게 나타난 것은 황사현상에 의한 것으로 사료된다.

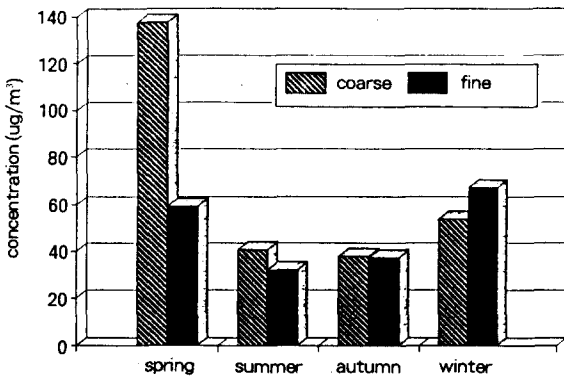


Fig. 2. Seasonal variation of fine and coarse particle concentrations

계절별 호흡성 분진과 비호흡성 분진의 농도비는 5.8 : 1(4.6~6.3 : 1)로 나타났으며 여름철에 비호흡성 분진의 분포는 18.0%로 가장 높게, 봄철에 비호흡성 분진의 분포는 13.7%로 가장 낮게 나타났는데 이 결과는 황사현상에 의해 이동하는 부유분진이 자연발생에 의한 조대입자이지만 많은 부분이 호흡성 분진임을 판단할 수 있다.

봄철의 부유분진 분포양상은 삼산형을 이루었으며 3.3~4.7 μm 의 입자에서 분포가 가장 컸으며 0.43~0.65 μm 의 입자에서 분포가 가장 적게 나타났고 임영욱 등¹⁹⁾이 조사한 신촌 지역의 부유분진 분포양상이 나타낸 삼산형과는 일치하지만 0.38 μm 미만에서의 봉 그리고 2.1~4.2 μm 의 입자에서 분포가 가장 적게 나타난 것과는 다른 경향으로 나타났다.

대기부유분진중의 중금속 농도는 입경별로 보면 Zn, Pb, Cu, Cd이 0.43 μm 미만의 미세 입자에서 최대농도를 나타냈고 Fe, Mn은 4.7~11.0 μm 의 조대입자에서 최대농도를 나타냈다. 입경별 누적분포 50%의 중위경(mass median diameter : MMD)²⁰⁾이 2 μm 보다 작을 경우에는 제품의 생산공정 및 화석연료의

연소 등에 의한 인위발생에 기인한 것으로 판정하고 2 μm 이상인 경우에는 토양의 침식 및 해무 등의 자연발생에 기인한 것으로 추정한다²¹⁾는 研究報告에 의해 중금속별 대수확률 누적분포 그래프에 의해 구한 각 중금속의 MMD값은 Cd이 0.6 μm , Zn이 1.0 μm , Pb이 1.1 μm , Cu가 1.7 μm , Mn이 3.8 μm , Fe이 5.3 μm 로 나타났으며 이 결과로부터 Cd, Zn, Pb, Cu는 인위발생에 기인한 오염도가 높고 특히 Pb은 주로 자동차 연료인 gasoline에 첨가하는 4에틸납이 연소시 방출된 것에 기인하여 미세입자층의 분포가 많은 것으로 판단되며, 1986년에 보고한 손동현²²⁾의 연구보고서와 일치하였고 Fe, Mn은 토양의 침식에 의한 자연발생에 기인한 오염도가 높은 것으로 판단된다.

또한 인체의 호흡기에 침투하는 호흡성분진과 그렇지 않은 비호흡성분진중의 중금속 농도비는 비교적 발암성등의 위해성이 높은 Pb, Cd 등이 33.65, 19.27로 높게 나타났으나 대기중의 농도는 0.181 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 0.0089 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 낮은 농도로 나타났다.

앞으로의 연구방향은 충분한 기초조사를 하여 대기부유분진중의 중금속 위해성 평가와 배출오염물질의 제어에 기초자료로 이용할 수 있는 발생원 추적이 이루어져야 하며 이에 따른 조사항목의 추가와 더욱 넓은 범위의 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

V. 結 論

본 연구는 성남시 서울보건전문대학 B동 3층 옥상에서 1993년 4월부터 94년 2월까지 월 1회씩 총 11회에 걸쳐 대기부유분진중의

분진농도와 중금속 농도를 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 총부유분진의 연평균농도는 $116.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 였고 계절별 농도는 봄>겨울>가을>여름 순으로 나타났으며 이때의 농도는 각각 $196.5\mu\text{g}/\text{m}^3$, $120.6\mu\text{g}/\text{m}^3$, $75.1\mu\text{g}/\text{m}^3$, $72.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.
2. 계절별 호흡성 분진농도와 비호흡성 분진농도의 평균비는 5.8 : 1(4.6~6.3 : 1)로 나타났으며 봄철에는 6.3 : 1로 가장 높게 나타났고 여름철에 4.6 : 1로 가장 적게 나타났다.
3. 황사현상이 발생한 봄철의 입경별 분포양상은 $0.43\mu\text{m}$ 미만에서, $3.3\sim 4.7\mu\text{m}$ 에서, $11.0\mu\text{m}$ 이상에서 붓을 나타내는 삼산형을 이루었다.
4. 호흡성분진중의 중금속 농도는 입경별로 보면 Zn, Pb, Cu, Cd은 $0.43\mu\text{m}$ 미만에서 $0.517\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.411\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.062\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.0310\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최고농도를 나타냈으며 Fe, Mn은 $4.7\sim 7.0\mu\text{m}$ 에서 각각 $2.504\mu\text{g}/\text{m}^3$, $0.095\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 최고농도를 나타냈다.
5. 호흡성분진과 비호흡성분진중의 중금속의 농도비는 Pb, Cd, Zn, Cu가 각각 33.65, 19.27, 17.74, 10.54로 나타났으며 Fe, Mn은 3.20, 5.20으로 나타났다.

VI. 謝 辭

이 연구를 수행하는데 있어 시료포집 및 분석 등의 제반사항에 도움을 준 서울보건전문대학 환경관리과 임용래 선생님과 김종오, 이재원, 구본승 군에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. WHO & UNEP, Urban air pollution in megacities of the world, Blackwell, 1993.
2. 통계청, 사망원인 통계연보, 유한사, 1992.
3. Paul F. Holt, Inhaled dust and disease, John Wiley & Sons, pp.210~215, 1987.
4. Thad Godish, Air Quality third printing, pp.141~143, 1988.
5. 상계서(3), p231.
6. 김오식, 작업환경관리를 위한 산업독성학, 동화기술, p213, 1991.
7. Takenaka, S., H. Oldiges, H. Konig, D. Hochrainer and G. Oberdoerster, Carcinogenicity of cadmium aerosols in Wistar rats, J. Natl. Cancer Inst., 70, pp.367~373, 1983.
8. 상계서(3), pp.223~224.
9. 이민희, 한의정, 신찬기, 한진석, 황사현상 시 분진의 입도분포와 화학조성에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 4, 2, pp.57~66, 1988.
10. 임영욱, 정용, 호흡성 분진중의 중금속 오염도에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 5, 1, pp.68~78, 1989.
11. 손동헌, 신혜숙, 정성윤, 정원태, ICP법에 의한 도시 대기중 중금속 농도 측정, 한국대기보전학회지, 9, 3, pp.222~229, 1993.
12. Richard A. Wadden and Peter A. Scheff, Indoor air pollution, John Wiley & Sons, pp.30~32, 1983.
13. C.V. Mathai and David H. Stonefield, Transactions PM-10 implementation

- of standard, APCA, pp.55~60, 1988.
14. James P. Lodge, JR., *Methods of Air Sampling and Analysis* third edition, Lewis, pp.608~618, 1988.
 15. 상계서(11) p226.
 16. 손동현, 강춘원, 대기중 중금속의 입경분포에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 2, 3, pp.60~61, 1986.
 17. 박성은, 정용, 서울시 대기부유분진의 농도와 다환방향족 유기물질에 의한 발암위해성, 한국대기보전학회지, 8, 4, pp.249~250, 1992.
 18. 이용근, 김남훈, 명노승, 황규자, 이단필터 샘플러에 의한 대기부유분진의 포집 및 금속성분의 계절별 거동에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 4, 2, p26, 1988.
 19. 상계서(10) pp.70~72.
 20. Willian C. Hinds, *Aerosol technology properties, behavior, and measurement of airborne particles*, John Wiley & Sons, pp.77~90, 1982.
 21. Jana B. Milford, Cliff I. Davidson, The sizes of particulate trace elements in the atmosphere- A review, JAPCA, 35, 12, pp.1250~1252, 1985
 22. 상계서(16) p60.