

서울市 一圓의 土壤 重金屬汚染度 調査

廢棄物科

金洪濟·金蓮千·李靜子·成始慶·崔漢榮·李承洲·朴相賢

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

Industrial waste division

Hong Je Kim, Youn Cheon Kim, Jung Ja Lee, See Kyung Seoung,
Han Young Choi, Seung Joo Lee, Sang Hyun Park

—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 0.33mg/kg in the Industrial area, the lowest value was 0.06mg/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 33.46mg/kg in the Industrial area, the lowest value was 3.79mg/kg in the Greenbelt and 4.69~12.21mg/kg in the other areas.
3. In the average contents of As, the highest value was 1.80mg/kg in the Residential area, the lowest value was 0.43mg/kg in the Greenbelt and 0.64~1.65mg/kg in the other areas.
4. In the average contents of Zn, the highest value was 29.84mg/kg in the outwall of Seoul, the lowest value was 17.32mg/kg in the Greenbelt and 19.62~26.71mg/kg in the other areas.
5. In the average contents of Pb, the highest value was 17.09mg/kg in the Industrial area, the lowest value was 5.21mg/kg in the Reclaimed waste and 5.67~14.10mg/kg in the other areas.
6. Distribution of Heavy metals was $Zn > Cu > Pb > As > Cd$ by priority of content. There was significantly correlation between Zinc and Cadmium, Lead and Cadmium, Copper, Zinc.

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 영위하게 된 이면에 各 家庭, 交通手段 그리고 産業場으로부터 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 要所로서 모든 生産의 母體가 되는 土壤에 直接 또는 間接인 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에 까지 매우 심각한 問題로 대두되고

있다.

土壤에서 汚染物質들이 檢出되었다고 해서 반드시 人爲的인 汚染이라고 단정할 수는 없으며, 自然的인 含量과 比較하여 얼마만큼 더 含有되어 있는가를 알때 비로소 汚染의 如否를 가릴 수 있을 것이다.

이에 본 研究所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 如否를 서울시 各地域 別 土壤에 대하여 調査·報告하였다. 따라서 著者 등은 前年度와 같이 서울시 各地域 別 土壤에서 重金屬類의 植物 等에 대한 發育低害 및 이행으로 인한 蓄積 等に 密接한 關係를 지니고 있는 可溶性 含量에 대하여 調査하였기에 報告하는 바이다.

調査対象 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 前年度와 같은 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이 4個所로 그 位置는 Fig. 1과 같다.

試驗方法

1. 試料採取 : 環境汚染公定試驗法 土壤偏에 準하여 약 1kg 程度의 土壤을 採取하였다.
2. 採取한 土壤은 直射光線이 닿지 않고 바람이 잘 통하는 場所에서 均一한 두께로 自然乾燥시킨 후 나무 절구를 사용해서 粉碎하였다. 粉碎된 土壤은 100mesh의 非金屬性體를 통과시킨 후 4分法에 의하여 各 부분마다 試料를 採取하여 混合하고 그 중 약 100g을 取하여 分析試料로 하였다.

3. 分析機器

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

4. 試驗方法

Cd, Cu, Zn은 Fig. 2, Pb는 Fig. 3, 그리고 As는 Fig. 4와 같은 方法으로 試驗한 後 定量하였다.

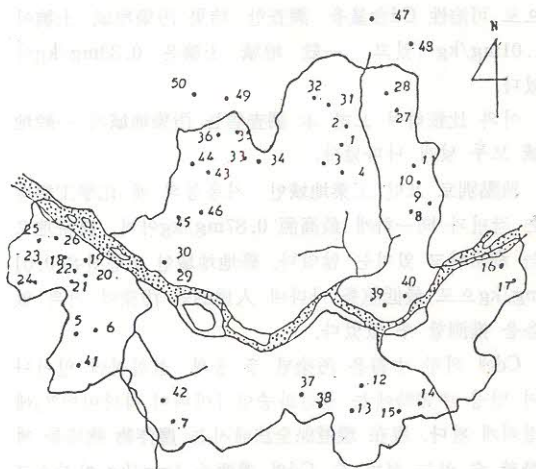


Fig. 1. Sampling sites in Seoul area.

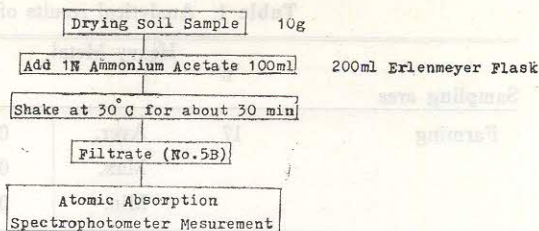


Fig. 2. Flowsheet of quantitative method of Cd, Cu and Zn with extractable method of 0.1N-HCl.

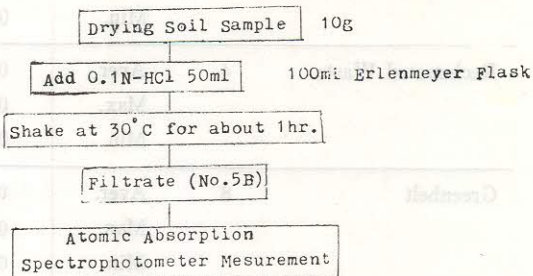


Fig. 3. Flowsheet of Pb quantitative method with extractable method of 1N-HCl.

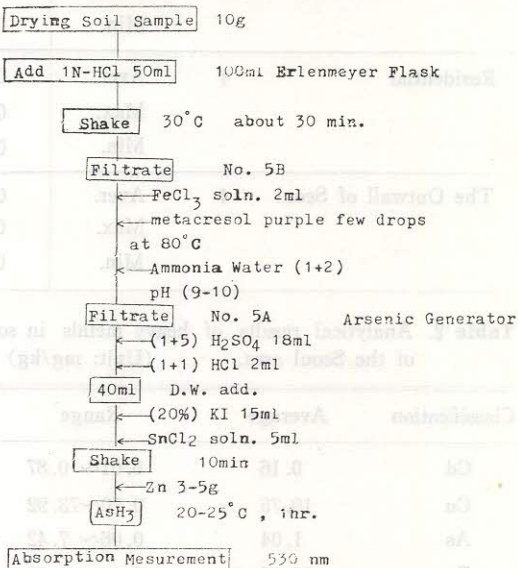


Fig. 4. Flowsheet of As quantitative method with extractable method of 1N-HCl.

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 대한 可溶性 含量을 分析·調査한 結果가 Table 1, Table 2에 제시되었다.

Table 1. Analytical results of heavy metals in soil at seven areas. (Unit: mg/kg)

Sampling area	n	Heavy Metal					
		Cd	Cu	As	Zn	Pb	
Farming	17	Aver.	0.17	10.55	1.32	24.61	6.32
		Max.	0.60	49.06	7.42	42.63	27.76
		Min.	0.03	1.30	0.12	10.11	2.69
Used Stream	9	Aver.	0.10	11.39	0.81	19.62	5.97
		Max.	0.27	19.93	1.35	31.09	16.69
		Min.	0.04	4.99	0.38	10.45	1.63
Reclamated Waste	4	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	8	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	4	Aver.	0.33	33.46	0.64	26.71	17.09
		Max.	0.87	73.92	0.83	38.40	41.12
		Min.	0.05	0.70	0.31	12.45	3.44
Residential	4	Aver.	0.22	6.03	1.80	22.93	14.10
		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	4	Aver.	0.22	12.21	1.02	29.84	11.91
		Max.	0.55	15.19	1.90	39.52	16.29
		Min.	0.06	9.32	0.07	23.66	5.14

Table 2. Analytical results of heavy metals in soil of the 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

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, 農耕地域, 廢棄物 埋立地域, 그리고 河川水 利用地域의 順으로 높게 나타났다. Cd含量은 1986年度 調査値보다 전반적으로 낮게 나타났다.

며, 특히 綠地地域은 0.06mg/kg으로 대단히 낮았다. 日本 농림성¹¹⁾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 1.01mg/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 작년과 同一하게 最高値 0.87mg/kg이며, 農耕地로는 利用되고 있지는 않았다. 綠地地域인 도봉산은 0.01mg/kg으로 最低値를 나타내 人爲的인 汚染이 거의 없음을 推測할 수 있었다.

Cd에 의한 中毒은 汚染된 쌀 등의 섭취시에 일어나며 만성 中毒時에는 肺硬化증인 「이따이 이따이병¹²⁾」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 定하고 있다.

Cu : Cu의 可溶性 含量은 工業地域이 33.46(0.70~73.92)mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域에서 3.79(1.58~6.84)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그 밖의 地域에서는 4.69~12.21(1.30~49.06)mg/kg의 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, 市界隣接地域이 다소 높아진 12.21mg/kg으로 나타났다.

日本 농림성¹⁰⁾이 本 調査와 同一한 0.1N-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/kg으로 綠地地域을 제외한 全地域의 濃度보다 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/kg을 나타내 심각한 水準에까지 이른 것으로 推測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 痲痺, 근육경련, 중추신경의 흥분과 긴장 및 신장 장애를 일으킨다.⁸⁾

Cu의 土壤 中 農作物 栽培를 制限할 수 있는 汚染기 준을 125mg/kg 以上으로 定하고 있다.

As : As의 可溶性 含量은 住居地域이 1.80(0.06~3.18)mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域이 0.43(0.10~1.27)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그 밖의 地域에서는 0.64~1.65(0.12~7.42)mg/kg의 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/kg으로 대단히 낮게 나타났다.

涉谷等¹⁰⁾이 우리나라의 土壤 中 As濃度를 4.6±2.6 mg/kg으로 報告하였다. 이것은 總含量이고, 本 調査는 可溶性 含量이므로 比較하기는 어려우나 金等⁴⁾이 總含量과 可溶性 含量을 比較實驗한 結果, As總含量 中의 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 환산하여 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 1N-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 100~300mg/man¹¹⁾ 이다.

Zn : Zn의 可溶性 含量은 市界隣接地域이 29.84

(23.66~39.52)mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域이 17.32(3.99~33.46)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그 밖의 地域에서는 19.62~26.71(10.11~42.63)mg/kg의 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.

1986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/kg에서 26.71mg/kg으로 다소 낮아졌다.

日本 농림성¹⁰⁾이 調査한 0.1N-HCl 可溶性 亞鉛의 結果는 水田 20.7mg/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 42.63mg/kg으로 最高值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 推測된다.

Zn은 生體內 必須元素로 호르몬, 효소의 構成性분이 되며 飲食物의 攝取로 過剩의 경우에도 健康障礙가 거의 없다고 한다.¹⁰⁾ 오히려 0.1N-HCl 可溶性 Zn이 土壤에서 6.7mg/kg 以下¹⁰⁾일때 Zn 缺乏現狀으로 성장이 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. 그 밖의 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 順으로 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 最高值 41.24 mg/kg이었으며, 土壤 採取 당시 채소를 栽培하고 있었던 신내동이 27.76mg/kg으로 높게 나타나 Pb性分の 채소로의 移行이 憂慮된다.

本 調査에서의 各 重金屬의 分포는 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-Zn과의 關係는 $r=0.612$ ($p<0.01$)로 5가지 重金屬 中 가장 높은 有意水準을 나타내었는 바 Cd과 Zn은 지구화학적으로 共存¹²⁾하기 때문인 것으로 思慮된다. 그 밖의 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의인 相關關係를 나타내었다.

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

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

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

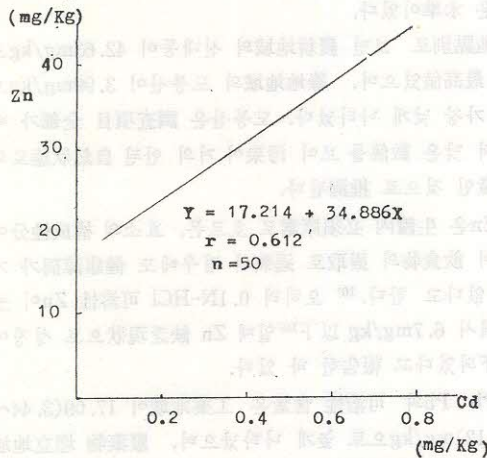


Fig. 5. Correlation of Cd-Zn concentrations in the soil.

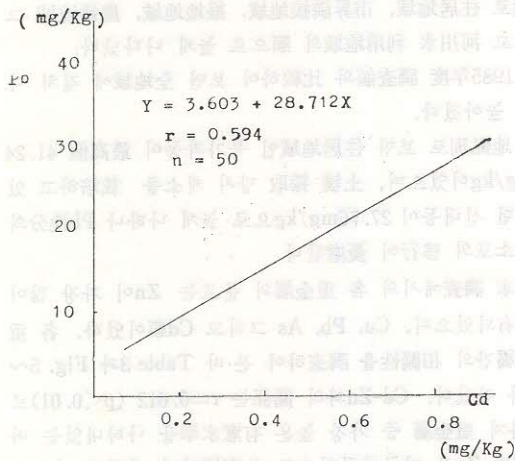


Fig. 6. Correlation of Cd-Pb concentrations in the soil.

壤에서 栽培되고 있는 作物과 土壤사이의 重金屬濃度를 比較하여 作物로의 移行이 어느 程度인가를 把握하여야 겠다,

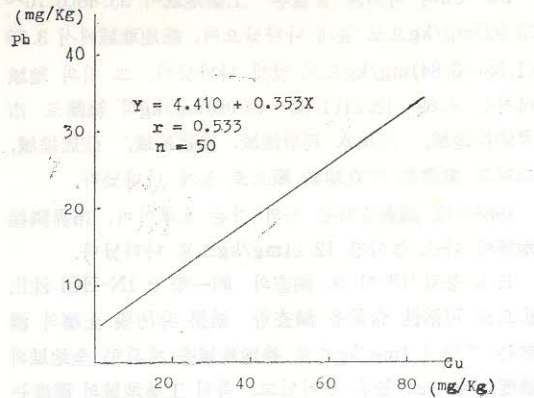


Fig. 7. Correlation of Cu-Pb concentrations in the soil.

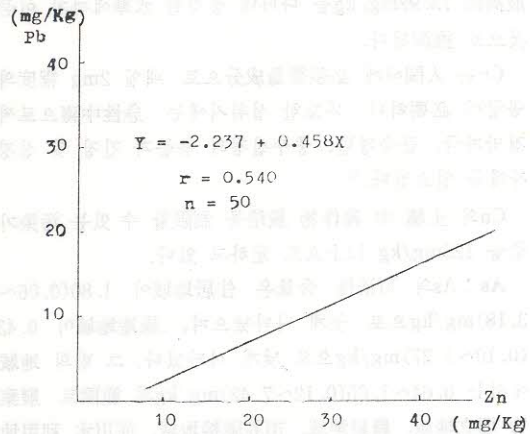


Fig. 8. Correlation of Zn-Pb concentrations in the soil.

結 論

1986年 5月부터 12월에 걸쳐 서울시 各 地域別 50個 地點 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 ± 0.159 mg/kg으로 가장 높았으며, 綠地地域이 0.06 ± 0.047 mg/kg으로 가장 낮았다. 그 밖의 地域은 0.10~0.22 mg/kg이었다.

2. Cu의 地域別 平均含量은 工業地域이 33.46 ± 31.345 mg/kg으로 가장 높았으며, 綠地地域이 3.79 ± 1.630 mg/kg으로 가장 낮았다. 그 밖의 地域은 4.69~12.21mg/kg이었다.

3. As의 地域別 平均含量은 住居地域이 1.80 ± 1.590 mg/kg으로 가장 높았으며, 綠地地域이 0.43 ± 0.433 mg/kg으로 가장 낮았다, 그 밖의 地域은 0.64~1.65

mg/kg이었다.

4. Zn의 地域別 平均含量은 시계인접지역이 29.84 ± 6.819 mg/kg으로 가장 높았으며, 綠地地域이 17.32 ± 9.919 mg/kg으로 가장 낮았다. 그밖의 地域은 $19.62 \sim 26.71$ mg/kg이었다.

5. Pb의 地域別 平均含量은 工業地域이 17.09 ± 17.00 mg/kg으로 가장 높았으며, 廢棄物 埋立地域이 5.21 ± 4.790 mg/kg으로 가장 낮았다. 그 밖의 地域은 $5.67 \sim 14.10$ mg/kg이었다.

6. 重金屬의 分布는 $Zn > Cu > Pb > As > Cd$ 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·韓仙禧·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 耗作地汚染度調査, 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 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변 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).