

## 경남 김해지역의 동계 대기중 중금속 분포와 특성

정성욱·전병일\*·이봉헌\*\*·박종길\*\*·문덕환\*\*\*\*·김민수\*\*\*·박홍재\*\*\*  
인제대학교 보건대학원 환경관리학과, \*부산대학교 대기과학과, \*\* 부산대학교 화학과,  
\*\*\*인제대학교 환경학과, \*\*\*\*인제대학교 의과대학 예방의학교실  
(1996년 5월 10일 접수)

## Study on the Distribution and Characteristics of Heavy Metals in Ambient Air of Kimhae, Kyongnam of Wintertime

Seong-Ug JEONG, Byung-Il JEON\*, Bong-Hun LEE\*\*, Jong-Kil PARK\*\*\*,  
Duk-Hwan MOON\*\*\*\*, Min-Su KIM\*\*\*, Heung-Jai PARK\*\*\*

Dept. of Environmental Management, Graduate School of Public Health,  
Inje University, Pusan, Korea

\*Dept. of Atmospheric Science, Pusan National University, Pusan, Korea

\*\*Dept. of Chemistry, Pusan National University, Pusan, Korea

\*\*\*Dept. of Environmental Science, Inje University, Kimhae, Korea

\*\*\*\*Dept. of Preventive Medicine, Medical college, Inje University, Pusan, Korea

(Manuscript received 10 May 1996)

This study was conducted to evaluate the level of atmospheric heavy metals and the relationship of that concentration with weather conditions. This research monitored the concentration of Total Suspended Particulates (TSP) at every three hours by using High Volume Air Sampler from December 24th, of 1995 to February 20th, 1996 in Kimhae area, which recently became a rapidly growing residential and industrial site.

The items such as air-temperature, relative humidity, radiation, wind speed, and wind direction were monitored by using Atmospheric Weather System at the same time. From the collected TSP, the concentration of heavy metals were analyzed by using the Atomic Absorption Spectrophotometry.

The mean concentration of TSP was  $110.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , and the mean concentration of lead (Pb), copper (Cu), chromium (Cr), manganese (Mn), cadmium (Cd), were  $0.837 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.486 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.264 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.054 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectively. Regarding daily variations, the concentration of TSP was highest in the morning ( $158.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) followed by evening ( $119.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) and afternoon ( $111.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). The concentration of Pb and Mn was higher in the morning, and that of Cu, Cr and Cd was higher in the afternoon and the evening. Regarding the relationship between the concentration of pollutants and weather condition, the concentration TSP revealed positive correlation with temperature, humidity, wind speed, but negative correlation with radiation ( $p < 0.01$ ). The concentration of Mn revealed positive correlation with temperature and humidity, but negative correlation with wind speed ( $p < 0.01$ ). And the the concentration of pollutants and weather condition revealed higher correlation within the same time period.

In summary, the paralleled monitoring of air conditions and weather condition should be recommended to get the correct informations concerning the pollution and to prevent the deterioration of air conditions.

**Key words :** atmospheric heavy metal, weather condition, Kimhae area

## 1. 서 론

산업의 발달과 급속한 도시화로 인해 대도시의 대기오염 문제는 인구, 산업시설 그리고 교통량의 증가에 의하여 날로 심각하게 대두 되고 있다. 배출된 대기오염 물질은 사람의 건강을 위협할뿐 아니라, 각종 건축물의 수명을 단축하고, 태양광선을 반사하거나 산란하여 일조량과 시정을 감소시킨다. (윤일희 외 1994; 양수인 외 1995) 특히 도시 환경중에 존재하는 부유분진은 대기오염에 큰 영향을 주는 원인으로 작용하고 (이선기 외 1995), 그 자체로도 인체에 해로울 뿐만 아니라 다른 오염물질과의 반응으로 인하여 그 위해가 매우 우려된다. 부유분진은 주로 토양입자 및 고정배출원과 이동배출원에서 사용하고 있는 화석 연료의 연소시 발생되며, 대기오염도의 한 중요한 지표일 뿐만 아니라 그 구성 성분으로 인체나 동식물에 유해한 각종 탄화수소류, 중금속류, 무기염, 돌연변이원성 물질들을 함유 하므로 그 자체로도 큰 보건학적 의미를 갖는다 (허문영 외 1986; 정용 외 1987). 대기 부유분진중 중금속에 의한 인체 피해는 미량일 지라도 중금속이 함유된 공기를 호흡함으로써 급, 만성적인 건강 장애를 일으키며 (김인영 외 1974; 차철환 1974; 최덕일 1978; 권숙표 외1979; 이민희 외 1985), 식물의 기공이나 토양의 흡착을 통하여 식물의 성장에도 많은 장애를 주는 것으로 알려져 있다 (강희양 1988; 유승성 1991). 부유분진중의 납화합물은 그 유해성이 이미 알려져 있는 것으로 주로 가정 난방연료나 차량의 연료에 anti-knocking제로 사용되는 유기납에 기인한 것으로 조혈기관 및 중추 신경계의 장애를 일으키는 것으로 조사된바 있으며 (Duggan and Williams 1977; Ferguson et al 1980; Ho and Tai 1988), 자동차의 타이어 및 부품의 합금등에 필수적으로 사용되는 구리 (Cu), 아연 (Zn)은 도로 주행시 마찰 또는 마멸등으로 인하여 도로 주변으로 배출되어 대기환경을 오염시키는 것으로 연구 보고된바있다 (Harrison et al 1978; Hopke et al 1980; Miller and Mcfee 1983). 또한 많은 유해성 중금속 및 오염물질들이 연료의

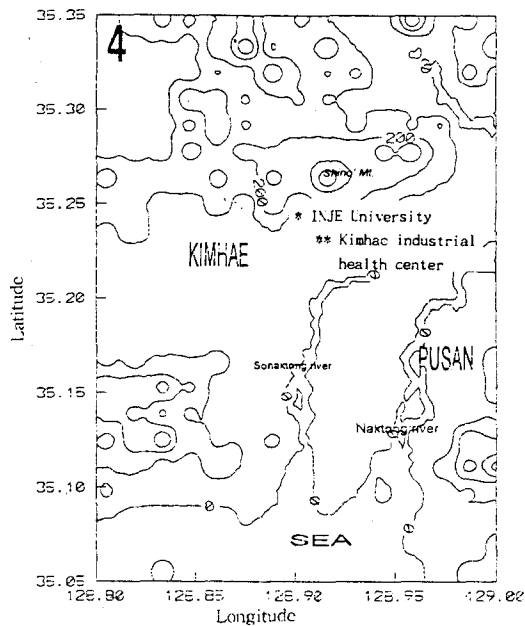
연소, 각종 폐기물로 부터 배출되어 대기를 오염시키고 있는 실정이다 (임영욱 외 1989). 이러한 대기 오염물질의 농도를 정확히 예측하기 위해서는 배출원의 파악은 물론 배출된 오염 물질의 이류와 확산, 수송 그리고 화학적 변화과정을 잘 이해하여야한다 (윤일희 1994). 특히 일정한 배출량을 가진 고정 오염원에 의한 국지규모의 대기 오염물질의 농도 예측은 오염 물질의 수송과 확산에 의하여 결정되므로 이를 지배하는 정확한 기상자료에 대한 지식이 없이는 불가능 한 것이다 (Draxler 1990). 기상조건과 대기 오염물질의 확산에 관한 연구로서 국외에서는 혼합고 및 역전층의 높이 추정에 관한연구 (Holzworth 1972), 지면에서의 SO<sub>2</sub>의 농도와 혼합고와의 관계에 관한연구 (Moses 197), 관측된 바람과 대기 오염물질의 농도와의 관계를 밝히는 연구 (Hanna 1982), 그리고 기상조건에 따른 분진, 중금속 농도에 관한연구 (Miyazaki and Yamaoka 1990) 등이있고, 국내에서는 부산 광복동에서의 관측 자료를 이용하여 대기오염농도와 기상과의 상관 관계를 연구 (박종길 1993), 부산시의 지역별 대기오염 특성과 해풍이 부산 지역의 대기 오염농도 변화와 분포에 미치는 영향에 대해서 고찰 (전병일 외 1994) 하였고, 지상 관측 자료를 이용하여 한반도의 대기질을 추정한 연구 (윤일희 1991) 등이 있으나 김해 지역에 대한 조사는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 김해지역 대기중 중금속 오염도 양상과 기상조건과의 관계를 파악함으로써 이 지역에 거주하는 주민들의 건강관리와 중금속 오염에대한 저항 대책마련에 일조가 되게함은 물론 추후 이들분야의 기초자료를 제공하며, 전체시간에서의 평균물질농도와 평균기상조건과의 상관성을 분석하고, 각 시간대에서 물질농도와 기상조건과의 상관성을 분석하여, 결과를 비교해 보았다. 일반적인 경우 기상조건이 특질상 전체 평균차는 시간대별값과 큰 편차를 보이므로, 상관성에 대한 좀더 정확한값과 결과를 얻기위해 각 시간대별 상관관계를 적용하여 분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 실험재료

김해시의 공단지역인 삼방동 소재의 인제대학교 부설 김해산업보건센터 옥상에서 1995년 12월 24일 부터 1996년 2월 20일까지 09시 00분부터 17시 30분까지, 3시간 단위로 시료를 채취하였고, 기상자료는 인제대학교 자연과학대학 옥상에 설치되어있는 AWS (Atmospheric Weather System ; U.S. A)를 이용하였다 (Fig. 1)



\* : The observation site of weather condition  
 \*\* : The sampling site of TSP, and heavy metals

Fig. 1. The sampling site in Kimhae area.

#### 2.1.1. 시료채취방법

부유분진의 채취는 High Volume Air Sampler (SIBATA Co, Japan)를 사용하여 유량 0.68 m<sup>3</sup>/min로 3시간 단위로 포집하였다. 여지는 직경 11 cm, 유리 섬유 필터 (Whatman EPM 2000)를 썼으며 데시케이터에서 향량이 될때까지 24시간 건조 후 사용하였고, 시료 채취후 동일방법으로 건조하

여 중량차를 구하였다. 기상자료는 인제대학교 자연과학대학 옥상에 설치되어있는 AWS를 이용하여 기온, 상대습도, 일사량, 풍향, 풍속을 측정하였다.

### 2.2. 실험방법

#### 2.2.1. 부유분진 (TSP)

미리 평량한 유리 섬유 필터를 High Volume Air Sampler에 삽입하고, 3시간 단위로 대기중 부유분진을 채취하였다. 흡인 공기량은 흡인 개시 5분후의 유량과 최종시 유량의 평균과 시간을 곱해서 산출 하였다. 채취한 시료는 필터 그대로 항량 한후 평량하였고, 전후의 중량차 및 흡인 공기량으로부터 부유분진 농도를 구하였다.

#### 2.2.2. 중금속

High Volume Air Sampler로 포집된 여지를 대기 오염 공정 시험방법의 질산 (61%, PFP Japan), 염산 (35% PFP Japan) 혼합액에 의한 추출법으로 1.03 M 질산과 2.23 M 염산의 혼합액 (1:1)을 30.1 ml 가한다음 Sealing Film으로 비이커를 봉한후 초음파 추출기 (BRANSON 5210)에 100℃물을 비이커의 시료액 높이만큼 채운 다음 2시간동안 추출하고 Filtering한 후, 일정량을 시료로 하여 AAs (SHIMADZU AA-6501, PERKIN-ELMER 4100)로 Mn, Cu,는 Flame법, Pb, Cd, Cr는 Flameless법으로 분석하였다.

#### 2.2.3. 자료분석

조사기간중의 중금속 오염도의 통계치를 구하였으며, 기상요소와 오염물질간의 상관관계를 구하였다. 모든 자료의 처리는 SPSS/PC<sup>+</sup> (Statistical Package For Social Science)를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

3.1 조사기간중 평균 기상조건, TSP 및 중금속농도

조사기간중 TSP 및 중금속 평균농도를 살펴본 결과 (Table 1) TSP의 경우 평균농도는 130.4  $\mu\text{m}^3$ 로 우리나라 대기환경 기준치 (연평균 150  $\mu\text{m}^3$ )보다 낮은 농도였다 (보건사회부 1983). 부유분진중 교통기관의 배기가스, 석탄의 연소, 연제련, 충전지의 제조, 인쇄소, 도기제조, 페인트제조 등의 산업장에서 배출 (Last 1980; Clayton 1981; 임정규 1987)되는 Pb의 총 평균 농도가 0.837  $\mu\text{m}^3$ 로, 미국 EPA의 대기 환경 기준치 (1.5  $\mu\text{m}^3/\text{day}$ ) (조현용 1991)에는 미달되었으나, 김 등의 부산의 연중 총 평균농도 0.136  $\mu\text{m}^3$  (1983년도), 0.102  $\mu\text{m}^3$  (1984년도) 및 0.090  $\mu\text{m}^3$  (1985년도) 보다는 높게 나타났으며, 2.40  $\mu\text{m}^3$  (임정규 1987)보다는 훨씬 낮은 농도로 나타났다.

전기도금, 금속의 용접, 합금, 형광등, 반도체, 축전지, 유리제조등 공업용으로 많이 사용되는 Cd의 평균 농도가 0.054  $\mu\text{m}^3$ 로, 미국 ASHRAE의 대기 환경 권고치 (2.0  $\mu\text{m}^3/\text{day}$ )에 훨씬 미달되었으나, 부산의 연중 총 평균 농도 0.006  $\mu\text{m}^3$  (1983년도) 및 0.004  $\mu\text{m}^3$  (1985년도) (조현용 1991) 서울의 연중 총 평균 농도 0.011  $\mu\text{m}^3$  (김민영 외 1974)보다는 높았고, 0.30  $\mu\text{m}^3$  (정용 외 1987)보다는 훨씬 낮은 농도였다.

Table 1. The mean concentration of pollutants from December 1995 to February 1996 in the ambient air of Kimhae area. unit :  $\mu\text{m}^3$

Pollutants	Mean± Standard deviation
TSP	130.438± 112.213
Pb	0.837± 0.756
Cd	0.054± 0.068
Cr	0.264± 0.244
Cu	0.486± 0.981
Mn	0.157± 0.156

Table 2. The mean value of weather conditions from December 1995 to February 1996 at Kimhae area.

Weather condition	Mean± Standard deviation
TEMP	4.072± 4.911
RH	36.418± 14.028
RAD	0.326± 0.153
WS	3.889± 1.554

TEMP: Temperature (°C)  
 RH: Relative Humidity (%)  
 RAD: Radiation ( $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{H}$ )  
 WS: Wind Speed (m/sec)

자동차의 타이어 및 부품의 합금 등에 필수적으로 사용되어, 도로 주행시 마찰 또는 마멸등으로 인하

Table 3. The Correlation Coefficient of pollutants and weather condition from December 1995 to 1996 at Kimhae area.

	Temp	RH	Rad	Ws	TSP	Mn	Cu	Cd	Cr	Pb
Temp	1									
RH	0.4493**	1								
Rad	-0.2761**	-0.1831*	1							
Ws	-0.5090**	-0.1813*	0.4233**	1						
TSP	0.3661**	0.4123**	-0.1085	-0.3951**	1					
Mn	0.2750**	0.3418**	0.0132	-0.2261**	0.6832**	1				
Cu	0.220	0.0044	-0.0778	-0.0282	0.0106	0.0219	1			
Cd	0.1143	0.0887	-0.1691*	-0.2220**	0.2903	0.1057	-0.0668	1		
Cr	0.1793*	-0.0460	-0.0494	-0.1185	-0.0058	-0.0573	0.2859**	0.1868*	1	
Pb	0.1390	0.2123**	-0.1355	-0.0796	0.2361	0.1838*	-0.0357	-0.1152	-0.1524*	1

\* p<0.05  
 \*\* p<0.01

여 발생되는 Cu의 평균 농도가  $0.486 \mu\text{m}^3$ 로 나타났고, 서울지역의 평균 농도가  $0.046 \mu\text{m}^3$  (정용 외 1987)보다는 훨씬 높은 농도였다. 크롬산과 중크롬산 제조업, 스테인레스강, 합금강, 크롬도금, 색소, 방부제 제조등이 배출원으로 되어있는 (이광목 1978) Cr의 평균 농도가  $0.264 \mu\text{m}^3$ 로 미국 ASHREA의 대기 환경 권고치 ( $1.5 \mu\text{m}^3/\text{day}$ )에 훨씬 미달하였으며, 이 민희 (1985)의 부산의 대기중 연간 총 평균 농도  $0.007 \mu\text{m}^3$ , 서울의 연중 총 평균 농도  $0.006 \mu\text{m}^3$  (김민영 1974)보다는 훨씬 높게 나타났으나, 부산의 대기중 크롬의 총 평균 농도가  $1.06 \mu\text{m}^3$  (조현용 1991)보다는 훨씬 낮게 나타났다. 자연 발생적인 Mn은 인체에 있어 필수 중금속의 하나로 Mn의 평균 농도가  $0.157 \mu\text{m}^3$ 이고, 조현용 (1991)의 부산의 대기중 Mn의 총 평균 농도는  $3.90 \mu\text{m}^3$ 보다는 훨씬 낮은 농도였다.

오염물질과 기상과의 상관 관계를 알아보기위해 상관계수를 Table 3에 나타내었다. 기상간의 상관 관계를 보면 온도와 습도의 상관계수가 0.4493으로 가장 높은 상관 관계를 나타내었고 온도 및 상대 습도와 일사량은 역상관 관계를 나타내었는데, 대개 유의 수준 99%를 만족하였다. 그러나 일반적으로 온도와 습도와 일사량과의 상관 관계와는 차이가 있었다. 이는 조사 기간이 겨울철이라는 한 시점에서 측정된 것이므로, 김해지역의 일반적인 특성이 라고 단정하기는 어렵다고 생각된다. 오염물질과 기상과의 상관 관계를 보면, TSP와 Mn이 온도와 상대습도에 대해서 비교적 높은 상관성을 가졌고, 풍속과는 역 상관 관계를 나타내었다. 그외 오염물질은 비교적 낮은 상관성을 나타내었으며 오염물질간의 상관 관계는 TSP와 Mn이 가장 높은 상관 관계를 보여 0.6832의 상관계수를 나타내었다. Mn은 Pb와 상관이 있고 ( $P < 0.05$ ), Cu는 Cr과 통계적으로 유의한 정상관 관계를 나타내었다 ( $P < 0.01$ ). 이상의 결과를 종합해 보면 온도, 습도, 총부유분진, Mn이 서로 상관이 가장 높은 것으로 나타났다. 풍속의 증가는 이류 및 확산의 효과를 증가시켜, 오염물의 농도를 감소시키는 역할을 한다고 연구 (김유근 외 1994) 보고된바 있듯이 본 조사에서도

풍속과 기타 오염물질과의 상관성을 비교해 볼 때, 대부분의 오염물질과 역 상관관계가 있음을 알 수 있다.

### 3.2 조사기간중 동일 시간대간의 기상조건, TSP 및 중금속농도

조사기간중 오전 (09:00~12:00), 오후 (12:10~15:00), 저녁 (15:10~17:30) 시간대별 오염물질 농도는 Table와 같다. TSP의 평균농도는 오전에  $158.1 \mu$ , 오후  $111.1 \mu$ , 저녁시간대에  $118.4 \mu$ 로 오전시간대에서 가장높게 나타났고, 우리나라 대기환경 규제 기준 (연평균  $150 \mu$ )보다 높은 농도로 나타났다, 이는 시료채취장소 주위에 공단의 조성공사 및 아파트 신축공사로 인해 공사차량의 증가에 의한 것으로 사료된다. 교통기관의 배기 가스가 주 배출원인 Pb의 경우  $0.876 \mu$  (오전),  $0.729 \mu$  (오후),  $0.892 \mu$  (저녁)으로 각각 나타났으며 오전과 저녁시간대에서 높은 농도를 나타내었다. 본 조사결과, 시간대별로 비교해보면 오후시간대보다 오전과 저녁시간대에서 Pb의 평균농도가 비교적 높게 나타났다. 이는 Pb의 주배출원인 교통량의 증가에 기인한 것으로 추정된다. 우리나라 대기환경 규제 기준 (3개월 평균  $1.5 \mu$ )보다 낮았다. 부산의 연중 평균농도  $0.14 \mu$  (1983년도),  $0.10 \mu$  (1984년도) 및  $0.09 \mu$  (1985년도)보다는 높게 나타났으며,  $2.4 \mu$  (1987년도)보다는 낮은 농도였다.

주로 산업장에서 많이 배출되는 Cd의 경우  $0.041 \mu$  (오전),  $0.067 \mu$  (오후),  $0.059 \mu$  (저녁)로 오후시간대에서 높은 농도로 나타나 이는 인위적인 활동의 증가로 인한 것으로 추정되며, 미국의 대기 환경 권고치 ( $2.0 \mu/\text{day}$ )보다 낮은 농도였으나, 부산의 연중 총 평균 농도  $0.006 \mu$  (1983년도) 및  $0.004 \mu$  (1995년도), 서울의 연 평균농도  $0.011 \mu$ 보다는 높았고, 부산의 평균농도 ( $0.30 \mu$ )보다는 낮았다.

크롬도금, 스테인레스강, 색소 제조 등의 산업장에서 주로 배출되는 Cr의 경우  $0.18 \mu$  (오전),  $0.297 \mu$  (오후),  $0.323 \mu$  (저녁)로 미국의 대기환경 기준치 ( $1.5 \mu/\text{day}$ )보다 낮았고, 서울의 연중 총 평균

**Table 4. The mean concentration of pollutants in the ambient air from 9 : 00 to 12 : 00 o'clock of Kimhae area.**

Pollutants	Mean± Standard deviation	
	unit : $\mu/m^3$	
TSP	158.115± 138.492	
Pb	0.876±	0.845
Cd	0.041±	0.04
Cr	0.183±	0.17
Cu	0.395±	0.310
Mn	0.1848±	0.191

**Table 7. The mean concentration of pollutants in the ambient air from 9 : 00 to 12 : 00 o'clock of Kimhae area.**

Pollutants	Mean± Standard deviation	
	unit : $\mu/m^3$	
TSP	111.112± 104.773	
Pb	0.729±	0.737
Cd	0.067±	0.080
Cr	0.297±	0.260
Cu	0.390±	0.319
Mn	0.152±	0.161

**Table 5. The mean value of weather conditions from 09 : 00 to 12 : 00 o'clock at Kimhae area.**

Weather condition	Mean± Standard deviation
TEMP	1.581± 4.728
RH	42.182± 14.597
RAD	0.3882± 0.089
WS	4.6114± 1.819

0.006  $\mu$  (1974년도), 부산의 연중 총 평균 0.007  $\mu$  보다는 높게 나타났고, 부산의 대기중 크롬의 평균 농도 1.06  $\mu$  (1991년도) 보다는 낮은 농도로 나타났다. 시간대별 Cr의 평균농도는 시간이 경과할수록 농도가 증가되는 경향을 나타내었다. 자동차의 마모 및 마멸 등에 의한 Cu의 평균농도가 0.395  $\mu$

(오전), 0.39  $\mu$  (오후), 0.697  $\mu$  (저녁)로 나타나 서울의 평균농도 0.046  $\mu$  (1987년도)보다 높게 나타났다. 자연 발생적이고 인체의 필수 중금속 중 하나인 Mn은 0.185  $\mu$  (오전), 0.152  $\mu$  (오후), 0.133  $\mu$  (저녁)로 조현용 (1991)의 부산의 평균농도 3.90  $\mu$ 보다 낮게 나타났고, 서울의 평균농도 0.032  $\mu$  (정용 1987) 보다는 높게 나타났다. 동일 시간대별 비교시 유사한 농도로 나타났다 (Table 4) (Table 7) (Table 10).

9시부터 12시까지 기상간의 상관관계를 살펴보면, 온도와 습도의 상관계수가 0.6801로 통계적으로 유의한 정상관을 나타내었고 ( $P < 0.01$ ), 오염물질과 기상간의 상관관계를 보면, TSP와 Mn이 온도와 습도에 대해서 비교적 높은 상관성을 가졌고, 풍속

**Table 6. The Correlation Coefficient of between pollutants and weather condition from 9 : 00 to 12 : 00 o'clock at Kimhae area.**

	Temp	RH	Rad	Ws	TSP	Mn	Cu	Cd	Cr	Pb
Temp	1									
RH	0.6801**	1								
Rad	-0.3422*	-0.5063**	1							
Ws	-0.5444**	-0.4804**	0.2735*	1						
TSP	0.5128**	0.3770**	-0.2739*	-0.6213**	1					
Mn	0.4546**	0.3155*	-0.1982	-0.4178**	0.8207**	1				
Cu	-0.0180	0.0052	0.1364	-0.1142	0.3171*	0.1945	1			
Cd	0.0163	-0.0371	-0.2312*	-0.2846*	0.3823**	0.2698*	-0.1278	1		
Cr	0.1602	0.0339	0.1166	-0.063	-0.1290	-0.1616	0.0290	-0.1762	1	
Pb	0.1933	0.3384	-0.2327	-0.2594	0.4485**	0.3390*	0.1387	0.1499	-0.2623	1

\*  $p < 0.05$   
 \*\*  $p < 0.01$

**Table 8. The mean value of weather conditions from 12 : 10 to 15 : 00 at Kimhae area.**

Weather condition	Mean± Standard deviation
TEMP	5.008± 4.558
RH	33.405± 12.299
RAD	0.437± 0.100
WS	3.958± 1.359

과는 역상관 관계를 나타내었다 ( $P<0.01$ ). 오염물질 간의 상관관계는 TSP와 Mn의 상관계수가 0.8207로 매우 높은 상관성을 나타내었으며, TSP와 Cd, Pb의 상관계수가 각각 0.3823, 0.4485로 비교적 높은 상관성을 나타내었다. 그외에 다른 오염물질은 비교적 낮은 상관성을 보였다 (Table 6).

12시 10분부터 13시까지 기상조건간의 상관관계는 온도와 습도와의 상관계수가 0.5774로 높은 상관성을 나타내었고, 온도, 상대습도와 일사량, 풍속과는 역상관관계를 나타내었다. 기상조건과 오염물질과의 상관관계는 TSP와 온도, 상대습도가 각각 0.3862, 0.4581의 상관계수로 높은 상관성을 나타내었고, 풍속 및 일사량과는 각각  $-0.2274$ ,  $-0.3756$ 으로 역 상관관계를 나타내었다. 오염물질 간의 상관관계는 TSP와 Mn이 비교적 높은 상관성을 나타내었고 ( $P<0.01$ ), 그외 다른 오염물질은 비교적 낮

**Table 10. The mean concentration of pollutants in the ambient air from 15 : 10 to 17 : 30 o'clock of Kimhae area.**  
unit :  $\mu/m^3$

Pollutants	Mean± Standard deviation
TSP	119.401± 82.331
Pb	0.892± 0.684
Cd	0.059± 0.078
Cr	0.323± 0.282
Cu	0.697± 1.696
Mn	0.133± 0.104

**Table 11. The mean value of weather conditions from 15 : 10 to 17 : 30 at Kimhae area.**

Weather condition	Mean± Standard deviation
TEMP	5.603± 4.247
RH	33.788± 13.763
RAD	0.146± 0.049
WS	3.139± 1.033

은 상관성을 나타내었다 (Table 11).

15시 10분부터 17시 30분까지 기상조건간의 상관관계는 온도와 습도와의 상관계수가 0.6747로 높은 상관성을 나타내었고, 일사량과 풍속은 통계적으로 유의한 정상관 관계를 나타내었다.

**Table 9. The Correlation Coefficient of between pollutants and weather condition from 12 : 10 to 15 : 00 o'clock at Kimhae area.**

	Temp	RH	Rad	Ws	TSP	Mn	Cu	Cd	Cr	Pb
Temp	1									
RH	0.5774**	1								
Rad	-0.5094*	-0.2811*	1							
Ws	-0.4887**	0.1068	0.3983*	1						
TSP	0.3862**	0.4581**	-0.2274*	-0.3756**	1					
Mn	0.2072	0.3332*	-0.4378**	-0.1587	0.3858**	1				
Cu	-0.0071	0.0013	-0.1008	-0.0951	0.2003*	0.1601	1			
Cd	0.2622*	0.4187**	0.1203	-0.2879*	0.5574**	0.1099	0.0153	1		
Cr	0.1004	-0.0766	-0.5170**	-0.1436	0.1303	-0.1521	0.0287	0.3446*	1	
Pb	0.0691	0.0157	-0.2296	-0.0346	-0.0456	-0.0250	0.0043	-0.2543	-0.1194	1

\*  $p<0.05$

\*\*  $p<0.01$

**Table 12. The Correlation Coefficient of between pollutants and weather condition from 15 : 10 to 17 : 30 o'clock at Kimhae area.**

	Temp	RH	Rad	Ws	TSP	Mn	Cu	Cd	Cr	Pb
Temp	1									
RH	0.6747**	1								
Rad	-0.3431*	-0.5404**	1							
Ws	-0.3377**	-0.1477	0.4353**	1						
TSP	0.4374**	0.3508*	-0.2806*	-0.3811**	1					
Mn	0.3367*	0.3516*	-0.2242	-0.3074*	0.8071**	1				
Cu	-0.0130	0.0381	0.1250	0.1119	-0.1585	-0.1407	1			
Cd	-0.0827	-0.0085	-0.0852	-0.1649	0.1422	0.0633	-0.1133	1		
Cr	0.0561	0.0842	0.1904	0.0742	0.1117	0.2950	0.4116	0.0781	1	
Pb	0.1669	0.2000	-0.0503	0.2152	0.0924	0.1527	-0.1220	-0.1182	-0.1187	1

\*p<0.05  
\*\* p<0.01

오염물질과 기상조건간의 상관관계는 TSP가 온도, 습도 각각 0.4374, 0.3508의 상관계수로 99%의 유의 수준을 나타내었고, 일사량, 풍속과는 역 상관관계를 나타내었다. Mn이 온도, 습도와 비교적 높은 상관을 보여 95%의 유의 수준을 나타내었다. 오염물질간의 상관관계는 TSP와 Mn의 상관계수가 0.8071로 높은 상관성을 나타내었고, 그외 다른 오염물질 상호간에는 상관성이 비교적 낮게 나타났다 (Table 12).

동일 시간대별 기상조건과 오염물질과의 상관관계를 비교해보면 9시부터 12시까지 기상조건과 오염물질과의 상관관계에는 전체 평균의 상관관계보다 비교적 높게 나타났다.

이상의 결과를 종합해보면, 온도, 습도, TSP, Mn이 비교적 높은 상관성을 나타내었고, 일사량은 풍속과 상관성이 높았으며 풍속은 다른 오염물질과 대부분 역 상관관계를 나타내었다. 그외 다른 중금속 상호간에는 비교적 낮은 상관성을 보였다. 조사 기간중의 오염물질의 총 평균농도와 기상조건과의 상관관계보다는 동일 시간대별 평균농도와 기상조건간의 상관성이 더 높은 것으로 조사되었으므로, 임의 지형에 방출된 대기오염물질의 농도 분포는 기상조건에 절대적인 영향을 받으므로, 전체적인 상관성 조사보다는 비슷한 상황별로 상관성 조사가 더 타당하다고 사료된다.

#### 4. 결 론

김해지역의 대기 중 중금속 오염도 양상과 기상조건과의 관계를 파악함으로써 이 지역에 거주하는 주민들의 건강관리와 중금속에 대한 저항 대책 마련에 일조가 되게함은 물론 추후 이분야의 기초 자료를 제공하고자 연구하였다. 그중 대기질은 1995년 12월 24일부터 1996년 2월 20일까지 매일 3시간 간격으로 High volume air sampler를 이용하여 부유분진을 채취한다음, 그중 중금속은 AAs (Atomic Absorption spectrophotometer)로 분석하였으며 또한 기상조건은 AWS (Atmospheric weather System)를 이용하여 기온, 상대습도, 일사량, 풍향, 풍속등을 측정하여 얻은 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사기간 중 대기오염도는 총부유분진 (TSP)의 평균농도가 130.4  $\mu\text{m}$  나타났으며, 중금속의 오염도의 경우 Pb (0.837  $\mu\text{m}$ ), Cu (0.486  $\mu\text{m}$ ), Cr (0.264  $\mu\text{m}$ ), Mn (0.157  $\mu\text{m}$ ), Cd (0.054  $\mu\text{m}$ )으로 나타났다.

2. 시료채취 시간대별 오염 정도는 TSP가 오전 시간대별 (09:00~12:00)에 158.1  $\mu\text{m}$  가장 높았으며, 중금속 중 pb의 경우 오전 (09:00~12:00)과 저녁 (15:10~17:30)시간대에 각각 0.867  $\mu\text{m}$ , 0.892  $\mu\text{m}$ 로 고농도였고, Cr, Cu의 경우 저녁시간대 (15:10~17:30)에서 각각 0.323  $\mu\text{m}$ , 0.697  $\mu\text{m}$ 로 높게 나



타났다. 그리고 자연발생적인 Mn의 경우 0.185  $\mu$ 로 오전시간대 (09:00~12:00)에서 높게 나타났다.

3. TSP 경우는 모든 기상조건과 통계적으로 유의한 상관성이 있었고, Mn의 경우 상대습도와 정상관관계를 보였으며, Cd의 경우 풍속과 역 상관관계를 보였고, 다른 중금속의 경우에도 상관성이 있었다. Cr의 경우 Cd, Cu, Pb과 Mn의 경우 TSP와 통계적으로 유의한 정상관관계를 나타내었다.

### 참 고 문 헌

강희양 등.1988, 도로변 지표생물을 이용한 대기오염의 식물에 미치는 영향에 관한연구. 한국환경위생학회지 14 (2)29~41

권숙표, 정용, 임동구등. 1979 서울시 대기중 유해부유분진의 성분-부유분진의 중금속에 관하여-. 예방의학회지 12 (1) : 49~55.

김민영, 이홍근, 정문식. 1974, 서울시내 대기 중 중금속 농도 조사. 공중보건잡지 11 (1) : 130~141.

김유근, 홍정혜, 전병일. 1994, 미기상 특성에 따른 대기오염 농도분포에 관한 연구. 한국환경과학회지 3 (1) : 31~38

박기학. 1992 교통량 고밀 도로 주변의 토양과 가로수, 대기 중 Pb, Cu, Zn 중금속 농도와 그 상관성에 관한 연구, 한국환경위생학회지, 18 (2) : 19~25.

박종길. 1993, 부산지방의 대기오염에 미치는 기상인자에 관한연구. 부산시정연구보고, 5 : 313~334

보건사회부, 1983, 환경보전법, 시행규칙 제7조 보건사회부 중 제 733호, 1.

유승성, 1991, 대기중 금속성분이 토양에 미치는 영향, 건국대학교 대학원

윤일희, 1991, 지상관측 자료를 이용한 한반도의 대기질 측정 서울대학교 대학원 박사학위논문

윤일희, 민경덕, 박동재. 1994, 대구상공에서의 대기오염물질 확산에 관한연구. 한국환경학회지 3

(3) : 57~68

이광목, 1978, 크롬과 그 화합물의 중독, 한국의 산업의학, 17 (3) : 69~70

이민희, 심웅기, 김양균등, 1985, 대기중 부유분진의 성분에 관한, 조사연구 (IV). 국립환경연구소보 7 : 165~176.

이선기, 최재천, 이민영등. 1995, 소백산 대기중 입자상 물질의 화학적 특성에 관한 연구 (I) 한국대기보전학회지 11 (2) : 179~184

임정규 등,1987, 부산지역의 대기중 중금속 오염도에 관한 조사연구, 환경과 공해,10 (5) : 331~343

임영욱, 정용. 1989, 호흡성 분진중의 중금속 오염도에 관한 조사연구. 한국대기보전학회 51 : 68~78.

조현용, 1991, 부산지역의 대기중 중금속 오염도, 인제대학교 보건대학원, 석사학위논문

차철환. 1977, 서울시내 대기오염도 조사연구-중금속을 중심으로. 77년도 정책과제 학술 연구 보고서

최덕일. 1978, 일부 도시 및 공업단지 주변 대기중 분진성분 및 분포에 관하여 (미량중금속을 중심으로). 보건장학회보 6 : 268~275

허문영, 김형준, 손동헌 등. 1986, 입자상 물질중 금속성분의 밀도 분포. 한국대기보전학회지 2 (2) : 9~18

허문영, 김형준, 손동헌, 1986, 입자상물질중 금속성분의 특성화에 관한 연구, 한국대기보전학회지, 2 (2) : 289~297

Clayton G D,1981, Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, New York, wiley-Interscience pub

Duggan, M. J. and Williams, S. 1977, Lead-in-dust in city streets. Sci. Total Environ. 91~97

Draxler, R. R, 1990, The calculation of low-level winds from the achieved data of a regional primitive equation forecast model.J.Appl. Meteor, 29 : 240~248.

Fergusson, J. E. Hayes, R. W. Tan, S. Y. and Sim,

- T. H. 1980, Heavy metal pollution by traffic in christchurch. New Zealand: Lead and cadmium content of dust and plants samples. N. Z. J. Sci 23 : 293~310
- Hanna, S. R, 1982, Urban Air pollution Models-Why?, Proceedings of Nordic Symposium on Air Pollution Modeling, Vedbeck, Denmark.
- Harrison, R. M. Laxen. D. P. H. and Wilson, S. J, 1983, Chemical association of lead cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. Environ. Sci. Technol 15 : 1378~1383.
- Ho, Y B and Tai, K M, 1988, Elevated levels of lead and other Metals in roadside soil and their use to monitor aerial metal depositions in Hong Kong. Environ. pollut. 49 : 37~51.
- Holzworth, G. 1972, Mixing Depth, Wind Speed, and Potential for Urban Air Pollution throughout the Contiguous United States, Publication No. AP-101, Environmental Protection Agency.
- Hopke, P. K. Lamb, R. E. and Natusch, D. F. S. 1980, Multi-elemental characterization of urban roadway Dust Environ. Sci. Technol. 14 : 164~172.
- Last J M Maxcy-Rosenau, 1980, Public Health and preventive Medicine 11th Ed New York. Appleton-Century-crofts. Miller M P and Mcfee, W. W, 1983, distribution of cadmium, zinc, copper and lead in soil of industrial northwestern Indiana. J. Environ. Qual. 12 : 29~33.
- Moses, H., D. F. Gatz, A. C. Strong and G. A. Zerbe, 1971, Mixing Heights, Ventilation Rates, and Observed Ground SO<sub>2</sub> Concentration, Quarterly Report. Atmospheric Science Group, Argonne National Laboratory, Argonne I 11
- T. Miyazaki, S. Yamaoka. 1990, Meteorological Factors Causing High Dust Concentration, Energy and Building, 15 : 691~698.
- Wark K, et al, 1981, Air pollution-Its origin and control, 2nd Ed. New York, Harper & Row Publishers.