

부산지역의 대기 중 중금속 농도

송인혁·조규일·문덕환·이창희·강정학·김종갑·한용수·이채언

인제대학교 의과대학 예방의학교실 및 산업의학연구소

= Abstract =

Atmospheric Concentration of Heavy Metals of Pusan Area

In Hyeok Song, Gyu IL Cho, Deog Hwan Moon, Chang Hee Lee
Jung Hak Kang, Jong Gab Kim, Yong Soo Han, Chae Un Lee

*Department of Preventive Medicine, College of Medicine and
Institute of Industrial Medicine, Inje University*

This study was carried out to assess the present level of atmospheric metals. Five metals - lead, cadmium, chromium, manganese, vanadium - were checked on the industrial(Sasang) and residential area(Daeshindong) in the city of Pusan. Sampling period was the year of 1986, 1990 and 1994, and the sampling time was 2 days of each site. As the result of comparison with the atmospheric standard of ASHRAE(1980), the average concentrations of lead was above the standard, the average concentrations of chromium was around the standard, and the average concentrations of cadmium and vanadium was below the standard. The average concentrations of manganese was above the standard of industrial environment. And the average concentrations of five metals was higher in the industrial area than the residential area. The average concentrations of lead, cadmium and chromium showed the increase tendency by the year, and the average concentrations of vanadium showed no change, and the average concentrations of manganese showed the decrease tendency. As a result of correlation analysis, lead and cadmium($r=0.31$), vanadium and manganese($r=0.24$), vanadium and chromium($r=0.19$) showed significance.

Key words : Atmospheric, Lead, Cadmium, Chromium, Manganese, Vanadium

서 론

각종 산업과 교통수단의 발달에 의한 대기오염은 지역사회 보건에 중대한 영향을 미치는 요인의 하나이다. 대기오염의 주 요인은 제반 연소과정에 있으며 이는 인간 생활의 영위를 위한 필수적인 요건의 하나이다(권숙표 등, 1968; 차철환, 1977; Kim 등, 1983; 윤용찬 등, 1984; 김준연 등, 1986; 김용환 등, 1986). 대기오염의 구체적인 요인으로는 부유분진, 이산화탄소, 일산화탄소, 아황산가스, 질소산화물 등을 들 수 있으며 이들은 단독적으로 또는 복합적으로 인간의 건강과 동식물, 각종 시설물에 악영향을 미친다.

특히 대기 중의 부유분진은 그 구성성분으로 인체나 동식물에 유해한 각종 탄화수소류, 중금속류, 무기염, 돌연변이원성 물질 등을 함유하여 그 보건학적 의의가 크며, 최근 정용 등(1986)의 오염물질기준지수(Pollutants Standard Index)를 이용한 서울시의 대기오염도 평가에서도 부유분진이 주민의 건강에 가장 악영향을 미칠 수 있는 오염물질로 보고되어 대기오염의 인체에 대한 위해도 평가 및 대기오염의 관리 측면에서 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다(정용 등, 1987).

대기 중 중금속류는 주로 부유분진에 포함되어 인체로 흡수되며 납화합물의 경우 주로 연료의 항녹킹제제(anti knocking agent)로 사용되는 유기납(tetraethyl lead)에 기인한 빈혈, 신경장애, 소화기장애 등의 유해성이 이미 인정되고 있는 등(Butler) 생활환경에서의 장기간 흡입으로 인한 만성적 건강피해의 가능성이 있으나 중금속류에 의한 전반적인 건강 피해에 대하여는 아직은 확실히 밝혀져 있지 않은 상태이다.

이들 대기오염 물질에 의한 전반적인 건강피해를 평가하고 적절한 대책을 마련하기 위하여는 우선 현재의 대기오염 실태를 정확히 파악하는 것이 최우선 과제이다. 그러므로 저자는 부산지역을 대상으로 하여 대기오염 물질 중 만성적인 폭로에 의한 건강 영향이 클 것으로 인정되는 납, 카드뮴, 크롬, 망간, 바나듐의 5가지 중금속류에 대하여 연차적으로 그 오염실태를 파악하여 보고 이를 근거로 동 지역사회의 환경오염 저감 대

책을 위한 기초 자료를 제공하고자 본 연구를 시행하였다.

조사 방법

1986년, 1990년 및 1994년의 1월부터 3월까지 2~5일간씩 부산지역의 대표적인 주거지역(대신동)과 공업지역(사상)의 간선도로변에서 각 3개 지점을 조사 장소로 정하여 납, 카드뮴, 크롬, 망간 및 바나듐의 5개 중금속을 측정하였다. 시료는 일 중 2회(오전;8~10시, 오후;15~17시), 각 5회씩 측정하였으며, 시료채취에는 low volume air sampler(ALPHA 1; Dupont Co. U.S.A 및 SIBATA ; Sibata Co. Japan)를 이용하였다. Sampler를 지상 1.5m 위치에 설치하고 MCE filter(37nm, 0.8um, Millipore Co. U.S.A)를 사용하여 1 시간(2 l/min.) 동안 공기를 흡입하였다. 중금속의 농도는 채취된 filter를 NIOSH manual(1979)에 의거 용해시킨 후 graphite furnace atomic absorption spectrophotometer(Perkin-Elmer model 2380, U.S.A)를 이용하여 정량하였다. 연차별 모든 측정방법은 표준화하여 모두 동일하게 시행하였다. 자료의 분석은 SAS 프로그램을 이용하여 t-test, ANOVA, 상관분석 등을 시행하였다.

조사 성적

1. 납(Lead)

부산지역 대기 중의 납의 평균농도는 1986년 공업지역 $2.03\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $1.76\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1990년 공업지역 $1.66\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $1.29\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 공업지역 $7.22\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.88\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전체적으로 공업지역이 주거지역보다 높았으며, 연도별로는 1990년이 1986년에 비해 줄었다가 1994년에는 오히려 증가하였다. 시간대별 대기 중 납의 평균농도는 1986년과 1990년에는 오전, 오후에 따라 차이가 없었으나 1994년의 경우 공업지역과 주거지역에서 공히 오후가 오전에 비해 높았다(Table 1).

Table 1. The Average Concentration of Lead by Sampling Time and Area (Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Time	Sampling Area	
	Industrial	Residential
1986	2.03 ± 0.53	1.76 ± 0.42
Morning	2.02 ± 0.12	1.78 ± 0.33
Afternoon	2.02 ± 0.39	1.75 ± 0.33
1990	1.66 ± 0.40	1.29 ± 0.47
Morning	1.61 ± 0.38	1.37 ± 0.54
Afternoon	1.71 ± 0.34	1.20 ± 0.34
1994	7.22 ± 2.77	0.88 ± 0.08
Morning	5.13 ± 2.68	0.68 ± 0.09
Afternoon	8.31 ± 3.81	0.98 ± 0.11

• Mean \pm S.D.

2. 카드뮴(Cadmium)

부산지역 대기 중의 카드뮴의 평균농도는 1986년 공업지역 $0.036\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.025\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1990년 공업지역 $0.082\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.064\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 공업지역 $0.101\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.021\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 전체적으로 공업지역이 주거지역보다 높았으며, 연도별로 점차적으로 증가하였다. 시간대별 대기 중 카드뮴의 평균농도는 오전, 오후에 따라 차이가 없었으나 1994년의 경우 공업지역과 주거지역에서 오후가 오전에 비해 높았다(Table 2).

Table 2. The Average Concentration of Cadmium by Sampling Time and Area (Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Time	Sampling Area	
	Industrial	Residential
1986	0.036 ± 0.003	0.025 ± 0.017
Morning	0.044 ± 0.007	0.019 ± 0.004
Afternoon	0.034 ± 0.008	0.030 ± 0.006
1990	0.082 ± 0.013	0.064 ± 0.024
Morning	0.076 ± 0.018	0.062 ± 0.018
Afternoon	0.071 ± 0.022	0.047 ± 0.018
1994	0.101 ± 0.033	0.021 ± 0.023
Morning	0.018 ± 0.010	0.014 ± 0.009
Afternoon	0.183 ± 0.032	0.027 ± 0.016

• Mean \pm S.D.

3. 크롬(Chromium)

부산지역 대기 중의 크롬의 평균농도는 1986년 공업지역 $1.48\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $1.15\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1990년 공업지역 $1.01\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $1.06\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 공업지역 $2.63\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $2.29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공업지역과 주거지역의 차이가 없었으며, 연도별로는 1990년이 1986에 비해 줄었다가 1994년에는 오히려 증가하였다. 시간대별 대기 중 크롬의 평균농도는 오전, 오후에 따라 차이가 없었으나 1994년의 경우 공업지역에서는 오후가 주거지역에서는 오전이 각각 높았다(Table 3).

Table 3. The Average Concentration of Chromium by Sampling Time and Area (Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Time	Sampling Area	
	Industrial	Residential
1986	1.48 ± 0.44	1.15 ± 0.25
Morning	1.39 ± 0.38	1.13 ± 0.30
Afternoon	1.58 ± 0.23	1.18 ± 0.21
1990	1.01 ± 0.17	1.06 ± 0.73
Morning	1.03 ± 0.13	1.03 ± 0.11
Afternoon	1.00 ± 0.15	1.09 ± 0.08
1994	2.63 ± 2.53	2.29 ± 2.32
Morning	2.18 ± 1.24	2.88 ± 2.19
Afternoon	3.09 ± 2.05	1.70 ± 0.79

• Mean \pm S.D.

4. 망간(Manganese)

부산지역 대기 중의 크롬의 평균농도는 1990년 공업지역 $6.43\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $2.12\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 공업지역 $4.59\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $1.07\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공업지역이 주거지역보다 높았으며, 연도별로는 1994년이 1990년에 비해 오히려 줄었다. 시간대별 대기 중 크롬의 평균농도는 오전, 오후에 따라 차이가 없었으나 1994년의 경우 공업지역에서는 오전이 오후에 비하여 높았다(Table 4).

Table 4. The Average Concentration of Manganese by Sampling Time and Area (Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Time	Area	
	Industrial	Residential
1990	6.43±3.01	2.12±1.53
Morning	6.78±2.35	1.97±1.44
Afternoon	6.19±1.50	2.26±0.95
1994	4.59±4.04	1.07±0.79
Morning	5.88±3.13	1.07±0.59
Afternoon	3.11±0.97	1.07±0.67

• Mean ± S.D.

5. 바나듐(Vanadium)

부산지역 대기 중의 바나듐의 평균농도는 1986년 공업지역 $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.10\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1990년 공업지역 $0.12\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.03\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 공업지역 $0.13\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 $0.07\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공업지역이 주거지역보다 높았으며, 연도별, 측정 시간대별로 거의 차이가 없었다(Table 5).

Table 5. The Average Concentration of Vanadium by Sampling Time and Area (Unit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Time	Area	
	Industrial	Residential
1986	0.15±0.09	0.10±0.03
Morning	0.18±0.02	0.10±0.01
Afternoon	0.13±0.06	0.10±0.01
1990	0.12±0.04	0.03±0.02
Morning	0.12±0.04	0.03±0.01
Afternoon	0.12±0.02	0.03±0.01
1994	0.13±0.18	0.07±0.07
Morning	0.12±0.11	0.10±0.09
Afternoon	0.14±0.09	0.03±0.05

• Mean ± S.D.

6. 상관분석

상관분석의 결과 납과 카드뮴($r=0.31$), 바나듐과 망간($r=0.24$), 바나듐과 크롬($r=0.19$) 간에 유의한 연관성을 보였다(Table 6).

Table 6. Correlation Matrix between Heavy Metals

	V	Pb	Cr	Cd	Mn
V	1.0000				
Pb	0.1019	1.0000			
Cr	0.1986*	0.0152	1.0000		
Cd	-0.0903	0.3129**	-0.0041	1.0000	
Mn	0.2465**	-0.0107	0.0347	-0.0462	1.0000

• $p < 0.05$

** $p < 0.01$

고 찰

대기 중의 중금속은 부유분진, 이산화탄소, 일산화탄소, 아황산가스, 질소산화물 등과 함께 생활환경에서의 장기간 흡입으로 인하여 만성적 건강피해를 일으킬 가능성이 높은 물질로서 일반환경하에서 각종 중금속은 연료 및 생활폐기물로부터 배출되어 악성 종양, 순환기질환, 정신신경계장애 등의 급만성 질환을 초래할 수 있는 것으로 알려져 있다(임영옥과 정용, 1989). 하지만 산업장에서의 폭로를 제외한 일반환경에서의 만성적인 중금속 폭로에 의한 건강 피해에 대하여는 우리나라의 경우 부유분진 중의 중금속오염도에 관한 연구로 권숙표 등(1979), 이민희 등(1982), 주의조 등(1986), 그리고 정용 등(1987)의 연구가 있으나 대개 한시적이었고 지역적이어서 시계열적인 연구는 되지 못하는 등 아직은 많은 연구가 없는 실정이다. 대기오염에 의한 일반환경에서의 중금속 폭로에 대한 건강피해를 평가하고 적절한 대책을 마련하기 위하여는 우선 현재의 실태를 정확히 파악하는 것이 우선 과제이다. 선진국의 경우 대기 중의 중금속 오염을 감소시키기 위해 중금속에 대한 대기환경 기준을 설정하는 등

의 적극적이고 합리적인 예방사업을 꾸준히 실행하고 있으나(Perkin, 1974; Wark와 Warner, 1981), 우리나라는 아직까지 이러한 기준설정은 물론, 대기 중 중금속의 오염수준에 대한 파악마저 정확하게 되어 있지 않은 실정이다. 그러므로 저자는 부산지역의 대기오염 물질 중 건강 영향이 클 것으로 인정되는 납, 카드뮴, 크롬, 망간, 바나듐의 5가지 중금속류에 대하여 그 오염실태를 파악하여 보고자 하였다.

일반환경하에서의 납은 대표적으로 자동차 배기가스를 통하여 대기 중으로 배출되며 대략 배기가스 1 l 당 20~50 μg 정도의 납이 배출된다고 한다(연세대학교 환경공해연구소, 1985). 이에 의거 부산지역의 가솔린 사용자동차(1988)에 의한 연간 납 배출 추정량은 약 560톤(18만대 X 1.63gallon/day X 4.72g/gallon X 1/45Lb X 1/2천톤)(부산일보사, 1989)에 이르며 대기오염물질 중 매우 중요한 요인의 하나로 인정된다. 납은 조혈계 장애를 비롯하여 소화기계, 신경계, 내분비계 및 생식계에 대한 장애와 세포유전학적 장애, 면역기전의 이상 등을 초래하는 것으로 알려져 있다.(West, 1966; Waldron, 1966; Stanstead, 1970; Hemphill, 1971; Goyer, 1972; Cooper, 1975; Lees, 1980; Barry, 1983).

본 조사에서 나타난 부산지역의 대기 중 평균 납의 농도는 공업지역 1.66~7.22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 0.88~1.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 공업지역이 주거지역보다 높았다. 이는 이민희 등(1985)의 부산의 연중 총평균농도 0.136 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1983년도), 0.120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1984년도) 및 0.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1985년도)와 권 등(1979)의 서울의 연중 총 평균농도 1.091~2.252 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1977년도)보다는 높았으나, 김민영 등(1974)의 서울의 연중 총평균농도 2.344 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1973년도)와는 유사하였다. 이러한 차이는 조사지역, 조사시기 및 정량방법 등의 차이에서 연유한 것으로 생각되며, 지역별 차이는 각종 산업장에서의 공정에 의한 납 배출량이 주거지역에 비하여 공업 지역에서 많았던 때문으로 풀이된다. 연도별로는 1990년이 1986년에 비해 줄었다가 1994년에는 오히려 증가하였던 것은 1987년부터 실시된 무연휘발유 사용에 따른 일시적인 감소 후 절대 교통량의 급격한 증가에 기인한 것

로 생각된다. 하지만 일부 주거지역을 제외하고는 대기 중 평균 납 농도가 우리나라 대기환경기준치 (1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)를 상회하였으며 따라서 향후 개선을 위한 적극적인 노력과 함께 대기환경기준에 대한 법적 제도적 적용이 보다 철저히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

일반환경하에서의 카드뮴은 대표적으로 곡류와 흡연 등을 통하여 체내에 흡수되며 폐와 신장을 비롯하여 조혈, 심·혈관계, 골격, 후각기관, 생식계 등에 영향을 끼친다고 한다. 흡수된 카드뮴의 배설은 대단히 느리며 따라서 흡수를 미연에 예방하는 것이 무엇보다도 중요하다. 대기 중 카드뮴의 농도는 외국의 경우 농촌지역이 대개 0.0001~0.043 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 도시지역은 0.002~0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 라고 하며, 경구적 1일 섭취량은 비오염지역의 경우 6~94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이라고 한다(Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981; 임정규 등, 1987). 본 조사에서 나타난 부산지역의 대기 중 평균 카드뮴농도는 미국 ASHRAE의 대기환경권고치(2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{day}$)에 훨씬 미달되었으나 이민희 등(1985년)의 부산의 연중 총평균농도 0.006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1983년도), 0.006 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1984년도) 및 0.004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1985년도)와 김민영 등(1974)의 서울의 연중 총평균농도 0.009 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 권숙표 등(1979)의 서울의 연중 총평균농도 0.011 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 높았으며 임정규 등(1987)의 부산의 연중 총 평균농도는 0.30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다는 낮았다. 카드뮴 농도의 연도별 비교에서는 연도별로 점차적으로 증가하였으나 큰 차이는 없었다. 지역별 비교에서 공업지역이 역시 주거지역에 비하여 높은 경향을 보여 산업장에서의 오염원 색출이 우선되어야 할 것으로 사료된다.

크롬은 인체에 필수적인 금속으로서 결핍시에는 체내 탄수화물의 대사장애를 일으킨다고 하며 크롬자체보다는 6가 크롬을 함유하고 있는 크롬산이나 중크롬산 및 크롬산염이 독성을 발휘하여 인체에 유해하다고 한다(정치경, 1973; 이광목, 1978; Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981; 임정규 등, 1987). 일반환경하에서의 크롬은 주로 사업장으로부터 대기 중으로 배출되어 호흡기, 소화기 및 피부를 통하여 흡수된다. 크롬에 만성적으로 폭로될 경우 주로 점막에 병변을 일으키며

피부에 대한 감각 작용을 나타내기도 한다(정치경, 1973; 이광목, 1978; Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981). 또한 최근에 이르러 크롬의 발암 작용에 대한 많은 보고가 있어 더욱 관심의 대상이 되고 있다(정치경, 1973; 이광목, 1978; 임정규 등, 1987). 크롬은 해수에 $0.1\mu\text{g/L}$ 이하, 강물에 $1\sim 10\mu\text{g/L}$ 이하, 식품에 $0.02\sim 0.22\mu\text{g/g}$ 정도 함유되어 있으며, 미국의 대기 중 농도는 비도시 지역이 $0.01\mu\text{g}/\text{m}^3$ 미만, 도시지역은 $0.01\sim 0.03\mu\text{g}/\text{m}^3$ 라고 한다(Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981). 미국 성인의 크롬 1일 섭취량은 음식과 물에서 $5\sim 11\mu\text{g}$, 공기를 통하여 $0.04\sim 0.06\mu\text{g}$ 이라고 한다(Last, 1980; 임정규 등, 1987). 본 조사에서 나타난 부산지역의 크롬농도는 1994년인 경우 대부분의 지역에서 미국 ASHRAE의 대기환경권고치($1.5\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{day}$)를 상회하였고 임정규 등(1987)의 $0.10\sim 3.29\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 약간 높았으나, 이민희 등(1985)의 부산의 연중 총평균농도 $0.007\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와 이민희 등(1985)의 서울의 연중 총평균농도 $0.005\sim 0.030\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 높은 양상을 나타내었으며, 이는 정량법의 차이에서 기인된 것으로 추정되나 지역적인 비교연구가 조속히 이루어져야 할 것으로 사료된다. 연도별 변화에서는 큰 차이는 없으나 점진적으로 증가 추세를 보이고 있어 적극적인 환경관리대책이 요망된다고 할 수 있겠다.

망간은 생체 내에서 핵산의 구성성분을 이루고 있어 효소 활동의 cofactor로 작용하며(Comens, 1956), 발육이나 성장에 필수 금속으로서(Orton과 Neuhaus, 1970; 김준연 등, 1989) 건강한 성인의 체내에도 약 $12\sim 20\text{mg}$ 정도 존재한다(Cotzias, 1962). 일반환경하에서의 망간은 주로 식품을 통하여 섭취되며 이 정도의 양으로 충분하다고 한다. 대기 중의 망간은 주로 산업장으로부터 배출되어 대부분 흡입에 의해 흡수되며 만성적인 폭로의 경우 초기에는 두통, 피로, 권태감 등의 신경증상과 근골격계 증상 등이 나타나고, 진행되면 파킨슨양질환(Parkinson's syndrom)을 초래한다고 한다(Hermanowicz, 1976). 본조사의 경우 망간의 평균농도는 공업지역 1990년 $6.43\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 $4.59\mu\text{g}/\text{m}^3$, 주거지역 1990년 $2.12\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1994년 $1.07\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 이는 1975년 박재주 등(1975)의 서울 $0.136\mu\text{g}/\text{m}^3$, 이민희 등(1985)의 서울 $0.173\mu\text{g}/\text{m}^3$, 정용 등(1987)의 서울

$0.032\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 훨씬 높은 농도를 나타내었으며 연도별로는 1994년이 1990년에 비해 오히려 줄었다. 망간에 대한 기준은 망간을 사용하는 산업장의 공기 중의 허용농도로서 분진 $5\text{mg}/\text{m}^3$, 흙 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 기준과 정상인의 혈중 망간량은 $10\mu\text{g}/100\text{mL}$ 이하, 요중 망간량은 $10\mu\text{g}/\text{L}$ 이하로 정하고 있을 뿐으로 일반환경의 기준은 아직까지 설정되어 있지 않다. 망간의 연평균 농도는 연도별에 따른 차이는 나타나지 않았으나 지역별 비교에서 공단지역이 높은 경향을 보여 망간의 기중 분포는 산업장과 관련이 있을 것으로 추정된다.

바나듐은 자연수에서 아주 적은 양이 포함되어 있으며 미국의 음료수에는 평균 약 6ppb 정도의 농도로 함유되어 있다고 하며, 아주 적은 농도의 바나듐이 사람의 골격형성시 무기질 분포에 영향을 끼친다고 한다(Kamiya, 1975). 또한 다른 금속에 비하여 석유 중에 다량 존재함으로(Ishizaki, 1978) 석유 자원을 이용하는 산업의 급증으로 인한 산업장내의 바나듐 오염과 급격한 교통기관의 폭등으로 인한 자동차 배기가스 등으로부터의 바나듐오염이 미국 및 일본 등의 여러 선진국에서 이미 심각한 문제로 대두되고 있다(Kamiya, 1975; Ishizaki, 1978). 바나듐은 분진이나 흙의 상태로 인체의 호흡기도를 통하여 경구적으로, 혹은 피부와 눈을 통하여 체내에 흡수되며 인체의 치사량은 대개 $60\sim 120\text{mg}$ 정도라고 한다(Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981; Sitting, 1981; 김준연 등 1986). Kent 등(1914년도)은 바나듐 화합물을 경구, 정맥, 근육을 통하여 각각 인체내에 흡수시킨 결과 $89\sim 93\%$ 가 소변과 대변으로 배설되었고 약 10% 만이 체내에 잔존하였고 보고하였다. 바나듐 자체는 독성이 없지만 바나듐이 산소와 결합하여 산화 바나듐이 되면 인체에 대하여 독성을 나타낸다고 하며, 이중 특히 오산화 바나듐은 1시간 정도의 짧은 폭로에 의해서도 인체장해를 야기시킨다고 한다(Hemphill, 1971; Parmeggiani, 1983). 오산화 바나듐에 인체가 폭로되면 호흡기도, 눈 및 피부 등의 자극증상을 일으키고, 만성적으로는 허약, 신경쇠약, 빈혈 등을 초래하며, 심한 경우에는 폐기종, 폐염 등을 유발하여 사망을 초래하기도 한다(Bowning,

1969; NAPCA, 1969; Last, 1980; Clayton과 Clayton, 1981; Parmeggiani, 1983; 김준연 등 1986). 바나듐의 농도에 관한 보고는 미국 도시지역 0.001~0.458 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 비도시지역 0.0005~0.024 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 등(鈴木保美 등, 1971) 다수의 보고(Bowning, 1969; Last, 1980)가 있고 일본에서는 0.043~0.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (鈴木保美 등, 1971; Kamiya, 1975)의 보고가 있다. 본 조사에서 나타난 부산지역의 바나듐의 농도는 미국 ASHRAE의 대기환경권고치 (2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{day}$)에 미달하고 있으며, 임정규 등(1987)의 부산의 바나듐 연중 총평균농도 1.54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 1986년 정용 등(1986)의 서울 신촌 0.174 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 보다 낮은 경향을 보였다. 연도별 비교에서는 거의 차이를 보이지 않았지만, 지역별 비교에서는 공업지역이 비교적 높은 경향을 보여 대기 중의 바나듐은 교통기관을 포함한 연소가 주요인일 것으로 생각되었다.

이상의 결과에서 만성폭포시 건강에 영향을 줄 수 있는 중금속들이 증가하는 추세여서 적극적인 환경관리 대책이 필요할 것으로 생각되며 현재 대기 중 중금속오염 상태를 정확하게 파악하기 위해 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

결 론

부산지역의 대기오염 물질 중 중금속 오염 실태를 정확히 파악하기 위하여 부산의 공업지역(사상)과 거주지역(대신동)에 대하여 1986년, 1990년 및 1994년의 1월부터 3월 까지 2~5일간씩 대기 중 납, 카드뮴, 크롬, 망간, 바나듐의 5가지 중금속의 농도를 측정하였다. 대기 중 평균 중금속 농도는 납은 대기환경의 기준치 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 상회하였고, 크롬은 대기환경의 기준치 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 육박하였으며, 카드뮴과 바나듐은 대기환경의 기준치 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 미달하였다. 망간은 대기환경의 기준치는 없었으나 산업장의 기준치 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 상회하였다. 대기 중 평균 중금속농도는 공업지역에서 거주지역보다 높았으며, 오전과 오후의 시료채취 시간에 따른 차이는 없었다. 연도별 비교에서는 납, 카드뮴 및 크롬은 증가하였고 바나듐은 거의 변동이 없었으며 망간은 감소하였다. 측정된 중금속 간의 상관분석의 결과

납과 카드뮴($r=0.31$), 바나듐과 망간($r=0.24$), 바나듐과 크롬($r=0.19$) 간에 유의한 상관성을 보였다.

참고문헌

- 권숙표, 윤명조, 이종철, 이덕행, 심길순, 김재익, 장영벽. 부산시 대기오염도와 소음도에 관한 조사. *최신의학* 1968;11(3):57-62
- 권숙표, 정용, 임동구. 서울시 대기 중 유해부유분진의 성분. *대한예방의학회지* 1979;12(1):49-55
- 김민영, 이홍근, 정문천. 서울시내 대기 중 중금속 농도 조사. *공중보건잡지* 1974;11(1):130-141
- 김용환, 김준연, 이채언, 전진호, 문덕환, 신해림, 이종태, 이명철, 김성천, 배기택. 부산의 대기오염도 조사. *예방의학회지* 1986;19(2):252-262
- 김준연, 김정만, 이채언, 문덕환, 김용규, 박가식. 도시지역의 건강한 성인의 혈중 중금속 농도 및 분포에 관한 연구. *부산의사회지* 1989;25(3)
- 김준연, 문덕환, 김성천. 택시 운전수들의 혈중 Vanadium 함량에 관한 조사 연구. *인제논총* 1986;2(1):89-98
- 박재주의 5명. 서울 도심지의 대기 중의 대기 중 중금속 농도조사. *서울특별시 위생연구소보* 1975;11:57-77
- 부산일보사. 부일연감. 부산일보사, 1989 연세대학교 환경공해 연구소. 환경대책과 자연보호, 한국과학교육연구소, 1985
- 예방의학과 공중보건 편찬위원회. 예방의학과 공중보건, 계축문화사, 1993
- 윤용찬, 윤일, 김민숙. 부산시의 공업단지 및 교통 중심지의 오존 농도 측정조사. *부산대학교 환경연구보*, 제 2권, 1984.
- 이광목. 크롬과 그 화합물의 중독. *한국의 산업의학* 1978; 17(3):69-78
- 이민희, 심용기, 김양균, 한의정, 원양수, 신찬기, 정해동, 한자경. 대기 중 부유분진의 성분에 관한 조사연구. *국립환경연구소보* 1985;7:165-176
- 이민희의 5명. 대기 중 부유분진의 성분에 관한 조사연구. *국립환경연구소보* 1982;4:27-47
- 임영옥, 정용. 호흡성 분진중의 중금속 오염도에 관한 조사연구. *한국대기보전학회지* 1989;5(1):68-78
- 임정규, 문덕환, 이명철. 부산지역 대기 중 중금속 오염도에 관한 조사 연구. *환경과 공해* 1987;10(5):331-343
- 정용, 장재연, 권숙표. 오염물질 기준지수를 이용한 대기질

- 의 평가. 대한예방의학회지 1986;19:65-75
- 정 용, 장재연, 주의조. 도시 대기 중 중금속에 관한 연구. 한국대기보전학회지 1987;3(2):18-26
- 정치경. 공업중독시리즈(2) - 크롬중독. 한국의 산업의학 1973;12(2):16-17
- 주의조. 도시대기 부유분진중의 중금속오염도에 관하여. 연세대학교 보건대학원, 1986.
- 차철환. 서울시내 대기오염도 조사연구-중금속을 중심으로. 77년도 정책과제학술 연구보고서, 1977.
- 鈴木保美, 楠谷義和, 及川紀久雄. 大氣汚染研究 1971;6: 218
- Barry SL, David HW. *Occupational Health. 1st Ed. Ciettle. Brown & Co., 1983.*
- Bowning E. *Toxicity of Industrial Metals. New York, Appleton-Country-Crofts, 1969*
- Butler J.D. *Air pollution chemistry, Academic press, U.S. A., 1979.*
- Clayton GD, Clayton FE. *Patty's Industrial and Toxicology, New York, Wiely Intersciencepub., 1981.*
- Comens P. *Manganese depletion as an etiological factor in hydralazine disease, A. J. Med., 1956;20:744*
- Cooper WC, Graffey WR. *J. Occup. Med., 1975;17:100*
- Cotazias GC, Papavasilion PS, Hughes ER. *Slow turnover of manganese in active rheumatoid accelerated by prednisolone, J. Clin. Ind., 1968;47:992*
- Cotazias GC. *Manganese. An advanced treatise Vol. II The elements part B, New York Academic Press, 1962, p403*
- Goyer RA. *In metallic contaminants and human health, D.H. K.Lee. New York, Academic Press, 1972, p57-95*
- Gunn S A, TC Gould and W A D Andson. *The selective injurous response of testicular and epididymal blood vesseles to Cd and its prevention by zin. Amer. J. path, 1963;42:685-762*
- Hamaguchi T. *Emission spectrophotometer analysis. Tokyo, OHM-sha, 1963, p378 Hemphill FE. Science, 1971;172:1033*
- Hermanowicz W. *Arkady, 1976, p392*
- Ishizaki M, Ueno S, Fujiki M. *産業醫學, 1978;20:30-31*
- Kamiya A. *衛生化學, 1975;20:267-270*
- Kim JC, Lim GT, Yun I. *Study on the atmosphere NO2 pollution in Pusan City. J. Env. Studies, 1983.*
- Last JM. *Maxcy-Rosenau Public Health and Preventive Medicine, 11th Ed, New York, 1980.*
- Lees R E M. *Change in lung function affer Exposure Vanadium Compounds in Fuel Oil Ash. Brit. J. Ind. Med., 1980;37:253-256*
- NAPCA. *Air quality criteria for particulate matter, AP-62, Washington DC, HEW, 1969.*
- Orton JM, Neuhaus OW. *Biochemistry, St. Louis, Mosby Co., 1970, p925*
- Parmeggiani L. *Encyclopedia of Occupational Health and Safety. 3rd Ed. Geneva, ILO., 1983.*
- Perkin HC. *Air Pollution, McGrow-Hill Inc, 1974.*
- Sitting M. *Handbook of Toxic and Haxardous Chemicals, New Jersey, Noyes Publications, 1981.*
- Stanstead HH. *Arch. Env. Health, 1970;20:3*
- Waldron HA. *Brit. J. Ind. Med., 1966;23:83*
- Wark K, Warner CF. *Air Pollution-It's Origin & Control, 2nd Ed, New York, Haper & Row Publishers, 1981.*
- West ES. *The Textbook of Biochemistry, 4th Ed, New York, Gollior macmillian Ltd., 1966.*