서울特別市 保健環境硏究院報 第31卷 (1995)
Report of S.I.H.E., 31:309~316 (1995)

서울시 土壤試料의 粒度별 重金屬分布에 關한 硏究
- Cd, Cu, Pb를 中心으로 -

毒性調査科

許 恒 祿 · 張 桂 榮 · 金 廣 來
魚 秀 美 · 孫 秉 穆 · 金 周 亨

Studies on Heavy Metal Distribution in 3 kinds of Particle Sizes of Soil in Seoul Area

Environmental Toxicity Division

Hang Rok Heo, Kay Young Jang, Kwang Rae Kim
Soo Mi Eo, Pyung Mok Son and Joo Hyung Kim

= Abstract =

This study was carred out to investigate the distribution of heavy metals in 3 kinds of particle size of soil collected at the 35 sampling sites of the Seoul area in 1995.

1. From the average content of Cd in Seoul area, the highest value was 0.456±0.317 mg/kg in silt & clay (62 ㎛) in industrial area, the lowest value was 0.027±0.018 mg/kg in very coarse, medium sand (2000~249 ㎛) in Greenbelt area and 0.091~0.358 mg/kg in five other areas.
2. From the average content of Cu in Seoul area, the highest value was 38.178±18.017 mg/kg in silt & clay (62 ㎛) in industrial area, the lowest value was 3.790±3.155 mg/kg in very coarse, medium sand (2000~249 ㎛) in Residential area and 5.892~24.770 mg/kg in five other areas.
3. From the average content of Pb in Seoul area, the highest value was 27.337±16.641 mg/kg in silt & clay (62 ㎛) in The center of Seoul area, the lowest value was 5.881±1.887 mg/kg in very coarse, medium sand (2000~249 ㎛) in Residential area and 0.091~0.358 mg/kg in five other areas.
4. The differences of Cd, Cu concentration in different particle size showed highly significant ($p<0.01$), and pb didn't. The differences of 3 kinds of heavy metals in different area showed highly significant ($p<0.001$).

   Cd, Cu showed high in industrial area and Pb showed high in center of Seoul.

서 론

환경오염의 문제는 대기부분을 필두로 수질부분이 대두 되어 왔다.

그 이유는 인간이 잘 느끼기 때문이다. 하지만 토양도 공기, 물과 함께 사람은 물론 동물, 식물 및 토양유기체의 생활기반이라는 절대적인 기능이 있으며 환경의 중요 핵심이라 하겠다.

우리 서울에는 1,100만 시민이 605 km^2의 면적[1]에서 복잡다단한 생활수단 등으로 거대도시를 형성하고 있다. 이러한 토양이 최근에 들어 각종 산업시설의 발달과 생활환경 등으로 부터 여러종의 중금속, 유·무기화합물 등이 토양에 침투되어 토양 생태계의 균형파괴는 물론 오염물질의 집적을 가속화하는 요인으로 대두되고 있다.

오염물질이 대기와 수질에서의 경우는 자연현상에서도 희석, 확산되어 스스로 정화, 제거되는 자정작용을 기대할 수 있으나 토양오염에 있어서는 자연적인 치유나 정화 등은 거의 불가능하며 그 오염상태가 지속적으로 우리의 생활에 악영향을 끼치게 되며 또 토양이 일단 오염되어 그 기능이 상실되면 되돌릴 수 없거나 그 상실 정도에 따라 어느 정도 정상회복이 가능하더라도 너무 많은 시간이 소요된다는 것이 특징이라 하겠다.

토양오염의 원인물질로는 중금속, 유기물, 무기염류 등이 있으며 중금속은 토양에 장기간 잔류하여 농작물 등을 오염시켜 그것을 식료로하는 인간과 가축의 체내에 잔류, 축적되기 때문에 주된 오염물질이라 할 수 있다.

이상과 같은 중요성에 따라 토양환경 보전법[2]제정과 그 시행령 및 시행규칙이 공포 시행되어 토양전반에 대한 관리가 진행되기에 이르렀다. 따라서 중금속의 정확한 분포현황과 분석방법이 요구되고 있는 바 본 연구에서는 서울지역 토양 중에서 Cd, Cu, Pb 등의 중금속별, 지역별, 입경별 분포상황을 파악하고자 한다.

조 사 방 법

1. 시료채취

1995. 5, 6월중에 시료채취지점을 선정, 시료를 채취하였으며, 채취방법은 수질오염공정시험법[3]에 따랐으며 그림 1 및 표 1에서 처럼 농경지역, 녹지지역, 공업지역, 매립지역, 주거지역, 도심지역, 고수부지 등 7개 지역에서 각각 5개 지점을 선정 총 35지점의 시료를 채취하였다.

2. 시료의 전처리

상온에서 건조하여 한 지점의 토양을 10 (2000~249

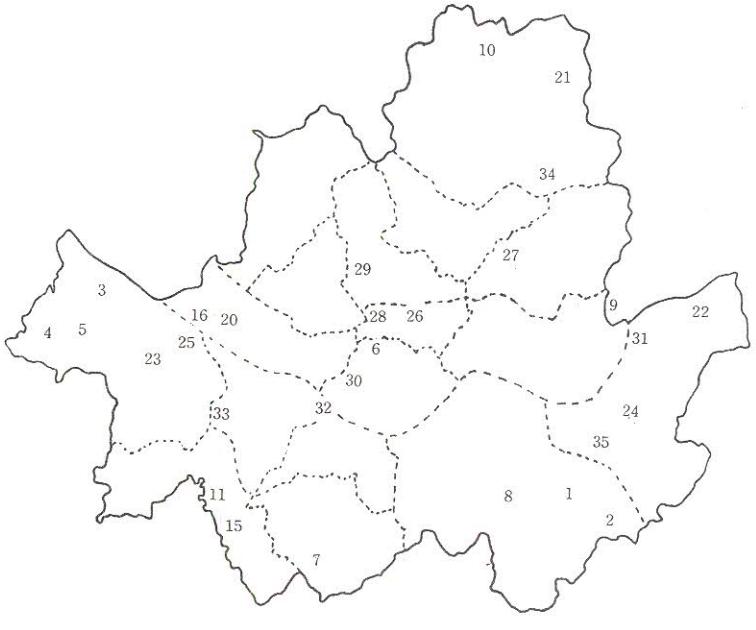

Fig. 1. Sampling site of soil in Seoul area.

Table 1. Sampling of soil in Seoul.

Area type	NO.	locate	Areatype	NO.	locate
Farming	1	Chagok-dong	Residential	21	Chunggye 2-dong
	2	Yullhyon-dong		22	Kodok-dong
	3	Magok-dong		23	Hwagok-dong
	4	Kwahae-dong1		24	Olympic park
	5	Kwahae-dong2		25	Mok-dong
Greenbelt	6	Nam Mt.	The center of Seoul	26	Piwon
	7	Kwanak Mt.		27	Hongnung
	8	Kuryong Mt.		28	Toksugung
	9	Acha Mt.		29	Sajik park
	10	Tobong Mt.		10	Hyochang park
Industrial	11	Kuro industrial complex	Streams	31	Kwangnaru resort
	12	Jindo group		32	Yoido
	13	The export indu. comp.		33	Anyangchon
	14	Lotte electronic		34	Chungrangchon
	15	Ssani electronic		35	Tanchon
Reclamated waste	16	Nangido (east)			
	17	Nangido (east)			
	18	Nangido (east)			
	19	Nangido (east)			
	20	Nangido (east)			

μm), 60 (250~63 μm), 230 (≤62 μm) mesh로 구분하여 총 105개 시료로 하였다.

3. 시료의 분석

시료의 분석은 위생시험법 주해 등[4-7]에 의하여 그림 2에서 처럼 시료 약 10 g을 정확히 취하여 250 ml 삼각 플라스크에 넣고 0.1 N 염산용액 100 ml를 가하여 1시간 진탕 후 거름종이 5종 B로 여과하여 원자흡광분석법 (Varian spectra AA-800)으로 Cd, Cu, Pb 등 3個項目과 공시험을 하여 선택 정량 분석하였다.

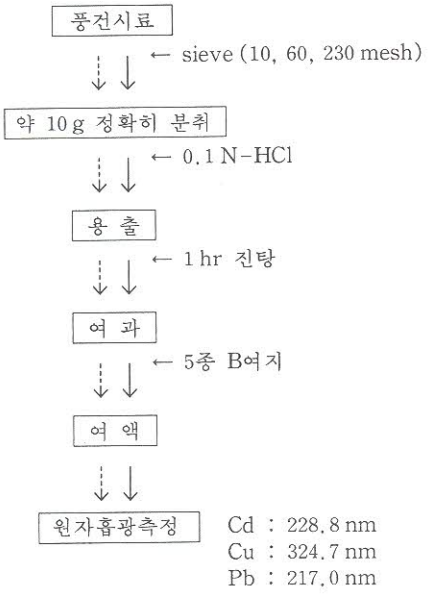

Fig. 2. Detection process of Cd, Cu, Pb concentration by A.A.S.

결과 및 고찰

서울시 일원을 농경지역 등 7지역으로 구분하여 35개 지점의 토양시료를 채취하여 10 (2000~249 μm), 60 (250~61 μm), 230 (≤62 μm) mesh에 각각 통과한 시료 총 105개 시료에 대하여 중금속 Cd, Cu, Pb를 정량분석한 결과는 표 2, 3, 4와 같다.

Cd : Cd의 발생원은 주로 금속, 전기도금, 도자기, 사진재료 등이며 이들 폐수에 함유되어 토양을 오염시킨다고 추정할 수 있으며 1945년 일본의 최대 아연 생산광인 "가미오까"광산의 폐광더미에서 용출된 카드뮴을 비롯한 각종중금속이 "진끼쯔"천을 오염시키고 다시 하류의 토양과 논을 오염시켜 이논에서 경작된 농작물을 장기간 섭취하여 발생한 itai itai 병의 주역인 카드뮴은 칼슘대사 장애를 일으켜 골절, 요통, 관절통 등을 일으키기도 하지만 최근에 신장암[8]을 일으킬 가능성이 있음이 밝혀졌다.

서울지역 35개 지점의 토양시료 중 Cd 함량은 표 2와

같으며 공업지역의 230 (≤62 μm) mesh 시료의 평균이 0.436±0.317 mg/kg로 다른 6개 지역에 비해 높았으며 가장 높은 지점도 공업지역인 구로공단 운동장으로 230 (≤62 μm) mesh의 경우 0.940 mg/kg이였다. 한편 가장 낮은 지역은 녹지지역으로 10 (2000~249 μm) mesh 시료의 평균이 0.027±0.018 mg/kg이었으며, 역시 녹지지역인 아차산의 10 (2000~249 μm) mesh 시료가 0.012 mg/kg으로 전체 35지점 중 가장 낮은 수치를 보였다. 그 밖의 지역은 농업지역, 주거지역, 도심지역, 고수부지, 매립지역의 순으로 차츰 높아지는 경향을 보였으며 공업지역에 이어 매립지역도 비교적 높았으며 230 (≤62 μm) mesh의 경우 도심지역도 공업지역다음으로 높은수치를 나타냈다.

표 2의 Cd 농도는 농작물 생육에 영향을 주는 25 mg/kg에 비하면 아주 낮은 농도이며 일본농림성[9]의 오염지역의 조사에서 평균 1.01 mg/kg은 본 조사에서 높은 지역인 공업지역과 매립지역보다 훨씬 높은 농도이므로 현재까지는 우려하는 만큼 오염이 심각한 수준은 아닌 것으

Table 2. Cd concentration in soil by area, site, particle size. (unit : mg/kg)

Area type	Site	Mesh		
		10	60	230
Farming	Chagok-dong	0.072	0.105	0.175
	Yullhyon-dong	0.091	0.130	0.185
	Magok-dong	0.070	0.090	0.110
	Kwahae-dong[1]	0.080	0.160	0.170
	Kwahae-dong[2]	0.140	0.200	0.250
	Mean±SD	0.091±0.029	0.137±0.044	0.178±0.050
Greenbelt	Nam Mt.	0.040	0.060	0.100
	Kwanak Mt.	0.010	0.030	0.040
	Kuryong Mt.	0.052	0.061	0.093
	Acha Mt.	0.012	0.015	0.027
	Tobong Mt.	0.020	0.060	0.110
	Mean±SD	0.027±0.018	0.045±0.021	0.074±0.038
industrial	Kuro industrial complex	0.380	0.711	0.940
	Jindo gorup	0.302	0.451	0.553
	The export indu. comp.	0.071	0.133	0.165
	Lotte electronic	0.153	0.251	0.265
	Ssani electronic	0.141	0.203	0.256
	Mean±SD	0.209±0.127	0.350±0.234	0.436±0.317
Reclamated waste	Nanjido (east)	0.205	0.280	0.420
	Nanjido (west)	0.120	0.130	0.160
	Nanjido (south)	0.240	0.285	0.360
	Nanjido (north)	0.290	0.305	0.320
	Nanjido (center)	0.300	0.310	0.340
	Mean±SD	0.101±0.028	0.262±0.075	0.320±0.097
Residential	Chunggye 2-dong	0.125	0.205	0.515
	Kodok-dong	0.135	0.214	0.311
	Hwagok-dong	0.090	0.195	0.266
	Olympic park	0.070	0.125	0.210
	Mok-dong	0.085	0.110	0.150
	Mean±SD	0.281±0.397	0.170±0.049	0.290±0.139
The center of Seoul	Piwon	0.025	0.055	0.065
	Hongnung	0.185	0.225	0.245
	Toksugung	0.155	0.260	0.320
	Sajik park	0.080	0.130	0.925
	Hyochang park	0.085	0.155	0.240
	Mean±SD	0.106±0.064	0.165±0.081	0.359±0.330
Rivers	Kwangnaru resort	0.135	0.150	0.350
	Yoido	0.145	0.165	0.270
	Anyangchon	0.300	0.420	0.425
	Chungrangchon	0.195	0.295	0.378
	Tanchon	0.095	0.195	0.365
	Mean±SD	0.174±0.079	0.245±0.113	0.358±0.056

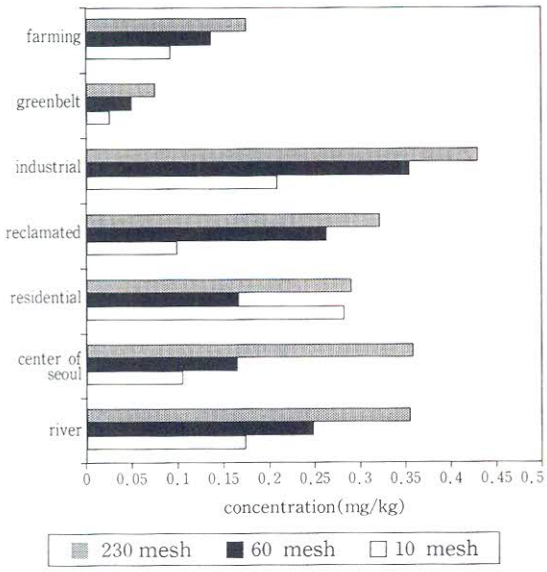

Fig. 3. Diagramatic comparison of Cd.

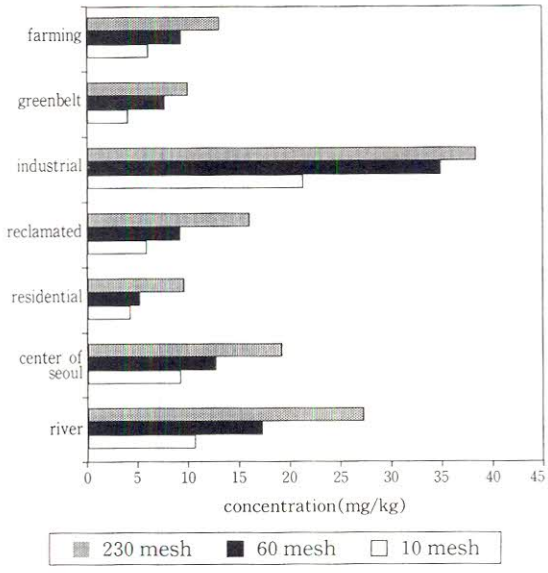

Fig. 4. Diagramatic comparison of Cu.

로 생각된다. 하지만 사직공원지점이 0.925 mg/kg의 농도를 보인 것은 타 지점에 비하여 상당히 높은 농도이며 교통량이 많은 오르막 길 근처라는 점과 관련이 있을 것으로 추정된다.

Cu : Cu는 광산, 동정련공장, 도금공장, 전선공장 등의 폐수에 함유되어 토양을 오염시킬 것으로 추정된다. 조사한 서울지역 35개 지점 토양시료 중 Cu 농도는 표 3과 같으며 공업지역의 230 (≤62 μm) mesh시료의 평균이 38.178±18.017 mg/kg로 다른 지역보다 높았으며 낮은 지역은 3.790±3.155 mg/kg의 농도를 보인 농경지역의 10 mesh시료의 평균이었다. 35개 지점중 가장 높은 농도는 공단지역인 진도지점의 230 (≤62 μm) mesh시료로 67.232 mg/kg이였고 가장 낮은 지점은 매립지역인 난지도 북지점의 10 mesh시료로 0.245 mg/kg로 나타났다.

그 밖의 지역은 고수부지, 도심지역, 농경지역, 매립지역, 그린벨트순으로 농도가 낮아지는 경향을 보였으며 공업지역에 이어 고수부지의 230 (≤62 μm) mesh시료도 비교적 높은 경향을 나타냈다.

표 3에서 Cu농도는 수질환경보전법에 규정된 농수산물 재배 등을 제한할 수 있는 오염기준인 125 mg/kg 농도 수준과 비교하면 농경지역은 물론 여타지역도 상당히 낮은 농도이며 연구원보[10)~14)] 등과 비교하면 약간 상회하는 수준이나 매립지역의 경우는 예년에 비해 상당히 낮은 농도를 나타내고 있음을 알게 되었다.

특히 매립지역인 난지도 북지점과 난지도 중지점이 각각 0.260 mg/kg, 0.245 mg/kg으로 의외의 농도가 나타난 것은 새로운 토양을 덮어주는 복토 등으로 타지점과 조건이 달랐지 않았나 사료된다.

이와같이 우리 서울시는 개발 등으로 인하여 타지점의 토양을 유입하는 경우가 도시 곳곳에 많을 것이므로 시료채취 등에 따라서 실험결과에 상당한 차이가 있으리라 생

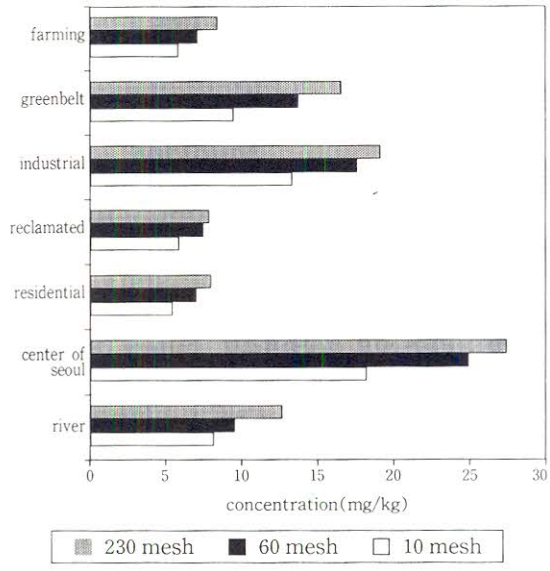

Fig. 5. Diagramatic comparison of Pb.

Table 3. Cu concentration in soil by area, site, particle size. (unit : mg/kg)

Area type	Site	Mesh		
		10	60	230
Farming	Chagok-dong	5.685	8.435	15.905
	Yullhyon-dong	6.150	8.645	13.315
	Magok-dong	4.195	7.185	7.915
	Kwahae-dong[1]	6.470	9.225	12.210
	Kwahae-dong[2]	7.775	13.320	14.225
	Mean±SD	6.055±1.298	9.362±2.334	12.714±3.005
Greenbelt	Nam Mt.	11.245	26.090	28.350
	Kwanak Mt.	2.545	3.400	7.445
	Kuryong Mt.	2.790	4.175	7.470
	Acha Mt.	1.790	2.070	3.770
	Tobong Mt.	1.250	2.435	4.240
	Mean±SD	3.924±4.138	7.634±10.350	10.255±10.263
industrial	Kuro industrial complex	25.560	42.200	42.600
	Jindo group	44.880	64.266	67.232
	The export indu. comp.	9.395	16.215	20.640
	Lotte electronic	14.960	28.550	29.890
	Ssani electronic	12.800	22.600	30.530
	Mean±SD	21.519±14.388	34.766±19.081	38.178±18.017
Reclamated waste	Nanjido (east)	11.255	19.395	41.625
	Nanjido (west)	12.145	18.725	25.140
	Nanjido (south)	6.250	6.900	11.045
	Nanjido (north)	0.260	0.270	1.475
	Nanjido (center)	0.245	0.255	0.840
	Mean±SD	6.031±5.734	9.109±9.482	16.025±17.360
Residential	Chunggye 2-dong	7.925	9.270	11.165
	Kodok-dong	1.834	2.545	4.780
	Hwagok-dong	0.367	3.210	3.295
	Olympic park	2.625	4.240	10.765
	Mok-dong	6.200	9.010	17.255
	Mean±SD	3.790±3.155	5.655±3.239	9.452±5.596
The center of Seoul	Piwon	8.235	12.390	13.430
	Hongnung	2.950	5.295	8.560
	Toksugung	17.835	21.940	34.990
	Sajik park	7.605	12.440	22.658
	Hyochang park	9.700	10.530	17.105
	Mean±SD	9.265±5.416	12.519±6.019	19.349±10.150
Streams	Kwangnaru resort	3.750	4.050	10.040
	Yoido	5.625	6.460	10.445
	Anyangchon	18.425	21.865	24.995
	Chungrangchon	13.495	26.330	38.538
	Tanchon	13.450	27.180	51.421
	Mean±SD	10.949±6.099	17.177±11.102	27.088±17.994

각된다.

Pb : Pb는 주로 의약품제조업, battery, 유리제품제조업, 연료첨가제, 도료 등의 폐수에 함유되어 토양오염을 일으킬 것으로 추정되며 자동차 등에 의한 대기오염물질에 의하여도 원인물질이 될 수 있으리라 사료된다. 조사한 토양시료 중 Pb농도는 표 4와 같으며 도심지역이 27.237±16.641로 7개 지역 중 높은 평균치를 나타냈으며 낮은 지역은 주거지역 10 mesh시료가 평균 5.581±1.827 mg/kg로 나타났다.

35개 각 시료중 가장 높은 시료는 덕수궁 230 mesh 시료가 55.132 mg/kg이었고 가장 낮은 시료는 난지도 중의 10 mesh시료가 3.345 mg/kg으로 나타났다. 그 밖의 지역은 농경지역, 매립지역, 고수부지, 그린벨트, 공업지역의 순으로 높아지는 경향을 보였으며, 농작물 생육한계농도인[15] 400~500 mg/kg에는 이르지 못하는 것으로 나타났다.

Table 4. Pb concentration in soil by area, site, particle size. (unit : mg/kg)

Areatype	Site	Mesh		
		10	60	230
Farming	Chagok-dong	4.730	5.955	8.465
	Yullhyon-dong	6.470	7.875	9.285
	Magok-dong	4.835	5.290	6.000
	Kwahae-dong[1]	6.705	8.515	8.865
	Kwahae-dong[2]	6.720	8.080	8.495
	Mean±SD	5.892±1.018	7.143±1.427	8.222±1.286
Greenbelt	Nam Mt.	9.165	18.684	23.026
	Kwanak Mt.	7.580	9.170	10.310
	Kuryong Mt.	18.553	22.632	29.079
	Acha Mt.	5.170	6.945	8.725
	Tobong Mt.	6.935	11.175	12.965
	Mean±SD	9.481±5.270	13.721±6.655	16.821±8.826
industrial	Kuro industrial complex	9.835	13.065	11.365
	Jindo group	24.474	32.368	33.553
	The export indu. comp.	9.795	14.265	17.500
	Lotte electronic	11.085	15.775	18.026
	Ssani electronic	9.950	12.335	14.985
	Mean±SD	13.028±6.421	17.562±8.379	19.086±8.505
Reclamated waste	Nanjido (east)	10.500	13.255	13.615
	Nanjido (west)	6.300	7.250	7.365
	Nanjido (south)	7.810	9.010	10.745
	Nanjido (north)	3.400	3.445	3.570
	Nanjido (center)	3.345	3.365	3.565
	Mean±SD	6.271±3.044	7.265±4.145	7.772±4.430
Residential	Chunggye 2-dong	4.575	5.235	5.980
	Kodok-dong	5.330	6.290	6.915
	Hwagok-dong	3.787	5.945	6.405
	Olympic park	5.625	7.065	9.115
	Mok-dong	8.590	10.020	11.520
	Mean±SD	5.581±1.827	6.911±1.859	7.987±2.315
The center of Seoul	Piwon	22.632	29.342	30.132
	Hongnung	8.470	12.960	15.789
	Toksugung	39.474	52.368	55.132
	Sajik park	12.435	16.316	18.816
	Hyochang park	8.905	12.865	16.316
	Mean±SD	18.383±13.099	24.770±16.847	27.237±16.641
Streams	Kwangnaru resort	5.530	5.895	6.960
	Yoido	6.005	6.220	7.500
	Anyangchon	11.250	12.015	12.250
	Chungrangchon	11.095	11.630	17.700
	Tanchon	6.220	11.255	17.537
	Mean±SD	8.020±2.889	9.403±3.068	12.389±5.199

토양입도별 지역별 차이

암석은 풍화작용에 의하여 서서히 작은 입자크기로 분쇄되어 토양을 구성하게 되고 입자조성에 따라 토양의 특성에 상당한 영향을 주게 된다. 토양의 상대적인 표면적은 입자의 크기가 감소함에 따라 증대된다. 따라서 일정한 토양체적이라면 입자의 크기가 작을수록 표면적은 커지고 그에 따른 보수력과 이온교환능력은 커지게 되는 것이다. 토양입자의 기준[16),17)]에 따라 본연구에서도 극조사 수준인 10 mesh (2000~249 μm), 중사 수준인 60 mesh (250~63 μm), 세사 수준인 230 mesh (≤62 μm)로 구분하여 실험한 결과 표 2, 3, 4 및 그림 3, 4, 5와 같이 230 mesh를 통과한 미세입자에서 가장 높게 나타났으며 이를 통계처리한 결과 표와 같이 Pb를 제외한 두가지 중금속에서 입도별로 매우 유의한 차이 ($p<0.01$)를 나타냈으며 지역별로 7개 지역에서 3개 중금속 농도 차

Table 5. Heavy metal concentration different in particle size.

Heavy metal	average content (mg/kg)			F	P
	10 mesh	60 mesh	230 mesh		
Pb	9.522	12.396	14.216	2.4	0.0957
Cu	8.790	13.746	19.009	5.66	0.0047
Cd	0.1321	0.1963	0/2878	9.22	0.0002

Table 6. Heavy metal concentration different in area.

Heavy metal	F	P	Different in area
Pb	9.66	0.0001	F>C>B>G>D>A>E
Cu	11.09	0.0001	C>G>F>D>A>B>E
Cd	9.44	0.0001	C>D>G>F>E>A>B

이는 표 5, 6과 같이 모두 매우 유의한 차이 ($p<0.001$)를 나타냈으며 Cu와 Cd도 공업지역이 Pb은 도심지역에서 가장 높게 나타났다.

결 론

1995년 5월~10월까지 서울시 일원을 농경지역 등 7개 지역으로 구분 35개 지점의 토양을 채취, 3종류의 입도(10 mesh (2000~249 μm), 60 mesh (250~63 μm), 230 mesh (≤62 μm)별로 구분하여 Cd, Cu, Pb를 조사하여 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. Cd의 지역별 함유량은 공업지역의 230 mesh시료가 0.456±0.317 mg/kg로 높았으며 녹지지역의 10 mesh시료가 0.027±0.018 mg/kg으로 낮았고 나머지 5개 지역은 0.091~0.358 mg/kg 범위였다.
2. Cu의 지역별 함유량은 공업지역의 230 mesh시료가 38.178±18.017 mg/kg로 높았으며, 주거지역의 10 mesh시료가 3.790~3.155 mg/kg으로 낮았고 나머지 5개 지역은 3.924~34.766 mg/kg 범위였다.
3. Pb의 지역별 함유량은 도심지역의 230 mesh시료가 27.337±16.641 mg/kg로 높았으며, 주거지역의 10 mesh시료가 5.581±1.877 mg/kg 낮았고 나머지 5개 지역은 5.892~24.770 mg/kg 범위였다.
4. 입도별로는 Cd, Cu는 입경이 작을수록 농도가 매우 유의한 차이 ($p<0.01$)로 높았으며, Pb는 입경로 유의한 차이를 보이지 않았다. 지역별로는 7개 지역의 농도 역시 지역별로 매우 유의한 차이 ($p<0.001$)를 나타냈으며, Cu와 Cd은 공업지역이, Pb은 도심지역이 가장 높았다.

參 考 文 獻

1. 서울특별시 : 環境白書, p.55(1994)
2. 土壤環境保全法 法律 第4,906호(96.1.5)
3. 環境廳 : 水質汚染公定試驗法 (土壤篇), 서울, p.339 (1994)
4. 日本藥學會 : 衛生試驗法註解, 金原出版株式會社, 동경, p.500(1981)
5. JISハンドブック環境測定 日本規格協會 p.505~1509.
6. 澁谷政夫, 小山雄生, 渡邊久男 : 重金屬測定法, 博友社(1978)
7. APHA-AWWA-WPCF : Standard method for examination of water and waste water (15th ed.) Washington DC. p.495(1981)
8. 최상복 환경학개론 배영출판사 서울, p.1505~1509 (1987)
9. 山本茂樹 : 土壤汚染의 現象과 對策, 化學工業, 24: 6,120(1973)
10. 金洪濟, 金蓮千, 李靜子, 朴相賢, 朴聖培 : 서울시 一圓의 土壤汚染度 調査. 서울특별시 보건환경연구원보, 23:476(1988)
11. 金洪濟, 張桂榮, 李光國, 李靜子, 朴相賢, 朴聖培 : 서울시 一圓의 土壤汚染度 調査. 서울특별시 보건환경연구원보, 24:463(1988)
12. 金洪濟, 張桂榮, 申正植, 李靜子, 朴相賢, 朴聖培 : 서울시 一圓의 土壤汚染度 調査. 서울특별시 보건환경연구원보, 25:402(1989)
13. 卞鍾角, 張桂榮, 申正植, 朴相賢, 朴聖培 : 서울시 一圓의 土壤中 重金屬 汚染度에 관한 調査硏究. 서울특별시 보건환경연구원보, 26:248(1990)
14. 卞鍾角, 申正植, 元云載, 朴相賢, 朴聖培 : 서울시 一圓의 土壤中 重金屬 汚染度에 관한 調査硏究. 서울특별시 보건환경연구원보, 27:279(1991)
15. 유홍일, 김인기, 김학엽, 김성환 : 농경지 및 농작물 중 유해물질오염에 관한 연구, 국립환경연구소보, 7: 267(1985)
16. 한국약학대학협의회 약전분과회 : 대한약전 제5개정 제1, 2부 해설, 화성인쇄사 p.1384(1991)
17. V.H. Resh, D.M. Rosenberg, The Ecology of Aqatic Insect, p.368(1981)