

## 서울시 一圓의 土壤 重金屬汚染度 調査

金洪濟 · 金蓮千 · 李光國 · 朴相賢

서울市 保健環境研究所

## Studies on the Pollution of Heavy Metals in the Soils of Seoul Area

Hong Je Kim, Youn Cheon Kim,  
Kwang kuk Lee, Sang Hyun Park

*Seoul Metropolitan Government Institute  
of Health and Environment*

### Abstract

This study was carried out to investigate the Pollution of heavy metals in Soil, collected from the 50 sampling sites in 1986.

The results were as follows:

1. In the average contents of Cd, the highest value was 0.33 mg / kg in the Industrial area, the lowest value was 0.06 mg / kg in the Greenbelt and 0.10-0.22mg / kg in the other areas.
2. In the average contents of Cu, the highest value was 33.46 mg / kg in the Industrial area, the lowest value was 3.79 mg / kg in the Greenbelt and 4.69 - 12.21 mg / kg in the other areas.
3. In the average contents of As, the highest value was 1.80 mg / kg in the Residential area, the lowest value was 0.43 mg / kg in the Greenbelt and 0.64-1.65 mg / kg in the other areas.

4. In the average contents of Zn, the highest value was 29.84 mg/kg in the outwall of Seoul, the lowest value was 17.32 mg/kg in the Greenbelt and 19.62 - 26.71 mg/kg in the other areas.
5. In the average contents of Pb, the highest value was 17.09 mg/kg in the Industrial area, the lowest value was 5.21 mg/kg in the Reclamated waste and 5.67-14.10 mg/kg in the other areas.
6. Distribution of Heavy metals was Zn> Cu> Pb> As> Cd and the relations of Zn-Cd, Pb-Cd, Pb-Cu, Pb-Zn were shown the correlation significantly ( $P < 0.01$ ).

## 緒 論

날로 擴大되는 産業社會와 급속히 增大하는 科學技術의 進歩로부터 人間은 풍요롭고 便利한 삶을 영위하게된 이면에 各 家庭, 交通手段, 그리고 産業場으로 부터 排出되는 各種 汚染物質들로 大氣와 水質이 汚染되었다. 陸上生命을 위한 必要條件 중에 가장 貴重한 要素로서 모든 生産의 母體가 되는 土壤은 直接 또는 間接적인 方法으로 이러한 汚染들이 점차 深化되고 있는 實情이어서, 植物의 生産力 低下와 더불어 Food chain을 통하여 增幅된 汚染物質이 最終 消費者인 人間の 食生活 및 健康에까지 影響여부가 하나의 問題로 대두되고 있다.

土壤에서 汚染物質등이 檢出되었다고 해서 반드시 人爲적인 汚染이라고 단정할 수는 없으며, 自然的인 含量과 比較하므로 비로소 汚染의 與否를 가릴 수 있을 것이다.

이에 本 研究에서는 이미 李等 1), 李等 2), 韓等 3), 金等 4,5) 이 重金屬類에 의한 土壤汚染 與否를 서울시 各 地域別 土壤에 대하여 調査·報告하였다. 따라서 著者は 前年度와같이 서울시 各 地域別 土壤에서 重金屬類의 植物 등에 대한 發育阻害 및 이행으로 인한 蓄積 등에 密接한 關係를 지니고 있는 可溶性 含量에 대하여 調査하였다.

## 調査對象 및 方法

1. 調査期間: 1986年 5月~1986年 12月
2. 調査項目: Cd, Cu, Zn, As, Pb를 調査對象으로 하였다.
3. 調査地點: 調査地點은 總 50個所로서, 農耕地域 17個所, 河川水 利用地域 9個所, 埋立地域 4個所, 綠地地域 8個所, 工業地域 4個所, 住居地域 4個所, 그리고 市界隣接地域 4個所로 그 位置는 Fig.1과 같다.

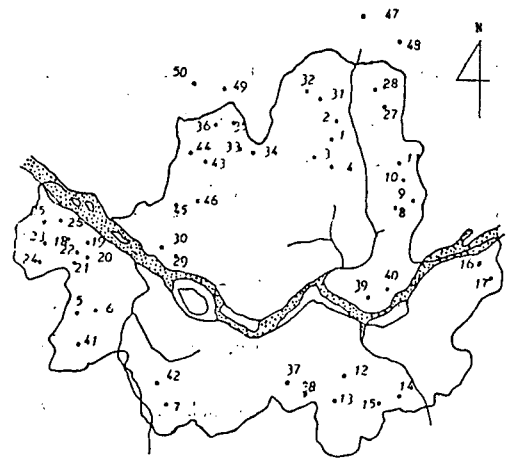


Fig. 1. Samping sites in Seoul area.

## 試驗方法

1. 試料採取: 環境汚染公定試驗法 土壤編에 準하여 약 1kg程度의 土壤을 採取하였다.

2. 採取한 土壤을 直射光線이 닿지 않고 바람이 잘 통하는 場所에서 均一한 두께로 自然 乾燥시킨 후 표준체 10mesh에 통과시켜 2mm 이상의 돌과 植物뿌리 등을 걸어낸다. 이 風乾 세토를 4分法에 의하여 混合하고 그 중 약 100g을 取하여 分析用 試料로 하였다. 分析

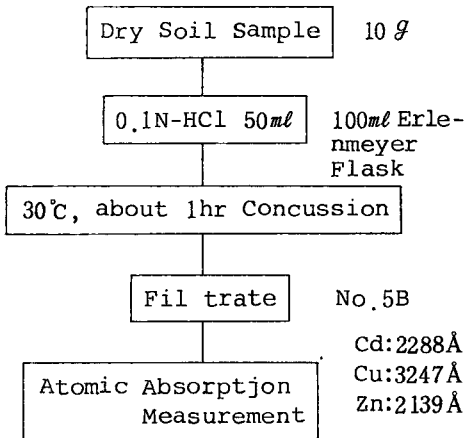


Fig.2. Flowchart of quantitative method of Cd, Cu and Zn with permeable method of 0.1N-HCl.

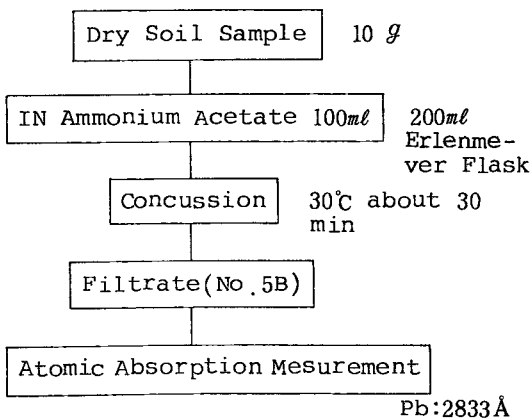


Fig.3. Flowchart of Pb quantitative method with permeable method of Ammonium Acetate.

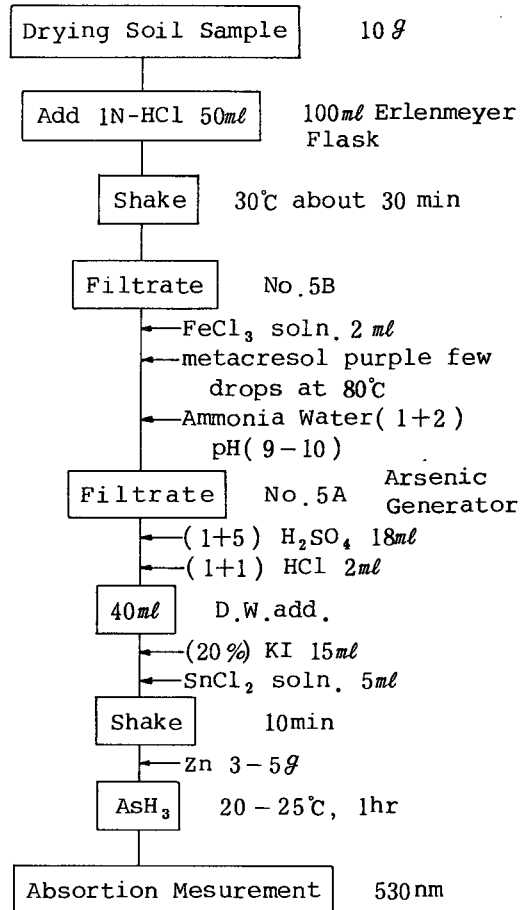


Fig.4. Flowsheet of As quantitative method with extractable method of 1N-HCl

用 試料 약 100g을 마늘유발로 100mesh 정도로 粉碎하여 各 項目別 重金屬 分析用 試料로 하였다.

3. 分析機器

- Atomic Absorption Spectrophotometer (HITACHI 170-30)
- UV/Vis Spectrophotometer (PERKIN-ELMER 552 S)

4. 試驗方法

Cd, Cu, Zn은 Fig.2, Pb는 Fig.3, 그리고 As는 Fig.4와 같은 방법으로 試驗한 후 定量하였다.

結果 및 考察

서울시의 工業地域을 비롯한 6個 地域의 50個 地點에서 農耕地 또는 유사하게 利用되고 있는 土壤의 Cd, Cu, As, Zn 그리고 Pb에

Table 1. Analytical Results of Heavy Metal in Soil of seven different Area

(Unit: mg/kg)

Sampling Area		Cd	Cu	As	Zn	Pb
Farming	Aver.	0.22	12.11	1.32	24.99	6.99
	Max.	0.87	49.06	7.42	42.63	27.76
	Min.	0.03	1.30	0.12	10.11	2.69
Used Stream	Aver.	0.10	11.39	0.81	19.62	5.67
	Max.	0.27	19.93	1.35	31.09	16.69
	Min.	0.04	4.99	0.38	10.45	1.63
Reciamated Waste	Aver.	0.16	4.69	1.65	22.30	5.21
	Max.	0.30	6.91	3.99	34.56	12.21
	Min.	0.08	3.01	0.64	10.77	1.57
Greenbelt	Aver.	0.06	3.79	0.43	17.32	7.34
	Max.	0.13	6.84	1.27	33.46	10.43
	Min.	0.01	1.58	0.10	3.99	2.46
Industrial	Aver.	0.16	26.82	0.64	25.06	14.23
	Max.	0.30	73.92	0.83	38.40	41.12
	Min.	0.05	0.70	0.31	12.45	3.44
Residential	Aver.	0.22	6.03	1.80	22.93	4.10
	Max.	0.53	15.74	3.18	35.98	41.24
	Min.	0.03	1.39	0.06	12.62	2.71
The Outwall of Seoul	Aver.	0.22	12.21	1.02	29.84	11.91
	Max.	0.55	15.19	1.90	39.52	26.29
	Min.	0.06	9.32	0.07	23.66	5.14

Table 2. Analytical Results of Heavy Metals in Soil of Seoul Area. (Unit: mg/kg)

Classification	Average	Range
Cd	0.16	0.01 - 0.87
Cu	10.75	0.70 - 73.92
As	1.04	0.06 - 7.42
Zn	22.80	3.99 - 42.63
Pb	8.21	1.57 - 41.24

대한 可溶性 含量을 分析·調査한 結果가 Table1, Table 2에 제시되었다.

Cd : Cd의 可溶性 含量은 工業地域이 0.33 (0.05 ~ 0.87) mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域에서 0.06(0.01 ~ 0.13) mg/kg으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는 0.10~0.22 (0.03 ~ 0.87) mg/kg의 範圍로 市界隣接地域, 住居地域, 農耕地, 廢棄物 埋立地域 그리고 河川水 利用地域의 順으로 높게 나타났다. Cd 含量은 1985年度 調査値보다 전반적으로 낮게 나타났으며, 특히 綠地地域은 0.06mg/kg으로 대단히 낮았다. 日本 농림성 11)에서 本 調査와 同一한 0.1N-HCl 沈出法으로 可溶性 Cd 含量을 調査한 結果 汚染地域 土壤이 1.01 mg/kg이었고, 一般地域 土壤은 0.33mg/kg이었다. 이와 比較하여 보면 本 調査値는 汚染地域과 一般地域 모두 낮게 나타났다.

地點別로 보면 工業地域인 시흥동의 옛 化學 工場터는 1985年과 同一하게 最高値인 0.87 mg/kg이며, 農耕地로는 利用되고 있지 않았다. 綠地地域인 도봉산은 0.01mg/kg으로 最高値를 나타내 人爲的인 汚染이 거의 없는 것으로 思料된다.

Cd에 의한 中毒은 汚染된 쌀 등의 섭취시

에 일어나며, 만성 中毒時에는 골연화증인 「이파이 이파이병」에 걸리게 된다. 現在 環境保全法에서는 農作物 栽培를 제한할 수 있는 현미 중 Cd의 濃度를  $1mg/kg$  이상으로 정하고 있다.

Cu : Cu의 可溶性 含量은 工業地域이  $33.46(0.70 \sim 73.92) mg/kg$ 으로 높게 나타났으며, 綠地地域에서  $3.79(1.58 \sim 6.84) mg/kg$ 으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는  $4.69 \sim 12.21(1.30 \sim 49.06) mg/kg$ 의 範圍로 市界隣接地域 河川水 利用地域, 農耕地域, 住居地域, 그리고 廢棄物 埋立地域 順으로 높게 나타났다.

1985年度 調査値와는 거의 같은 水準이며, 市民隣接地域이 다소 높아진  $12.21mg/kg$ 으로 나타났다.

日本 농림성<sup>10)</sup>이 本 調査와 同一한 0.1 N-HCl 沈出法으로 可溶性 含量을 調査한 結果 非汚染 土壤의 濃度는 平均  $4.1mg/kg$ 으로 綠地地域을 제외한 全地域의 濃度는 다소 높은 편이었고, 특히 工業地域의 濃度는 매우 높은 것으로 나타났다.

地點別로 보면 工業地域인 구로공단의 가리봉동이 最高值  $73.92mg/kg$ 을 나타내 심각한 水準에까지 이른 것으로 思料된다.

Cu는 人間에게 必須微量成分으로 매일  $2mg$  程度의 공급이 必要하나 과도한 섭취시에는 急性中毒으로써 疝막자극, 근육경련, 중추신경의 흥분과 긴장 및 신장장해를 일으킨다.<sup>8)</sup>

Cu의 土壤中 農作物 栽培를 制限할 수 있는 汚染基準을  $125mg/kg$  以上으로 定하고 있다.

As : As의 可溶性 含量은 住居地域이  $1.80(0.06 \sim 3.18) mg/kg$ 으로 높게 나타났으며, 綠地地域이  $0.43(0.10 \sim 1.27) mg/kg$ 으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는  $0.64 \sim 1.65$

$(0.12 \sim 7.42) mg/kg$ 의 範圍로 廢棄物 埋立地域, 農耕地域, 市界隣接地域, 河川水 利用地域 그리고 工業地域 順으로 높게 나타났다.

1985年度 調査値와 比較한 結果 낮게 나타났으며, 특히 工業地域이  $0.64mg/kg$ 으로 대단히 낮게 나타났다.

涉谷等<sup>10)</sup>이 우리나라의 土壤中 As 濃度를  $4.6 \pm 2.6mg/kg$ 으로 報告하였다. 이것은 總含量으로, 本 調査는 可溶性 含量이므로 比較하기는 어려우나 金等<sup>4)</sup>이 總含量과 可溶性 含量을 比較實驗한 結果, As 總含量 中の 可溶性 含量은 약 22.6%인 것으로 報告되었는 바 可溶性 數値를 總含量數値로 換산하여 본 바 거의 類似한 結果를 얻었다.

地點別로 보면 農耕地域인 창동이 最高值  $7.42mg/kg$ 이었으며, 環境保全法上 農作物의 栽培를 制限할 수 있는 土壤中 濃度가 0.1 N-HCl 可溶性 濃度로  $15mg/kg$ 으로 規定되어 있는 바 超過한 곳은 한 곳도 없었다.

As의 汚染은 農藥의 과잉사용시 問題로 發生할 수 있으며, 맹독성으로 경구치사량이  $100 \sim 300 mg/man$ <sup>11)</sup>이다.

Zn : Zn의 可溶性 含量은 市界隣接地域이  $29.84(23.66 \sim 39.52) mg/kg$ 으로 높게 나타났으며, 綠地地域이  $17.32(3.99 \sim 33.46) mg/kg$ 으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는  $19.62 \sim 26.71(10.11 \sim 42.63) mg/kg$ 의 範圍로 工業地域, 農耕地域, 住居地域, 廢棄物 埋立地域 그리고 河川水 利用地域의 順으로 높게 나타났다.

1985年度 調査値와 比較하여 볼 때 全般的으로 높아진 傾向이나, 工業地域은  $47.6mg/kg$ 에서  $26.71mg/kg$ 으로 다소 낮아졌다.

日本 농림성<sup>10)</sup>이 調査한 0.1N-HCl 沈出

법에 의한 可溶性 亞鉛의 結果는 水田 20.7 mg/kg, 밭 11.3mg/kg이었다. 이와 比較하여 보면 本 調査値는 대체적으로 비슷하거나 약간 높은 水準이었다.

地點別로 보면 農耕地域의 신내동이 42.63 mg/kg으로 最高値였으며, 綠地地域의 도봉산이 3.99mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 도봉산은 調査項目 全部가 비교적 낮은 數値를 보여 汚染이 거의 안된 自然狀態로의 含量인 것으로 思料된다.

Zn은 生體內 必須元素로 호르몬, 효소의 構成性分이 되며 飲食物의 攝取로 過剩의 경우에도 健康障害가 거의 없다고 하며, 오히려 0.1N-HCl 沈出法에 의한 可溶性 Zn이 土壤에서 6.7mg/kg以下 10) 일때 Zn 缺乏現狀으로 成장이 低下되었다고 報告한 바 있다.

Pb : Pb의 可溶性 含量은 工業地域이 17.09 (3.44 ~ 41.12) mg/kg으로 높게 나타났으며, 廢棄物 埋立地域이 5.21(1.57 ~ 12.21)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는 5.67 ~ 14.10(2.46 ~ 41.24) mg/kg의 範圍로 住居地域, 市界隣接地域, 綠地地域, 農耕地域 그리고 河川水 利用地域의 순으로 높게 나타났다.

1985年度 調査値와 比較하여 보면 全地域에 걸쳐 다소 높아졌다.

地點別로 보면 住居地域인 북가좌동이 最高値 41.24mg/kg이었으며, 土壤 採取 당시 菜소를 栽培하고 있었던 신내동이 27.76 mg/kg으로 높게 나타나 Pb性分의 菜소에 移行이 憂慮된다.

本 調査에서는 各 重金屬의 分布는 Zn이 가장 많이 含有되었으며, Cu, Pb, As 그리고 Cd 順이었다. 各 重金屬 간의 相關性을 調査하여 본 바 Table 3과 Fig.5~8과 같았다.Cd-

Table 3. Correlation Coefficient between Heavy Metals in Soil.

	Cd	Cu	As	Zn	Pb
Cd	1.000				
Cu	0.351*	1.000			
As	0.294	-0.092	1.000		
Zn	0.612**	0.398*	0.362*	1.000	
Pb	0.594**	0.533**	0.139	0.540**	1.000

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01

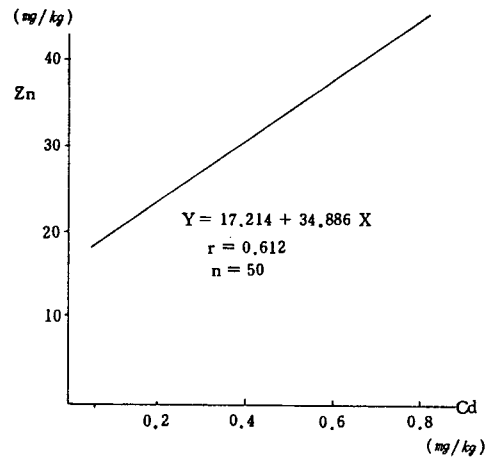


Fig. 5. Correlation of Cd-Zn concentrations in the Soil.

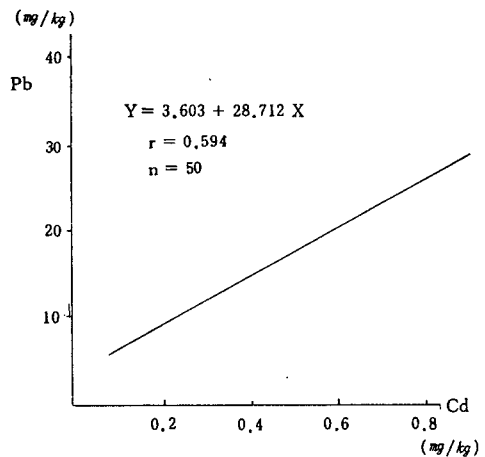


Fig. 6. Correlation of Cd-Pb concentrations in the Soil.

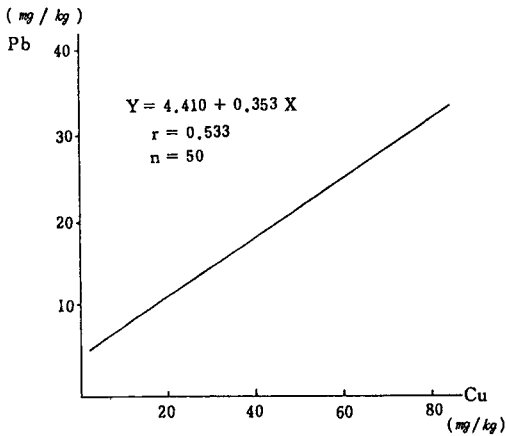


Fig. 7. Correlation of Cu-Pb concentrations in the Soil.

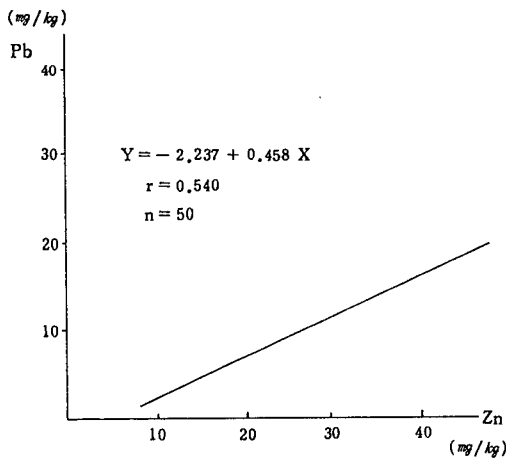


Fig. 8. Correlation of Zn-Pb concentrations in the Soil.

Zn 과의 關係는  $r = 0.612$  ( $P < 0.01$ ) 로 5 가 지 重金屬 中 가장 높은 有意水準을 나타내었 는 바 Cd와 Zn은 지구화학적으로 共存<sup>12)</sup>하 기 때문인 것으로 思料된다. 그밖의 것으로는 Cd-Pb가  $r = 0.594$  ( $P < 0.01$ ) Pb-Zn이  $r = 0.540$  ( $P < 0.01$ )이며, Pb-Cu가  $r = 0.533$  ( $P < 0.01$ )로 有意인 相關關係를 나타내 었다.

本 調査에서는 土壤과 作物사이의 重金屬濃 度를 比較調査하지는 못하였으나 앞으로는 土 壤調査時 그 土壤에서 栽培되고 있는 作物과 土壤 사이의 重金屬 濃度를 比較하여 作物에 移行이 어느 程度인가를 把握하여야 겠고, 各 地域別 採取地點數를 늘리어 신뢰성을 높이고 자 한다.

### 結 論

1986年 5月부터 12월에 걸쳐 서울시 各 地域別 50個 地點 土壤中 重金屬의 分布를 調 査하였다.

1. Cd의 地域別 平均含量은 工業地域이  $0.33 \pm 0.16 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높았으며, 綠地 地域이  $0.06 \pm 0.05 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 낮았다. 그밖의 地域은  $0.10 \sim 0.22 \text{ mg/kg}$ 이었다.

2. Cu의 地域別 平均含量은 工業地域이  $33.46 \pm 31.35 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높았으며, 綠 地地域이  $3.79 \pm 1.63 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 낮았다. 그밖의 地域은  $4.69 \sim 12.21 \text{ mg/kg}$ 이었다.

3. As의 地域別 平均含量은 住居地域이  $1.80 \pm 1.59 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높았으며, 綠地地 域이  $0.43 \pm 0.43 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 낮았다. 그 밖의  $0.64 \pm 1.65 \text{ mg/kg}$ 이었다.

4. Zn의 地域別 平均含量은 市界隣接地域 이  $29.84 \pm 6.82 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높았으며, 綠 地地域이  $17.32 \pm 9.92 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 낮았 다. 그밖의 地域은  $19.62 \sim 26.71 \text{ mg/kg}$ 이었다

5. Pb의 地域別 平均含量은 工業地域이  $17.09 \pm 17.01 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 높았으며, 廢 棄物 埋立地域이  $5.21 \pm 4.79 \text{ mg/kg}$ 으로 가장 낮았다. 그밖의 地域은  $5.67 \sim 14.10 \text{ mg/kg}$ 이 었다.

6. 重金屬의 分布는  $Zn > Cu > Pb > As > Cd$  順이었으며,  $Zn-Cd$ ,  $Pb-Cd$ ,  $Pb-Cu$  그리고  $Pb-Zn$  사이에 매우 有意한 相關性을 나타냈다. ( $P < 0.01$ )

### 參 考 文 獻

1. 李靜子·金旻永·韓商運·金榮振·韓仙嬉  
朴相賢:서울시 一圓의 土壤汚染度 調査,  
서울特別市 保健研究所報, 13:153(1977).
2. 李敏熙·金旻永·朴相賢:서울시 一圓의  
耕作地汚染度 調査, 서울特別市 保健研究  
所報, 15:143(1979).
3. 韓商運·金甲洙·金教鵬·金旻永·朴相賢  
:서울시 一圓의 土壤汚染度 調査, 서울  
特別市 保健環境研究所報, 19:302(1983).
4. 金教鵬·黃童眞·孫秉穆·金甲洙·成始慶·  
李靜子·朴相賢:서울시 一圓의 土壤 中  
重金屬 汚染度 調査, 서울特別市 保健環  
境研究所報, 20:468(1984).
5. 金教鵬·黃童眞·成始慶·孫秉穆·李靜子·  
朴相賢:서울시 一圓의 土壤 中 重金屬汚  
染度 調査(II), 서울特別市 保健環境研究  
所報, 21:128(1985).
6. 環境廳:環境汚染公定試驗法( 토양편 ),  
p.731(1983).
7. 山本茂樹:土壤汚染의 現象과 對策, 化學  
工業, 24:6, 120(1973).
8. 鄭勇·辛昌男·鄭坪林:環境生態學, 開文  
社, 서울, p.369(1984).
9. 環境保全法(1983).
10. 澁谷政夫·小山雄生·渡邊久男:重金屬測  
定法, 博友社, (1978).
11. 日本藥學會:衛生試驗法 注解, 金原出版株  
式會社, 東京 (1980).
12. 朴勝熙:原子吸光法에 의한 高速道路邊  
耕作地 土壤 中の 납 含量分析에 관한 研  
究, 한국植物保護學會誌, 18:1,43(1979).