

도시 토사중 중금속 함량

Heavy Metals in Soils of the Urban Area

손 동 헌 · 정 원 태 · 박 종 필 · 김 덕 희 · 정 성 윤

중앙대학교 약학대학
(원고접수 : 1992. 10. 13)

Dong-Hun Sohn, Won-Tae Jung, Jong-Pill Park
Duck-Hee Kim and Sung-Yoon Jung

College of Pharmacy, ChungAng University, Seoul, Korea
(Received 13 October 1992)

Abstract

In order to evaluate the degree of air pollution, soils from 125 and 60 points of main streets of Seoul and Daejeon, respectively, were sampled and analyzed for the contents of lead, copper, iron and zinc by nitric acid (HNO_3) extraction followed by atomic absorption spectrophotometry during June and September, 1990.

The Pb contents of Seoul and Daejeon were $350.2 \mu\text{g/g}$ and $175.9 \mu\text{g/g}$, respectively, which were 14.5 times and 7.3 times respectively higher than the control (24.0). In Seoul, the commercial area gave the highest value followed by residential and industrial areas in the decreasing order, while the order in Daejeon was Industrial, commercial and residential areas.

The Cu contents in Seoul and Daejeon were very similar (236.6 and 234.6, respectively) each other, and about 11 times higher than the control (20.9). The concentration was highest in industrial, followed by commercial and the lowest in residential areas in Seoul, while the order in Daejeon was industrial, residential and commercial areas.

The Fe contents were 25716.5 in Seoul and 22838.6 in Daejeon, both being similar to the control value (21537.0). The value was highest in industrial and next in commercial areas and the lowest in residential area both in Seoul and Daejeon.

The Zn contents in Seoul and Daejeon were 728.2 and 404.0, respectively, which were 6.3 and 3.6 times higher than the control (113.3). The value was highest in commercial and next in industrial areas and the lowest in residential area in Seoul, while the order was industrial, residential and commercial areas in Daejeon.

The heavy metal content was higher in the soil of main streets than that of minor streets in Seoul.

The content of lead in Seoul was higher in main streets of Chongro-ku (525.9) and Chung-ku (684.8), the central area of the city which had a heavy traffic, than those in Nowon-ku (320.3) and Kwanak-ku (312.6) which had relatively less traffic crowd. The similar pattern was observed in the content of zinc; it was higher in Chongro-ku (1305.0) and Chung-ku (1335.4) than in Nowon-ku (489.1) and Kwanak-ku (569.8).

In Daejeon, the contents of lead and zinc were decreasing as the distance from Daejeon

Railroad Station increased : they were respectively 157.8 and 447.7 within 2km from the station, 157.6 and 235.7 with in 2-4km, and 63.5 and 156.2 within 4-6km and 58.7 and 142.2 within 6-8km.

In summary, the contents of lead, copper and zinc were generally higher in the central area of the city, areas of heavy traffic and areas of industry and commerce.

“본 논문은 1991년도 교육부 학술연구비에 의하여 연구되었음”

1. 서 론

현대에 이르러 급속한 산업화와 인구증가는 많은 오염 물질을 배출하여 자연 환경을 파괴시키고 그 영향은 직접 또는 간접으로 각 생물 및 생태계에 미치고 있다. 특히 도시내에는 자연 발생원에서 유래하는 오염물질과 각종 연료의 연소 및 공업활동 등 인위적 발생원에서 유래하는 많은 오염물질들이 다량 대기중으로 방출되고 있다. 이렇게 대기중으로 방출된 오염물질은 대기를 오염시키게 되고 이런 오염물질은 인체내에 감염을 일으켜 심각한 질환으로 발전될 수도 있다. 대기중 환경을 오염시키는 유해물질들에는 benzo(a)pyrene과 같은 방향족탄화수소, 유해금속 및 음이온 등이 있다(손동현, 이규식, 1986; 岩本眞二 등, 1985). 이 유해물질들은 주로 gasoline의 연소, coal tar 및 pitch, 공장의 폐가물, 석유 등의 연소 결과로 대기중으로 방출되어 부유분진중에 흡착, 혼재되어 있으며 이들 입자상 물질 중 입경 또는 밀도가 큰 것들은 자연침강에 의하여 토양을 오염시킨다(松下秀鶴, 1980). 오염된 토사는 바람에 의하여 다시 대기중으로 비산하여 인체에 해를 입힐 우려가 있으며 우수등에 의하여 하천이나 해양을 오염시키는 원인이 된다. 이러한 대기중의 중금속을 분석하려면 많은 기구와 시간 및 경비 등이 요구된다. 그러나 대기중으로 방출된 오염물질중 입자가 큰 것들은 지표로 자연낙하하여 토사를 오염시켜, 축적되고 오염된 토사는 바람 등에 의해 다시 대기중으로 비산되어 대기를 오염시키기도 하며 또 강우등에 의해 하천이나 해양을 오염시키는 원인이 되기도 한다. 따라서 토사내의 중금속량의 측정을 하므로써 간접적으로 대기의 오염정도를 알 수 있는 지표가 된다고 하겠다. 또 토양은 그 채집방법에 있어서 대기의 채집보다 용이하며 다량의 검체를 동시에 채집할 수 있는 장점이 있어 대기오염도의 간접평가방법으로 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 인구와 교통량이 많고 여러 형태의 생산활동이 많은 서울 및 대전시의 대기오염상황을 간접 평가하기 위하여 주요간선도로 및 골목길 주변에서 채취한 토사중의 중금속(Pb, Zn, Cu

및 Fe)을 분석하여 약간의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

2. 실험방법

2.1 시료의 채취 및 채취 시기

분석에 사용된 토사는 서울시내 125개 장소(1차: 1990년 6월 5일~8일, 2차: 7월 20일~21일)와 대전시내 60여개소(1990년 9월 15일~18일)의 주요간선도로 및 골목길과 주거, 상업, 공업지역 등에서 차도와 인도사이의 토사(먼지)를 채취 하였고, 채집시기는 비가 오지 않은 맑은 날을 택하였다. 또 1987년 대전이 직할시로 승격될 당시 시에 편입된 지역중 아직 농업 경작지상태에 머물러 있는 지역은 이번 조사연구에서 제외시켰다. 대조지구로서는 아직 오염도가 심각하지 않은 경기도 미금시를 채택하여 이페동의 비포장도로 및 야산등 10개소에서 채취하였다.

2.2 중금속 분석방법

검액의 조제

채취한 시료를 음건하고 0.2mm의 비금속체로 쳐서 큰 모래와 잡석을 제거한 다음 1g을 정확히 칭량하여 250ml의 tall beaker에 넣고 C-HNO₃(林純藥工製 特級) 20ml를 가하여 시계접시를 덮고 200℃의 저온의 sand bath상에서 가열하여 NO₂ gas가 나오지 않을 때까지 분해시킨 후에 다시 C-HNO₃ 5ml를 추가한 후, 다시 NO₂ gas가 발생하지 않을 때까지 가열 분해하였다. 그리고 주의하여 30% H₂O₂(林純藥工製 特級) 5ml를 조금씩 서서히 적가하였다.

다음 30-60분간 가열 후 냉각시켜 증류수를 사용하여 50ml volumetric flask에 옮기고 50ml로 하였다. 여과하여 여액 25ml를 beaker에 옮기고 sand bath상에서 증발건고 시켰다. 증발잔사에 0.5N-HNO₃ 10ml를 가한 후 증류수를 가하여 정확히 50ml로 하여 원자흡광용 검액으로 사용하였으며, Fe는 50배, Zn은 5배로 희석하여 농도를 측정하였다.

중금속의 측정

상기의 검액을 다음의 분석조건에 따라 atomic absorption spectrophotometer(HITACHI Z-6100)로 분석하였다.

Table 1. Analytical conditions of atomic absorption spectrophotometer.

heavy metal	Pb	Cu	Zn	Fe
wave length(nm)	283.3	324.8	213.8	248.3
lamp current(mA)	7.5	7.5	5.0	15.0
slit width(nm)	1.3	1.3	1.3	0.2
flame	Acetylene-Air			

회수율 시험

토사시료 1g(A)에 Pb 표준원액(mg/ml)을 300 μ l, 500 μ l, 700 μ l 를 가하여 시료(B-1, B-2, B-3)를 만들고 이것을 상기방법으로 분석하여 A, B양 시료의 함량 차로부터 구한 결과를 Table 2에 표시 하였다. 실험결과는 각각 3회씩 반복 측정하여 얻은 평균값이다.

납의 평균 회수율은 98.5%, CV 1.27% 이고, Cu 의 경우 평균 회수율 97.4%, CV 0.68%로 비교적 양호한 결과를 얻었다.

Table 2. Recovery of Pb from soil by present method(μ g/g).

	Sample Added (A)	Analysed (C)	B-A (B)	B-A (B)	B-A/C \times 100 (%)	Mean (%)	CV (%)
A	265	0	265				
B-1	265	300	565.3	300.3	100.3		
B-2	265	500	754.3	489.3	97.8	98.5	1.27
B-3	265	700	947.6	682.6	97.5		

* Note: CV: Coefficient of variation

3. 결과 및 고찰

서울시에서 채취한 토사를 주거지, 상업지, 공업지 등의 지역별로 분류하여 Pb, Cu, Zn, Fe의 농도를 분석한 결과를 Table3에, 대전시의 중금속 함량을 Table4에 나타내었다.

Table 3. Heavy metal concentrations(μ g/g) of side road soil in residential,commercial, and industrial areas in Seoul.

Heavy metal	Residential (N=56)	Commercial (N=59)	Industrial (N=10)	Total (N=125)	Control (N=10)	
Pb	Mean	332.3	382.9	258.1	350.2	24.0
	S.D.	232.5	238.0	123.5	231.3	6.5
Cu	Mean	170.9	273.5	386.9	236.6	20.9
	S.D.	98.2	219.2	220.3	187.8	8.1
Fe	Mean	24361.6	26275.4	3006.0	25716.5	21537.0
	S.D.	5983.2	5155.7	6888.5	5901.0	3981.6
Zn	Mean	597.2	844.8	773.8	728.2	113.3
	S.D.	298.3	412.7	322.2	377.9	17.7

* Note : N: Number of Samples; S.D.: Standard Deviation

Table 4. Heavy metal concentrations(μ g/g) of side road soil in residential, commercial, and industrial areas in Daejeon city.

Heavy metal	Residential (N=23)	Commercial (N=15)	Industrial (N=18)	Total (N=54)	Control (N=10)	
Pb	Mean	112.4	195.5	219.7	175.9	24.0
	S.D.	126.4	290.9	35.4	45.9	6.5
Cu	Mean	190.8	179.6	333.5	234.6	20.9
	S.D.	325.0	297.7	184.8	70.0	8.2
Fe	Mean	19170.6	23645.4	25700.0	22838.6	21537.0
	S.D.	4455.2	10214.7	2449.1	2725.9	3981.6
Zn	Mean	362.3	323.2	526.3	404.0	113.3
	S.D.	278.3	191.2	237.1	87.9	17.7

* Note : See legend of Table 3

Pb의 농도는 서울의 경우 상업지역(382.9 $\mu\text{g/g}$, 이하 단위생략)과 주거지역(332.3)은 큰 차이를 나타내지 않았으나, 공업지역(258.1)보다는 높았다. 그러나 대조지역(24.0)보다는 공업지역이 약 10.8배, 상업지역은 약 16배, 그리고 주거지역은 13.9배나 높았다. 한편, 서울시보다 교통량이 적고 각종 생산활동이 적은 대전시의 Pb의 농도는 주거, 상업, 공업지역이 각각 112.4, 195.5, 219.7로 서울시 보다는 훨씬 작게 나왔다. 서울시의 전체 125개소의 평균 납의 농도는 350.2이고, 대전시의 전체 54개소의 평균 납의 농도는 175.9로서 대조지구인 경기도 미금시 보다 서울시는 14.5배, 대전시는 7.3배나 높게 나타났으며, 서울은 대전보다 약 2배정도 높게 나타났다.

Pb의 발생원은 자동차 연료의 octane가를 올려 antiknocking을 목적으로 사용하는 tetramethyl lead 또는 tetraethyl lead가 엔진에서 연소할때 무기鉛이 되어 배기가스를 통해 대기중으로 방출되며 자연낙하하여 토양을 오염시키게 된다.

Pb는 인체에 침입할 시 위험한 중독증상을 일으키는 중금속의 하나로 인체내 중독증상에 대해서는 많은 연구 보고가 있다.(N.W.Tietz, 1986; A.J. Pesce and L.A. Kaplan, 1987; 손동현등, 1991) 납 중독은 납의 분진이나 납의 증기가 폐포에서 흡수되어 일어나기도 하고 경구로 오염되기도 한다. 이때 폐에서 흡수된 납은 그 독성이 빠르고 위독한 장애를 일으키게 된다. 납중독 급성기에는 납의 성분이 간장, 신장, 십이지장등의 장기에서 검출되며 만성일때는 난용성 인산염($\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$)의 형태로 뼈에 침착된다.(이명화와 구성희, 1979) 김두희등(1989)은 혈중 농도가 90-100 $\mu\text{g/dl}$ 이 되면 운동장애, 구토, 혼미, 과도한 흥분, 간헐적인 경기등을 일으키며 100 $\mu\text{g/dl}$ 이상이 되면 혼수상태에 빠져 사망에 이른다고 한다. 또 납은 조혈기관에서 heme의 합성을 방해하여 빈혈을 일으키기도 하며 연뇌증을 유발시키는 원인이 되기도 한다. 특히 뇌발육이 활발한 5세미만의 유아기 아동들이 다량의 납을 섭취했을 경우 뇌의 영구적 손상이나 뇌기능 저하로 정신지체가 되기도 하는데 주로 소뇌의 synapse의 발육장애와 관련이 있다고 한다. Millar 등은(1970) 젓먹이 쥐에 납을 섭취시켰을때 혈중 납이 증가하고 혈액과 뇌조직내에 δ -Aminolevulinic acid의 수준이 유의하게 감소됨으로 뇌에서 생화학적 이상을 초래하여 정신지체의 원인이 될 수 있을 것이라고 시사 했다.

서철수등(1982)은 토양중의 중금속 자연 함유량 조사에서 수질오염원이 거의 없는 담토양의 Pb의

농도가 40.405 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고하였으며, M.K.John(1971), D.H.Klein(1972)과 R.L.Zimdahland(1977)등의 보고에 의하면 약 9-15 $\mu\text{g/g}$ 정도라고 알려져 있으나 표층토와 하층토의 차이, 층의 차이, 기타 분석방법의 차이 등에 의하여 토양중 Pb의 자연 함유량에 관한 보고는 다양하다.

한편, S.Moorcroft등(1980)의 조사에 의하면 영국의 지방도시인 North Petherton에서 채취한 토사의 Pb농도는 370 $\mu\text{g/g}$ 으로 서울시 토사중의 농도와 비슷하며, Hamilton과 Revitt(1984)은 간선도로, 주변도로와 주택가를 비교하여 3276 $\mu\text{g/g}$, 3268 $\mu\text{g/g}$, 1116 $\mu\text{g/g}$ 이라고 보고했으며 Harisson(1979)은 영국 Lancaster 지역의 분석결과 주차장, 도심, 주택가 및 전원지역에서 각각 4286 $\mu\text{g/g}$, 1450 $\mu\text{g/g}$, 406 $\mu\text{g/g}$, 260 $\mu\text{g/g}$ 으로 발표하였다. M.J.K. Schwar등(1988)은 London 중심지의 road dust에서 1000 $\mu\text{g/g}$ 이상이라고 보고하였다. M.J.Duggan과 S.Williams (1977)의 보고에서 London 중심가의 주요간선도로에서는 1840 $\mu\text{g/g}$ 이며, Jedaah(M.M.Nasrulla, 1984)에서는 925 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고되었으며 Hunt(1971)등의 보고에 의하면 77개 주요도시의 Pb농도는 1500-2400 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타나 있다.

일반적으로 Pb는 gasoline의 antiknocking agent로 첨가되는(廣野富雄, 1977) tetraethyl lead가 고온, 고압의 조건하에서 연소되어 대기중에 방출되는데 이는 airborne lead 상태로써보다 Pb에 오염된 토사와 먼지의 섭취가 인체에 더 유해한 것으로 주목을 받고 있다.(D.Bartrop and C.D. Strehlow, 1975)

한편 Cu는 서울의 공업지역(386.9), 상업지역(273.54), 주거지역(170.9)의 순으로 낮은 농도를 나타내고, 대전에서도 역시 공업지역(333.5)이 가장 높았고, 상업(179.6)과 주거지역(190.8)은 거의 비슷한 농도를 나타내고 있으므로 보아 Cu는 금속공업 등이 위치해 있는 공업지역에 방출량이 많은 금속이라 보여진다.

Pb와 마찬가지로 대조지구의 Cu농도(20.9)보다는 서울시 토사중의 Cu농도(236.6)가 약 11.3배 높았으며, 대전(234.6)은 11.2배 높았다. 서울과 대전의 Cu농도는 거의 동일하게 나타났다. 1988년도 서울시 도로변 토사중의 Cu는 199.30 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고된 바 있으며,(손동현과 이백순, 1988) 우리나라 미오염토양의 구리의 자연 함유량을 서윤수등(1982)은 1982년의 평균이 15.71 $\mu\text{g/g}$ 이고 일본의 경우 평균 33.84 $\mu\text{g/g}$ 라고 보고 한 바 있다. Harrison(1979)은 주차장과 도심, 주택가, 전원지역을 비교하여 각각 151, 76, 151, 12 $\mu\text{g/g}$ 이라는 결과를 보이고 있다. 1987년 이완재(1987) 대전 인티체인지

부근의 토사에서 수집 분석한 토양중 구리의 함유량을 117.8 $\mu\text{g/g}$ 이라고 보고하였으며 이민희(1979) 등은 서울시 일원의 공업지역 부근의 농경지에서 평균 328.1 $\mu\text{g/g}$ 이라는 결과를 나타냈었다.

구리는 철강공업등이 위치해 있는 공업지역에서 방출량이 큰 금속으로 도심 공업지역의 경우 서울과 대전의 경우 각각 386.9, 333.5으로 대조지역에 비해 무려 15~18배나 높은 수치를 나타냈다. 우리나라 환경청에서 규정한 농수산물 재배를 제한 할 수 있는 토양중 구리함량의 오염기준은 125 $\mu\text{g/g}$ 이다(환경청,1980).

Fe는 서울에서는 공업지역(30006), 상업지역(26275.4), 주거지역(24361.6)의 순으로 나타났으며, 대전에서도 역시 공업(25700.0), 상업(23645.4), 주거지역(19170.6)의 순으로 나타났다. 대조지구(21537.0)보다 서울은 약 1.2배 정도 높았으나 대전은 거의 같았으며, 지역별로 큰 차이가 나타나지 않았다. 본 실험에서 나타난 대전시 철 함유량의 평균은 22838.6 $\mu\text{g/g}$ 으로 손동헌과 이택순(1988)이 보고한 1988년의 서울시 철 함유량인 21315.0 $\mu\text{g/g}$ 과 비슷하게 나타났다. Fe는 자연 발생원에 의한 것과 금속정련, 철강산업 등의 인위적 발생원에 의한 것이 있는데 지역별로 대조지구와의 농도차가 적은 것을 볼때 주로 토양입자 등과 같은 자연 발생원의 영향이 큰 것으로 추정할 수 있다.

Zn은 서울의 경우에는 상업지역(844.8), 공업지역(773.8), 주거지역(597.2) 순으로 높은 농도를 나타내었으나, 대전의 경우는 공업지역(520.3), 주거지역(362.3), 상업지역(323.2) 순이었으며, 서울시(728.2)는 대조지구(113.3)보다 약 6.4배 정도, 대전시(404.0)는 약 3.6배 정도 높았으며, 서울시 대전보다 약 1.8배 높은 것으로 나타났다. 도시 대기중 Zn의 주요 발생원은 자동차 타이어가 마모되어 발생한 tire tread particle과 도로표시판에 사용하는 페인트에 함유되어있는 ZnO로 알려져 있다(손동헌, 1988). 따라서 Zn의 양은 자동차와 깊은 연관이 있는 것으로 여러차례 보고 된 바 있다(R.S. Hamilton and D.H.Revitt, 1984; B.E.Davies, 1985). Tire tread compound에는 가류촉진조제로서 ZnO가 2wt% 들어 있다고 알려져 있다(豊澤眞一, 1978). 이 외에도 도금, 금속정련, 소각장 등에서 환경중으로 배출된다고 보고되었다.

1987년 이완재(1987)의 보고에 의하면 대전 인터체인지 부근의 Zn의 함유량은 187.6 $\mu\text{g/g}$ 으로 나타났고 손동헌과 이택순(1988)은 1988년의 서울시 Zn의 평균 함유량을 459.6 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고 하고 있다.

Wells(1981)의 보고에 의하면 영국의 North

petherton의 soil과 road dust에서 분석한 Zn의 양은 217 $\mu\text{g/g}$, 268 $\mu\text{g/g}$ 으로 각각 나타나 있다. 또 Davies(1985)는 영국의 England와 Wales지방에서 채취한 87개의 공원지역 검체를 분석하여 얻은 결과 평균 118 $\mu\text{g/g}$ 이라고 했다.

1984년 Hamilton(1984)은 중금속의 함량을 월별, 도로별, 도로면, 교통량으로 구분하여 분석하여 본 결과 Zn이 교통량에 따라 크게 증가 하고 있음을 시사했다. 또 Harrison(1979)도 주차장, 도심, 주택가, 농촌을 조사한 결과 각각 1460 $\mu\text{g/g}$, 388 $\mu\text{g/g}$, 865 $\mu\text{g/g}$, 247 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고 하고 있다. 우리나라 비오염 토양의 Zn의 평균 함유량은 40.41 $\mu\text{g/g}$ 으로 보고 되어있다.(서운수 등, 1987)

각 중금속의 발생원을 보다 정확히 파악해보기 위하여 서울시의 경우를 중심으로 채취점을 간선도로와 골목길로, 행정구별로 구분하여 중금속의 농도를 측정 한 결과는 Table 5와 Table 6과 같다.

Pb의 농도는 주요간선도로가 403.5, 골목길이 270.4로 나타났으며, 대조지구(24.0)보다 주요간선도로는 약 16.8배, 골목길은 약 11.3배 높았다.

J.P.Day 등은 시기적으로 다르지만 1974년 영국 Manchester의 주요간선도로의 Pb농도가 1001 $\mu\text{g/g}$, 골목길이 888 $\mu\text{g/g}$ 이라고 보고한 바 있다. Cu는 주

Table 5. Heavy metals concentrations($\mu\text{g/g}$) in soils obtained from principal road and side road.

Heavy Metal		Principal Road	Side Road
		N=75	N=50
Pb	Max	1197.1	774.6
	Min	42.2	31.5
	Mean	403.5	270.4
	S.D.	246.7	178.6
Cu	Max	1237.2	714.1
	Min	24.4	34.4
	Mean	251.0	215.1
	S.D.	204.9	156.3
Fe	Max	46850	41220
	Min	13250	14670
	Mean	26198.5	24993.4
	S.D.	5560.4	6309.2
Zn	Max	1931.2	1782.3
	Min	128.8	177.5
	Mean	796.5	625.7
	S.D.	398.7	318.1

* Note : N: Number of Samples; S.D: Standard Deviation

Table 6. Heavy metals concentration($\mu\text{g/g}$) in soils obtained from each governed areas.

Area	N	Pb	Cu	Fe	Zn
Chongro-ku	8	525.9 \pm 290.8	367.1 \pm 210.1	25756.3 \pm 8685.9	1305.0 \pm 401.1
Yongsan-ku	7	333.6 \pm 163.7	198.1 \pm 69.2	24952.9 \pm 4232.6	646.4 \pm 210.7
Chung-ku	5	684.8 \pm 182.2	734.3 \pm 281.2	27264 \pm 2876.4	1335.4 \pm 205.3
Seodaemun-ku	6	465.5 \pm 277.1	182.6 \pm 56.7	22798.3 \pm 2973.3	790.7 \pm 367.2
Dongdaemun-ku	7	220.5 \pm 111.9	176.2 \pm 76.1	22397.1 \pm 4342.9	619.9 \pm 288.0
Songpa-ku	12	227.6 \pm 113.7	122.2 \pm 53.5	25777.5 \pm 4842.6	474.1 \pm 223.3
Dobong-ku	6	446.1 \pm 176.9	198.6 \pm 74.4	22410 \pm 5606.9	747.7 \pm 215.0
Nowon-ku	5	320.3 \pm 114.6	157.2 \pm 63.8	17616 \pm 2326.9	489.1 \pm 50.7
Kangnam-ku	9	464.4 \pm 170.8	190.8 \pm 60.9	26225.6 \pm 3521.3	718.2 \pm 234.9
Seongbuk-ku	5	454.6 \pm 82.9	281.8 \pm 98.5	24150 \pm 3644.1	982.2 \pm 328.6
Sucho-ku	9	307.1 \pm 304.3	100.8 \pm 60.1	25344.4 \pm 5102.3	461.1 \pm 283.2
Dongjak-ku	3	387.4 \pm 286.0	261.9 \pm 241.8	24416.7 \pm 7534.6	965.7 \pm 610.5
Kwanak-ku	9	312.6 \pm 263.5	173.0 \pm 92.4	27376.7 \pm 4987.3	569.9 \pm 124.6
Seongdong-ku	6	242.9 \pm 204.1	165.4 \pm 165.8	28343.3 \pm 4202.3	542.0 \pm 370.8
Guro-ku	8	277.6 \pm 98.9	422.4 \pm 136.9	29828.8 \pm 6980.6	912.5 \pm 242.2
Eunpyung-ku	3	473.2 \pm 266.6	237.4 \pm 98.6	27096.7 \pm 2176.4	718.3 \pm 169.9
Chunglang-ku	6	167.9 \pm 78.9	144.1 \pm 96.2	28895 \pm 9553.1	470.5 \pm 208.3
Mapo-ku	9	280.1 \pm 155.0	321.5 \pm 219.0	27633.3 \pm 4275.8	725.7 \pm 232.8
Yeongdeungpo-ku	2	324.3 \pm 126.4	295.7 \pm 119.4	27755 \pm 1325.0	1033.1 \pm 488.6
Mean		364.0	233.5	24120.1	709.2
S.D.		124.4	150.8	6319.5	301.0

* Note : See legend of Table 5

요간선도로(251.0)가 골목길(215.1)보다 약간 높게 나타났으며, 대조지구(20.9)보다 약 12배 높았다.

Fe는 서울시 주요간선도로(26198.5), 골목길(24993.4), 대조지역(21537), 대전시(22838)등으로 거의 비슷하게 나타났으며, 이것은 Fe가 인위적 발생원보다는 자연발생원의 영향을 크게 받는 것으로 생각되어 진다.

Zn은 서울시의 주요간선도로(796.5), 골목길(625.7)이 대조지구(113.3)에 비하여 각각 약 7배, 약 5.5배 높았다.

손동헌과 이택순(1988)은 자동차 교통에 주로 영향을 받는 서울시 tunnel에서의 Zn농도가 서울시 도로변 토사층의 농도보다 높게 나왔다고 보고한 바 있듯이 Zn은 타이어의 마모에 영향을 받는 것 같다.

Table 6은 시료의 채취점을 각 구별로 분류하여 나타낸 표이다. Pb는 교통량이 많고 도심에 위치한 종로구(525.89), 중구(684.8)가 주거지역이 많은 관악구(312.6), 노원구(320.3)에 비하여 높게 나타났다.

Zn역시 종로구(1305.0), 중구(1335.4)등 시내중심에 비해서 교통량이 적은 관악구(5698.9), 노원구(489.1)가 낮은 농도를 나타내었다.

이것은 Pb와 Zn이 인위적 이동배출원인 자동차

에서 기인한다는 것을 시사해 주고 있다.

Cu의 농도는 중구(734.3)가 가장 높게 나왔다. 이것은 시료 채취점이 을지로, 청계천의 기계류, 오토바이 상점이 많은 주요간선도로인 것에 영향을 받은 것 같다. 공업지역인 구로구(422.4)는 두번째로 높게 나타났는데, 이는 구로구의 시료채취점이 주로 교통량이 적은 골목길인 것을 생각할 때 Cu의 농도는 교통량보다는 여러 종류의 금속공업의 영향을 받는 것 같다.

Fe는 구로구(29828.8)가 가장 높게 나타나고 있지만, 대조지구(21537)도 비슷한 농도를 보여주고 있으며 서울시 지역별로도 큰 차이가 없다. Fe가 인위적 발생원으로 철강산업, 금속정련 등에서 유래하지만 주로 자연발생원에 기인되고 있다는 것을 뒷받침해준다.

Table 7은 대전시에서의 측정결과를 대전역을 중심으로 반경 2Km씩 나눠 구간별로 정리 한것이다. 대전역을 중심으로 하여 약 2km간격으로 나누어 분석해 본 결과 오염도의 차이는 산업지역, 상업지역, 주거지역의 구분했을 때보다, 대전역을 중심으로 하여 오염도가 높아지고 있음을 명확히 알수 있다. 특히 인위발생 물질로 차량에 영향을 많이 받는 Pb와 Zn의 경우 도심에서 외곽으로 나갈수록 현격한 차이를 나타내고 있다.

Table 7. Concentrations of heavy metals in soil by distance from Daejeon station.

(unit : $\mu\text{g/g}$)

Elements Sampling point	Cu	Pb	Zn	Fe	
0/2km	Mean	287.3	157.8	447.2	23400
	SD	348.4	118.1	276.9	6700
2/4km	Mean	60.7	157.6	235.7	20200
	SD	28.9	295.7	111.3	3100
4/6km	Mean	67.3	63.5	156.2	15700
	SD	31.3	32.7	44.2	3400
6/8km	Mean	41.1	58.7	141.5	13800
	SD	34.0	36.8	47.1	3600

4. 결 론

서울 및 대전시의 대기오염상황을 간접 평가하기 위하여 1990년 6월부터 7월 사이에 서울시내 도로 125개소와 9월에 대전시내 60여개소의 토사 시료를 채취하여 HNO₃ 용출법으로 토양내의 중금속을 추출한 후 atomic absorption spectrophotometer로 Pb, Cu, Fe, Zn의 토사중 함량을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 서울 및 대전의 토사중 Pb농도는 각각 350.2 $\mu\text{g/g}$ (이하 단위생략)과 175.9이다.대조지구(24.0) 보다는 각각 14.5배, 7.3배의 높은 농도를 보였다. 서울에서는 상업, 주거, 공업지역의 순으로 높은 농도를 나타냈고, 대전에서는 공업, 상업, 주거지역의 순이었다.

2) Cu의 경우에는 서울(236.6)과 대전(234.6)의 농도에 큰 차이가 없었으며, 대조지구(20.9)보다는 각각 11.3배, 11.2배 높았다. 지역별로는 서울에서는 공업, 상업, 주거지역의 순으로, 또 대전에서는 공업, 주거, 상업지역의 순이었다.

3) Fe의 농도는 서울 및 대전이 각각 25716.5 및 22838.6이었으며, 대조지구 (21537.0)와 거의 비슷했다. 지역별로는 서울은 공업, 상업, 주거지역 순 이었고, 대전의 경우도 역시 공업, 상업, 주거지역 순 이었다.

4) Zn의 농도는 서울 및 대전 각각 728.2, 404.0의 농도를 나타냈으며, 대조지구(113.3)보다 서울은 6.3배, 대전은 3.6배 정도 높았다. 서울에서는 상업, 공업, 주거지역 순으로 높은 함량을 나타냈고, 대전에서는 공업, 주거, 상업지역의 순이었다.

5) 서울시를 중심으로 주요 간선도로와 골목길로 분류한 토사중 중금속 함량은 주요간선도로가 골목길보다 높았다.

6) 서울시내의 채취점을 행정구별로 분류하면 시

내중심에 위치한 종로구, 중구의 간선도로에서의 토사중 Pb의 함량이 종로구는 525.9이고 중구는 684.8이다. 이것은 주로 교통량이 적은 노원구(320.3), 관악구(312.6)에 비해 높은 함량을 나타냈다. Zn의 함량도 시내중심부의 종로구는 1305.0, 중구는 1335.4이고 노원구는 489.1, 관악구 569.8로 Pb의 경우와 비슷한 양상을 보여준다.

7) 대전시의 토사를 대전역을 중심으로 반경 2km 씩으로 나누어 구분한 경우, 반경 2Km내의 Pb와 Zn의 농도는 각각 157.8,447.2, 4km는 157.6, 235.7, 6km는 63.5, 156.2, 8km는 58.7,142.2 $\mu\text{g/g}$ 으로 대전역을 중심으로 외곽지대로 갈수록 Pb와 Zn의 농도는 감소하는 추세였다.

8) 도시환경을 오염시키는 유해중금속들중 인위적 발생원에 영향을 받는 Pb, Cu, Zn의 농도를 보면, 도로별로는 교통량이 많은 주요간선도로와 지역별로는 생활활동이 많은 도심지역, 공업지역, 상업지역에서 높게 나왔다.

참 고 문 헌

김두희, 김옥배, 장봉기 (1989) 정신지체아 두발중 중금속 함량 I, 예방의학학회지 22, 93-98.
 김두희, 장봉기(1986) 두발중 납 카드뮴 아연 함량과 지능지수. 대한의학협회지. 29(1) 78-83 (1986).
 서운수, 문화회, 김인기 등(1982) 토양중 중금속 자연함유량에 관한 조사. Report of NEPI Korea, 4, 189-198.
 서철수 등(1982) 토사중의 중금속 자연함유량에 관한 조사. 국립환경연구소보. 4, 189-198.
 손동헌, 이규식(1986), 부유분진중 다환방향족탄화수소에 관한 연구. 약학회지, 30(6), 323-328.
 손동헌, 이택순(1988) 서울시 토사중의 중금속 함량에 관한 연구. 약학논총. 2, 21-31.
 손동헌(1988) 환경관리론, 중앙대학교, 서울.
 손동헌, 윤혜성(1991) 정신지체아 모발중 중금속함량에 관한 연구. 약학논총. 5, 39-46.
 이명화, 구성희(1979) 공중보건학, 고문사, 서울, pp.278-280.
 이민희, 김민영, 박상현(1979) 서울시 일원의 경작지 오염도 조사. 서울보연보, 15.
 이완재(1987) 일부지역의 토양및 파의 중금속 오염도 측정. 서울대학교 보건대학원 석사학위논문.
 환경청 : 환경보전법 시행령 (1980).

- 廣野富雄(1977) 自動車専用トンネル, 交差点および走行 自動車内空気中のベンゾ(a)ピレンおよび 重金属について. 大氣汚染研究,12(4), 209-215.
- 松下秀鶴, 嵐谷泰一(1975) コールタル及びピッチ中の簡易迅速分析法, 分析化學,25(2), 76-80.
- 松下秀鶴(1980) 環境汚染物質と毒性. 有機物質編化學の領域,129,115-134.
- 岩本眞二, 宇都宮 彬, 石橋龍吾, 武藤博昭(1985) 浮遊粉じん中多量成分による發生源寄與の推定と評價. 大氣汚染學會誌 20(4),286-300.
- 日本化學會編 化學便覽 應用編丸善,(1973).
- 豊澤眞一(1978) 都市大氣におけるゴム粉じんの 舉動. 大氣汚染學會誌,13(合併號), 101-105.
- A. J. Pesce and L. A. Kaplan(1987) Method in Clinical Chemistry. The CV Mosby Co. pp. 394-404, pp. 527-537, pp. 596-601.
- B. E. Davies(1985) The relationships between heavy metals in garden soils and house dust in a old land mining area of North Wales Great Britain. *Environmental Pollution(series B)* 9, pp. 255-266.
- B. E. Davies (1978) Plant-available lead and other metals in British garden soils. *The Science of the Total Environment* 9, 243-262.
- D. Barltrop, C. D. Strehlow(1975) Absorption of lead dust and soil. *Ost.Medi. Jour.*, 15, 801-804.
- D. H. Kein(1972) Mercury and other metals in soil. *Environ. Sci. Technol.*, 6(6), 560-562.
- D. H. Zmdahl and R. K. Skogerboe(1977) Behavior of lead in soil. *Eviron.Sci. Technol.*, 11(3), 1202-1206.
- J. A. Millar(1970): Battistinte cummung RLC *Lancet* 2, 695-698.
- J. Wells, CD strehlow and D. Barltrop(1981) Composition of dusts and soils in an apparently uncontaminated rural village in southwest England
- M. J. Duggan and S.Williams(1977) Lead-in-dust in city streets. *Sci. Total Environ.*, 7, 91-97.
- M. J. R.Schwar, J. S. Moorcroft et al (1988) Baseline metal-in-dust concentrations in greater London. *Sci. Total Environ.*,68,25-43.
- M. M. Nasrulla(1984) Lead in Jeddah urban dust. *Environ. pollut(series 13)*, 8, 133-141.
- N. W. Tietz(1986) Textbook of Clinical Chemistry. Saunders Co.WB 974-985, 1712-1716.
- R. M. Harrison(1979) Toxic metals in street and household dusts. *The Science of the Total Environment* 11, 89-97.
- R. S. Hamilton and D. H. Revitt(1984) Levels and physio-chemical associations of Cd,Cu,Pb and Zn in road sediments. *The Science of the Total Environment* 33, 59-74.
- S. Moorcroft, J. watt and I. Thornton(1980) Composition of dusts and soils in an Apparently Uncontaminated Rural village in Southwest England-implication to Human Health. report at the Annual, config.