

서울市 一圓의 土壤 汚染度 調査

서울市 保健環境研究院

金洪濟 · 張桂榮 · 李光國 · 李靜子 · 朴相賢 · 朴聖培

Studies on the Pollution in the soils of Seoul Area.

Industrial waste division

Hong Je Kim, Kay Young Jang, Kwang Kuk Lee,
Jung Ja Lee, Sang Hyun Park, Sung Bae Park

==Abstract==

This study was carried out to investigate the pollution of heavy metals and pH in soil, collects from the 146 sampling sites in 1988.

The results were as follows;

1. In the average contents of Cd, the highest value was 0.46 ± 0.51 mg/kg in the Industrial area, the lowest value was 0.13 ± 0.14 mg/kg in the Greenbelt area, and $0.25 \sim 0.46$ mg/kg in the other areas.
2. In the average contents of Cu, the highest value was 35.77 ± 13.66 mg/kg in the Motor way area, the lowest value was 3.96 ± 3.34 mg/kg in the Greenbelt area, and $8.59 \sim 27.55$ mg/kg in the other areas.
3. In the average contents of As, the highest value was 0.81 ± 0.91 mg/kg in the Farming area, the lowest value was 0.23 ± 0.14 mg/kg in the Greenbelt area, and $0.50 \sim 0.73$ mg/kg in the other areas.
4. In the average contents of Zn, the highest value was 65.83 ± 12.74 mg/kg in the Center of city area, the lowest value was 13.64 ± 10.50 mg/kg in the Greenbelt area, and $21.24 \sim 60.39$ mg/kg in the other areas.
5. In the average contents of Pb, the highest value was 121.43 ± 86.53 mg/kg in the Moter way area, the lowest value was 8.87 ± 8.42 mg/kg in the Farming area, and $9.04 \sim 70.24$ mg/kg in the other areas.
6. In the average contents of pH, the highest value was pH 7.28 ± 0.59 in the Moter way area, the lowest value was pH 4.58 ± 0.78 in the Greenbelt area, and pH $5.73 \sim 7.19$ in other areas.
7. The order of the distribution of heavy metals was $Zn > Pb > Cu > As > Cd$. There was significantly correlation between Cd-Zn, Cu-Zn, Pb-Zn, Pb-Cu and Cu-Cd ($p < 0.01$).
8. There was significantly correlation between pH-Zn, pH-Cu, pH-Pb and pH-Cd ($p < 0.01$).

結 論

生態係라는 自然의 基本단위로 構成된 自然環境은 生物과 環境이 하나로 조화된 것이다. 이 조화된 環境

에, 産業의 發達, 人口의 增加등을 통한 汚染으로 均衡이 깨어진다.

그중 土壤汚染¹⁾은 인위적인 汚染物質이 土壤에 流入 吸着되어 土壤의 造成을 변화시키고, 이를 이용하는 動植物의 生育을 저해하는 등, 통상 自然狀態로서 期

待되는 바의水準을 떠난 非正常的인 惡化를 意味하며, 土壤의 特性상 직접 人間에게 위해를 끼치지 않지만 農耕地 土壤의 汚染은 農作物을 沮害시킬뿐 아니라 汚染된 農作物을 섭취하는 人間에게 커다란 危害를 끼치는 間接汚染이므로 水質汚染이나 大氣汚染과 그 性質이 다르다. 특히 일단 汚染된 土壤은 自然的인 除去가 거의 不可能하여 계속적으로 汚染이 加重되는 새로운 형태의 蓄積성 汚染으로서 이에 대한 사후 對策은 스스로 한계를 지니므로 根本的인 事前汚染 防止對策이 필요하다. 이에 土壤汚染에 대한 基礎調査의 일환으로 1977年¹⁾부터 계속 重金屬등에 의한 土壤汚染여부와 土壤의 酸性度를 檢討·報告하는 바이다.

調査對象 및 方法

調査期間: 1988年 5月~1988年 12月

調査項目: 調査項目은 前年度와 같은 Cd, Cu, As, Zn, Pb 등의 重金屬 項目과 pH項目을 調査對象으로 하였다.

調査地點: 前年度⁷⁾와 같이 9個地域으로, 調査地點은 총 146個所로 다소 줄었는데, 이것은 APT단지의 造成, 住宅設立등으로 採取 不可能했기 때문이다. 地域別 調査地點으로 農耕地地域 30個所, 綠地地域 18個所, 工業地域19個所, 廢棄物埋立 地域 5 個所, 住居地域22個所, 市界隣接地域19個所, 都心地域12個所, 副都心地域11個所, 그리고 自動車專用道路地域이 10個所로 그 位置는 Fig. 1과 같다

試驗方法

試料採取 및 試料調劑: 環境汚染公定驗試法⁹⁾ 土壤偏에 準하여 하였다.

分析機器:

- Atomic Absorption Spectrophotometer (Varian Spectr AA 30P)
- Vapor Generation (Varian VGA-76)
- Ion Analyzer (ORION RESEARCH EA 940)

試驗方法: 重金屬과 pH등은 前年度⁷⁾와 같이 環境汚染公定驗試法,⁹⁾ 重金屬測定法,¹¹⁾ 衛生驗試法注解¹²⁾에 準하여 하였으며, As는 Ag-DDTC를 이용한 吸光光



Fig. 1. Sampling sites in Seoul area.

度法⁹⁾에서 Vapor Generation을 이용한 原子吸光光度法¹⁰⁾으로 하였다. Vapor Generation을 이용한 原子吸光光度法은 Fig. 2와 같으며 條件은 Table 1에 제시되었다.

結果 및 考察

서울市 一圓 9個地域 146個地點의 農耕地, 花壇 그리고 街路樹등 植物이 生育되고 있는 土壤의 Cd, Cu, As, Pb, Zn과 pH에 대한 可溶性 含量을 調查·分析한 結果가 Table 2 및 Table 3에 제시되었다.

Cd: 土壤中 0.1N-HCl 可溶性 Cd의 含量은 工業地域이 평균 0.40(0.07~2.42)mg/kg으로 높게 나타났으

며, 綠地地域은 평균 0.13(0.02~0.44)mg/kg으로 낮게 나타났다.

그밖의 地域에서는 평균 0.25~0.46 (0.03~1.96) mg/kg의 범위로 都心地域, 자동차 專用道路地域, 副都心地域, 廢棄物埋立地域, 農耕地, 市界隣接地域 그리고 住居地域順으로 나타났다. 전체적으로 可溶性 Cd의 土壤中 含量이 1986,⁹⁾ 87¹⁰⁾年度 調査値와 類似한 結果를 나타내어 별다른 汚染의 變化는 없었던 것으로 思料된다. Cd은 人體의 健康을 阻害하는 汚染物質로 아연광에 많이 含有하였으며, 안료·도료등의 劑調, 진천저 劑調및 타이어 劑調등에 많이 이용되고 있다. 본 調査에서 工業地域과 자동차의 通行이 빈번한 都心, 副都心, 자동차 專用道路 地域이 전체 平均値를 上廻하는 것은 자동차 타이어가 路面과의 마찰로 인한 마모로 飛散되어 주변에 影響을 미친것이 아닌가 思料된다. 日本 농립성¹³⁾이 調査한 可溶性Cd의 汚染地域 平均含量이 1.01mg/kg 이었는데 본 調査에서는 이와 유사한 방화동의 논과 구로공단의 공장화단 두곳뿐이였으며, 一般地域의 平均含量이 0.33mg/kg이었는데 본 調査의 전체 平均치도 이와 유사하게 나타났다.

Cu: 土壤中 0.1N-HCl 可溶性Cu의 含量은 자동차 專用道路地域이 평균 35.74(17.73~54.82)mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域이 평균 3.96(1.11~15.69) mg/kg으로 낮게 나타났다.

그밖의 地域에서는 평균 8.59~27.55(0.10~61.54) mg/kg의 범위로 工業地域, 副都心地域, 都心地域, 市界隣接地域, 住居地域, 廢棄物埋立地域 그리고 農耕地

Table 1. Vapor generation requirements.

Inert gas	Nitrogen	
	Pressure	325kPa
	Flow	90ml/min.
Hydrochloric acid	Concentration	5Molar
	Flow	1ml/min.
Sodium borohydride	Concentration	0.6% w/v
	Flow	1ml/min.
Sample	Consumption	5ml per analysis
	Flow	7ml/min.
Cell heating	Air-acetylene flame	

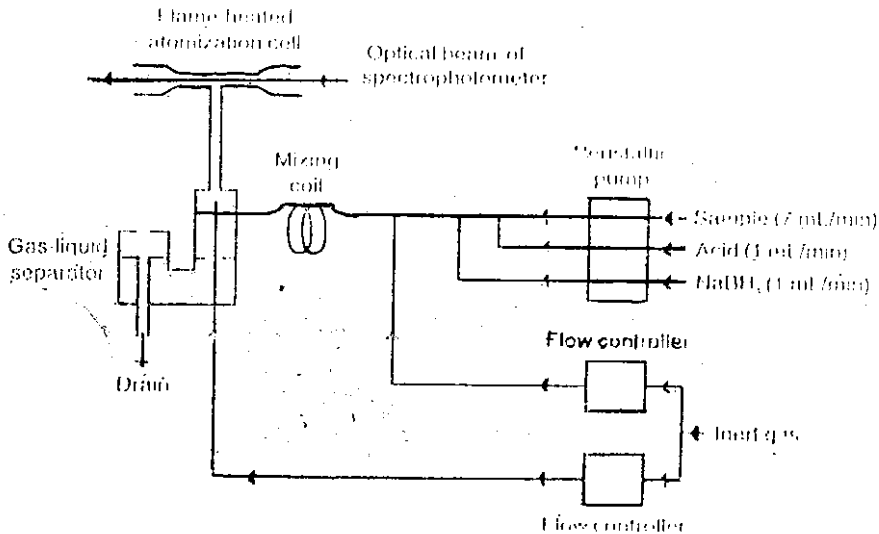


Fig. 2. Schematic of Vapor Generation Accessory.

Table 2. Analytical results of heavy metals & pH in soil at nine areas. (Unit : mg/kg)

Sampling area	n		pH	Cd	Cu	As	Zn	Pb
Farming	30	Ave	5.73	0.32	8.59	0.81	21.24	8.87
		Max	7.03	1.96	26.62	5.23	44.80	38.47
		Min	4.09	0.08	1.05	0.11	5.22	1.42
Greenbelt	18	Ave	4.58	0.13	3.96	0.23	31.64	9.04
		Max	7.16	0.44	15.69	0.73	42.05	23.25
		Min	3.93	0.02	1.11	0.06	3.23	2.87
Industrial	19	Ave	6.46	0.46	27.55	0.50	41.55	23.23
		Max	7.58	2.42	55.11	1.11	79.85	69.08
		Min	4.40	0.07	4.09	0.16	15.87	4.92
Reclamated waste	5	Ave	7.12	0.33	9.38	0.73	38.85	14.14
		Max	7.68	0.39	20.47	1.51	43.18	29.91
		Min	5.94	0.29	4.05	0.36	18.99	6.21
The outward of Seoul	19	Ave	6.25	0.26	14.70	0.63	29.61	18.18
		Max	8.34	0.75	52.37	3.22	60.05	79.13
		Min	4.43	0.03	1.78	0.07	4.28	2.96
Residential	22	Ave	7.08	0.25	11.73	0.65	22.24	10.91
		Max	7.99	0.61	54.81	2.16	59.85	57.98
		Min	4.77	0.02	0.27	0.17	9.42	1.73
The center of city	12	Ave	7.19	0.46	21.44	0.53	65.83	70.24
		Max	7.97	0.97	54.08	0.70	81.82	271.18
		Min	4.88	0.18	4.01	0.32	47.22	8.32
The outskirts of Seoul	11	Ave	7.14	0.34	21.85	0.58	46.11	38.43
		Max	7.81	0.61	61.54	0.89	64.26	75.12
		Min	5.73	0.18	0.10	0.35	2.23	15.59
Motor way	10	Ave	7.28	0.37	35.74	0.59	60.39	121.43
		Max	8.05	0.50	54.82	1.13	71.30	334.04
		Min	6.02	0.22	17.73	0.30	33.71	11.99

Table 3. Analytical results of heavy metals & pH in soil of Seoul area.

(Unit : mg/kg)

Classification	Average	Range
pH	6.33	3.93~ 8.34
Cd	0.31	0.02~ 2.42
Cu	15.70	0.10~61.54
As	0.59	0.06~ 5.23
Zn	33.16	2.23~81.82
Pb	27.44	1.42~334.04

域 順으로 나타났다. 可溶性 Cu도 토양중 함량이 1986, 87^년年度 조사치와 類似한 結果를 얻었으며, 綠地地域이 3.96mg/kg으로 가장 낮게 나타난 것도 예년과 큰 차이가 없었다. Cu는 農産物의 收穫量 減少 및 品質低下에 영향을 미치며 동관제조, 활자제조, 도금공장 및 제약공장등 그 쓰이는 용도가 상당히 많은 것으로 알려져 있다. 본 調査에서는 자동차 專用道路地域과 工業地域이 높게 나타났고, 시흥대로의 말미고개 농도가 61.54mg/kg으로 前年度⁷⁾와 같이 가장 높게 나타났다으며, 그 원인에 대해서는 더 調査되어야 할 것으

로 思料된다. 그 밖의 地域도 日本 농림성¹³⁾과 柳 등¹⁴⁾이 調査한 것 보다 높은 것으로 나타났으며, 이에 대한 연구검토가 계속적으로 이루어져야 하겠다.

As: 土壤中 1N-HCl 可溶性 As의 含量은 農耕地域이 평균 0.81(0.11~5.23)mg/kg으로 높게 나타났으며 綠地地域이 평균 0.23 (0.06~0.73)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그 밖의 地域에서는 평균 0.50~0.73(0.07~3.22)mg/kg의 범위로 廢棄物埋立地域, 住居地域, 市界隣接地域, 자동차 專用道路地域, 副都心地域, 都心地域 그리고 工業地域順으로 나타났다.

As는 인체의 健康 및 農産物의 收穫量減少를 극히 저해시키며 농약제조, 안료제조, 의약품 제조 및 광산, 제련소 등에서 많이 쓰이며 廢水로도 배출된다. 本 調査에서는 農耕地域이 다른 地域보다 높게 나타났으며 이는 오랫동안 As가 함유된 농약등을 사용한 結果인 것으로 思料되며, 신대동 배추밭에서 5.23mg/kg으로 가장 높게 나타난 것은 이곳이 매립지이므로 오염된 매립토양의 영향때문인 것으로 思料된다. 可溶性 As의 토양中 含量이 1986,⁶⁾ 87⁷⁾年度 조사치보다 다소 낮은 結果를 보였는데 柳¹⁴⁾ 등이 調査한 非汚染 農耕地域과 類似的한 結果를 얻었다.

올해에는 비소의 分析方法을 吸光光度法⁹⁾에서 原子吸光光度法⁹⁾으로 바꾸었으며, 전년에 비하여 분석치가 다소 낮은 것은 시험方法의 영향도 있을 것으로 사료되나 이에 대한 비교는 하지 못하였으며, 앞으로 두가지 방법에 대하여 비교·검토 되어야 할 것으로 思料된다.

Zn: 土壤中 0.1-HCl 可溶性 Zn의 含量은 都心地域이 평균 65.83(47.22~81.82)mg/kg으로 높게 나타났으며, 綠地地域이 평균 13.64(3.23~42.05)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는 평균 21.34~60.39 (2.23~79.85)mg/kg의 범위로 자동차 專用道路地域, 副都心地域, 工業地域, 廢棄物埋立地域, 市界隣接地域 住居地域 그리고 農耕地域 順으로 낮았다. 可溶性 Zn의 토양中 含量이 1986,⁶⁾ 87⁷⁾年度 조사치보다 높은 것으로 나타났으며 農耕地域, 綠地地域과 住居地域등은 日本농림성¹³⁾이 조사한 農耕地域의 平均과 유사한 結果를 얻었다. 都心地域과 자동차 專用道路地域은 높게 나타나 오염현상으로 추정할수 있었으며, 청계천 4가 공구상가앞 街路樹 밑에서 가장 높은 수치인 81.82 mg/kg을 나타낸 것은 특이한 경우였다.

Zn은 Zn합금, 도자기 유약, 농약, 도로, 전선지 및 무기약등등에 광범위하게 이용되고 있으며 動植物의 필수 미네랄 元素로서도 중요하다. 과잉¹¹⁾일 때는 인간의 健康에 害를 끼치며, 작물의 生育阻害를 일으키

는 것으로 알려져 있다.

Pb: 土壤中 1N-NH₄Ac 可溶性 Pb의 含量은 자동차 專用道路地域이 평균 121.43(11.99~334.04)mg/kg으로 높게 나타났으며 農耕地域이 평균 8.87(1.42~38.47)mg/kg으로 낮게 나타났다. 그 밖의 地域에서는 평균 9.04~70.24(1.73~271.18)mg/kg의 범위로 都心地域, 副都心地域, 工業地域, 市界隣接地域, 廢棄物埋立地域, 住居地域, 그리고 綠地地域 順으로 낮았다.

Pb는 鑛山, 蓄電池工場, 鍍金工場 및 砒酸鉛(農藥)등에 의하여 오염될수 있으며, 자동차用 휘발유^{16,18)}에 gallon당 3~7cc 含有되는 anti-knocking agent 인 tetraethyl Lead {Pb(C₂H₅)₄}와 tetramethyl Lead {Pb(CH₃)₄}의 영향으로 교통량이 많은 곳에서의 Pb含量이 상당히 높게 나타난 것으로 보인다. 또한 교통량이 많은 곳에서의 가로수일 Pb함유량^{20,21)} 높은 것도 위와 같은 영향으로 思料된다. 근래에는 무연휘발유로 운송되는 차량이 生産되므로 개선의 여지가 다소 기대될수 있을 것으로 思料된다.

pH: 前年度⁷⁾에 이어 두번째로 調査된 pH는 자동차 專用道路地域이 평균 pH 7.28(6.02~8.05)로 나타났으며 綠地地域은 평균 pH 4.58(3.93~7.16)으로 낮게 나타났다. 그밖의 地域에서는 평균 pH 5.73~7.19(4.09~8.34)의 범위로 都心地域, 副都心地域, 廢棄物埋立地域 住居地域, 市界隣接地域, 工業地域 그리고 農耕地域 順으로 낮았다.

土壤의 성질이 酸性¹⁸⁾이 되면 직접, 간접으로 作物 生長에 阻害를 일으키는데, 직접적으로 영향을 미치는 것은 土壤中에 수소이온이 많아지면 作物細胞液의 농도가 변하여 生育을 阻害하며, 토양이 酸性化되어 pH가 낮아지면 알루미늄이 活性化하여 作物의 營養吸收를 저해하고 또 水溶液의 산성물질을 不溶性으로 만들어 인산결핍을 초래한다. 그리고 염기성 물질 특히 置換性石灰가 결핍하므로 石灰缺乏을 招來하여 작물의 成長을 나쁘게 한다. 간접적 영향으로는 微生物이 악영향을 미쳐 토양의 화학적 성질을 惡化시키고 또 염기의 流出을 촉진시켜 土壤을 老後化시키는 것이다. 農耕地域의 평균 pH는 5.73으로 前年度⁷⁾와 1986年 柳 등¹⁴⁾이 調査한 鑛山地域 農耕地 평균 pH 6.0과 類似的한 結果를 보였다. 전체 평균은 pH 6.33이나 綠地地域과 農耕地域등은 pH 4.58, pH 5.73등으로 pH가 낮아 이에 대한 연구, 검토가 필요하리라 본다. 都心地域, 자동차 專用道路地域등은 中性이었다. pH의 水稻 生育적 정 pH인 5.5~6.1의 범위¹⁷⁾를 벗어난 곳이 農耕地域中에 여러곳이 있었으며, 重金屬은 정도에 따라 作物에 過剩吸收될 우려도 배제할수 없으므로 作物의 栽培

的 측면뿐만 아니라, 重金屬의 吸收的인 측면까지도 고려하여 土壤中的 적정 pH가 유지되어야 한다고 思料된다.

* * *

本 調査에서 各 重金屬의 分布는 Zn이 가장 많이 含有되어 있으며 Pb, Cu, As 그리고 Cd順이었다. 各 重金屬 成分 및 pH 成分間 相關性을 調査하여 본래 Table 4와 같았다.

Cd-Zn과의 關係¹⁵⁾는 $r=0.549(p<0.01)$ 로 86,⁶⁾ 87⁷⁾年度와 같이 重金屬간의 가장 높은 有意水準을 나타냈으며, 자연계의 경우, Cd와 Zn은 지구 화학적으로 공존하고, 그 존재비¹⁹⁾는 Cd/Zn이 대략 1/200으로 추정되어지고 있다. 본 조사에서는 이보다 높은 1/110의 결과를 보였다.

Pb-Zn¹⁵⁾이 $r=0.523(p<0.01)$, Pb-Cu가 $r=0.369(p<0.01)$, Cu-Cd이 $r=0.331(p<0.01)$ 이며 Pb-Cd¹⁵⁾는 $r=0.296(p<0.01)$ 으로 有意的인 相關關係를 나타냈는데, 이는 86,⁶⁾ 87⁷⁾年度조사결과와 거의 일치했으며 柳登¹⁷⁾이 調査한 결과와도 類似했다. pH와 重金屬간의 상관성¹⁷⁾은 pH에 따라 重金屬의 溶출율이 변하는 것으로 나타났다.

pH-Zn과의 關係는 $r=0.313(p<0.01)$, pH-Cu가 $r=0.241(p<0.01)$, pH-Pb가 $r=0.224$ 이며 pH-Cd는 $r=0.176$ 으로 有意性있는 相關關係를 나타냈으며, 柳¹⁷⁾ 등과는 pH-Cd에서 단 類似한 結果를 얻었는데, 이는 앞으로 계속 더 연구 검토되어야 할 것으로 본다. 土壤調査는 農作物과 더불어 研究¹⁹⁾되어야 하며, 그 溶出 Mechanism에 대한 生化學的 研究, 作物의 生育에 미치는 영향, 그리고 重金屬의 作物로의 移行關係등을 계속 研究해야 할 것이다.

結 論

1988年 5월부터 12월에 걸쳐 서울시 一圓의 地域別

Table 4. Correlation coefficient between heavy metals & pH in soil.

	Cd	Cu	As	Zn	Pb	pH
Cd	1.000					
Cu	**0.331	1.000				
As	*0.177	-0.021	1.000			
Zn	**0.549	**0.526	0.121	1.000		
Pb	**0.296	**0.369	0.080	**0.523	1.000	
pH	**0.176	**0.241	0.074	**0.313	**0.224	1.000

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

146個 地點 토양중의 可溶性 重金屬含量과 pH를 調査하였다.

1. Cd의 地域別 平均含量은 工業地域이 0.46 ± 0.51 mg/kg으로 높았으며, 綠地地域이 0.13 ± 0.14 mg/kg으로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 $0.25\sim 0.46$ mg/kg이었다.

2. Cu의 地域別 平均含量은 자동차 專用道路地域이 35.74 ± 13.66 mg/kg으로 높았으며, 綠地地域이 3.96 ± 3.34 mg/kg으로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 $8.59\sim 27.55$ mg/kg이었다.

3. As의 地域別 平均含量은 農耕地域이 0.81 ± 0.91 mg/kg으로 높았으며, 綠地地域이 0.23 ± 0.14 mg/kg으로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 $0.50\sim 0.73$ mg/kg이었다.

4. Zn의 地域別 平均含量은 都心地域이 65.83 ± 12.74 mg/kg으로 높았으며, 綠地地域이 13.64 ± 10.50 mg/kg으로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 $21.24\sim 60.39$ mg/kg이었다.

5. Pb의 地域別 平均含量은 자동차 專用 道路地域이 121.43 ± 86.53 mg/kg으로 다른조사지역에 비하여 높았으며, 農耕地域이 8.87 ± 8.42 mg/kg으로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 $9.04\sim 70.24$ mg/kg이었다.

6. pH의 地域別 平均은 자동차 專用道路地域이 pH 7.28 ± 0.59 로 높았으며, 綠地地域이 pH 4.58 ± 0.78 로 낮았다. 그 밖의 地域은 평균 pH $5.73\sim 7.19$ 이었다.

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

8. 重金屬과 pH는 pH-Zn, pH-Cu, pH-Pb 그리고 pH-Cd 사이에 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, 韓仙嬪, 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, 서울시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 汚含度調査, 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

- 서울市一圓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. 金洪濟, 金蓮千, 李靜子, 李承洲, 成始慶, 崔漢榮, 朴相賢 : 서울市 一圓의 土壤 重金屬汚染度調査 : 서울特別市 保健環境研究所報, 22:168 (1986).
 7. 金洪濟, 金蓮千, 李靜子, 朴相賢, 朴聖培 : 서울市 一圓의 土壤汚染度調査 : 서울特別市 保健環境研究所報, 23:476 (1987).
 8. 環境廳 : 環境保全, p.355 (1986).
 9. 環境廳 : 環境汚染公定試驗法(土壤篇) p.248 (1986).
 10. 環境保全法(1983).
 11. 澁谷政夫, 小山雄生, 渡邊久男 : 重金屬 測定法, 博友社(1978).
 12. 日本藥學會 : 衛生試驗法注解, 金原出版株式會社, 東京(1980).
 13. 山本茂樹 : 土壤汚染의 現象과 對策化學工業, 24: 6, 120 (1973).
 14. 柳弘一, 金仁基, 金學樞, 金盛煥 : 農耕地및 農作物中 有害物質汚染에 관한 研究, 國立環境研究所報 8:231 (1986).
 15. Little, P., and Martin, M.H., A. Survey of Zinc, Lead and Cadmium in soil and natural vegetation around a smelting complex, Environ, Pollut., 3:241 (1972).
 16. Kim Byung Woo, Study on the effect of heavy metal in growth of various plants, 391(1980)
 17. 柳弘一, 全盛煥, 李敏孝, 俞順珠, 許成南, 金秀妍 : 土壤汚染 基準設定 合理化에 관한 研究, 國立環境研究院, 73(1987)
 18. 車鍾煥 : 環境汚染과 植物, 電波科學社, 서울 (1976).
 19. 小林隆, 日野誠二, 東本通武 : 耕地土壤 微量重金屬についで, 公害と對策, 1013(1973)