

# 道路邊에 隣接한 耕作地 土壤 및 作物體中の 鉛汚染

## 第1報. 耕作地 土壤中の 鉛汚染 및 化學的 形態

李錫俊 · 金章億\*

### Pollution of Pb in paddy field soil and rice plants at roadside areas

#### I. Pollution of Pb in paddy field soil and its chemical forms

Seog-June Lee and Jang-Eok Kim\*

##### Abstract

The object of this study was to investigate the pollution of Pb in paddy field soil with different distance from roadside and to find out the relationship between the ratio of chemical fractions of total Pb and soil characteristics. Lead from automobiles is exhausted as particulates composed primarily of halide compounds (PbBrCl, PbBr<sub>2</sub>, PbCl<sub>2</sub>).

The samples of soil were collected directly from the paddy fields with different distance from the roadside of highway and expressway which are located in Kyungpook province.

A sequential extraction procedure was used to fractionate Pb in paddy field soil into the designated forms of water soluble, exchangeable, organically bounded, carbonate, sulfide, and residual Pb.

Results obtained are summarized as follows.

1. The content of Pb in paddy field soil was the highest in Chungdo, 30.0 ppm, the lowest in Koryung, 14.8 ppm, and the total average content was 21.9 ppm. The effect of traffic volume was not clear, but a slight difference according to the order of opened year of roads was showed.
2. The effect of distance from roadside was not clear. The content of Pb in paddy field soil with different distance from roadside was 22.2 ppm within 10m, 22.1 ppm in 10~30m, 22.2 ppm in 30~50m, and 21.3 ppm beyond 50m.
3. The distribution of Pb fractions in soil showed a wide difference depending on soil properties. The average content of exchangeable, organically bounded, carbonate, sulfide, and residual Pb was 8.6%, 33.6%, 29.8%, 21.5%, and 6.7%, of total Pb in the soil, respectively.

---

\* 慶北大學校 農科大學 農化學科

Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyung-pook National University, Daegu 702-701, Korea

- 4. The content of organically bounded Pb in soil showed highly positive correlation with organic matter and CEC, while the content of exchangeable Pb was highly negative correlation.
- 5. With higher soil organic matter and CEC, organically bounded Pb fraction tend to be higher but exchangeable Pb fraction tend to be lower. Other forms of Pb showed no difference with soil organic matter content and CEC. The distribution of Pb fraction related to CEC showed similar tendency with that of organic matter content.

### 緒 論

보다 풍요로운 생활을 추구하기 위한 인간의慾求是 産業의 發達과 經濟成長의 側面에서는 所期の 目的을 達成할 수 있었으나 人口의 都市集中, 偏在된 資源의 無分別한 開發과 利用, 適切한 處理를 거치지 않은 汚染物質 및 廢棄物의 放出 등으로 因하여 우리들의 生活環境을 汚染시켜 왔으며 이제는 人類의 生存 그 自體에까지 威脅을 주고 있는 實情이다. 여러가지 汚染物質中에서 鉛은 우리나라 環境保全法 第2條에서는 汚染物質로 第4條에서는 特定有害物質로 規定하고 있다. 人間の 活動에 依하여 鉛이 環境中으로 流入되지 않는다 하더라도 天然的으로 飲食이나 물속에 舍有된 鉛이 體内에서 少量씩 代謝되고 있으며, 이 量이 얼마인지 正確하게 算出하기는 어려우나 1日 飲食으로부터 約 20 μg, 물로부터 約 1μg, 都市의 大氣로부터 約 10μg 程度를 吸收하는 것으로 推定된다. 體内에 吸入된 鉛은 尿를 통해서 排出되거나 뼈의  $Ca^{2+}$ 와  $Pb^{2+}$ 의 類似性으로 因하여 뼈에 蓄積되게 되는데 뼈에 蓄積된 鉛의 生物學的 半減期는 2~3年 程度로 推算하고 있으며, 體内에서 鉛은 中樞神經障礙, 腎臟障礙, 胃腸系統障礙, 疲勞, 頭痛, 貧血 등을 일으키며 特히 어린이에게 해로운 것으로 알려져 있다.<sup>(1, 2)</sup>

工業的으로 鉛은 自動車의 Battery, 彈藥, 베어링, 印刷用 活字, 顔料, 光澤劑, 노킹 防止劑 등에 널리 쓰이며, 특히 環境保全法 施行令 23條에서 가솔린 燃料의 燃燒 效率을 높이기 위한 노킹 防止劑로서 使用되는 Tetraethyl lead는 普通 燃料 L당 Pb로서 有鉛揮發油의 境遇 0.3g, 無鉛揮發油의 境遇 0.013g 以下로 添加量을 制限하고 있으나 自動車數의 急速한 增加로 因하여 使用되는 量도 점차 增加하는 趨勢에 있다. 自動車 燃燒裝置에 依하여 大氣中으로 飛散되는 鉛化合物은 大部分이 Lead

halide( $PbBrCl$ ,  $PbCl_2$ ,  $PbBr_2$ )形態로 排出되는데 大氣中 鉛汚染의 98.2% 程度를 차지하는 것으로 알려져 있다.<sup>(3, 4)</sup>

自動車 燃燒裝置에 依하여 大氣中으로 飛散되는 鉛化合物의 道路邊 蓄積에 關係서는 많은 研究 效果가 報告되어 있으며 道路의 年齡, 交通量, 道路로부터의 距離, 바람의 方向 및 여러가지 氣候要素의 影響을 받는 것으로 알려져 있다.<sup>(5, 6, 7)</sup> 土壤中에 落下된 鉛化合物은 그 自體의 낮은 溶解性으로 因하여 比較的 不動性으로 土壤 微生物, 沈澱, 土壤自體와의 收着 또는 이온 交換, 有機物에의 吸着 등에 依하여 不動化된다고 알려져 있다.<sup>(8)</sup>

産業社會가 發達할수록 自動車의 숫자는 急激히 增加하고 있고 이로 因하여 自動車의 排氣가스에 包含된 鉛化合物도 많이 排出되고 있어서 道路邊에 隣接한 耕作土壤 및 作物體의 鉛汚染에 關한 最近의 資料들이 要求되고 있으므로 本 研究에서는 開通年度와 交通量이 서로 다른 高速道路 및 國道邊에 隣接한 地點을 選定하여 畚土壤에서의 鉛汚染度 및 土壤中 鉛化合物의 化學的 形態別 分布를 調査한 結果를 報告하고자 한다.

### 材料 및 方法

#### 1. 實驗材料

本 研究에 使用된 試料는 1989年 10月 1日부터 10月 30日까지 慶尙北道內의 京釜高速道路(1~6), 邱馬高速道路(7~8), 88울림고속道路(9~10), 大邱-安東國道(11~12), 大邱-永川國道(13~14), 慶州-浦項産業道路(15), 慶州-蔚山國道(16), 大邱-清道國道(17~18) 邊에 隣接한 畚土壤 18個 地點을 選定하여 土壤試料를 直接 採取하였으며 試料 採取地點은 Fig.1과 같다.

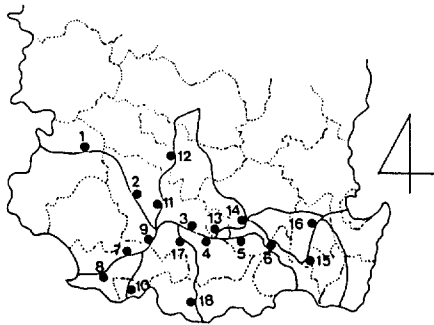


Fig. 1. Sampling locations in the roadside areas.

- |                |                 |                |
|----------------|-----------------|----------------|
| 1 : Daesin     | 2 : Seogjeog    | 3 : Bulrodong  |
| 4 : Jinryang   | 5 : Daechang    | 6 : Geoncheon  |
| 7 : Nongong    | 8 : Koryoung    | 9 : Seodaegu   |
| 10 : Hyunpoong | 11 : Dongmyoung | 12 : Byoungsoo |
| 13 : Hayang    | 14 : Youngcheon | 15 : Kyungju   |
| 16 : Ankaeng   | 17 : Yeonho     | 18 : Cheongdo  |

試料採取 방법은 道路로부터 距離別로 10m以內, 10~30m, 30~50m, 50以上の 4區間으로 區分하였고 各區間에서 5點씩 表土에서 10cm까지의 土壤을 採取하였으며, 採取한 土壤試料은 實驗室에서 充分히 風乾시킨 後 2mm篩를 通過한 試料을 本 研究에 使用하였다. 試料 採取 地點에서의 交通量은 韓國道路公社 慶尙北道 支社와 慶尙北道道廳의 協助로 詳細히 把握할 수 있었다.

## 2. 分析 方法

1) 土壤의 物理化學性 分析 : 土壤 pH는 1 : 2.5의 現탁액에 對하여 硝子電極法으로 測定하였으며, 有機物 含量은 Tyurin 法으로, 總窒素는 Kjeldahl 法으로, 總磷酸은 Vanadate法으로, 양이온 치환용량은 Schofield法으로, 土性은 Pipette法으로, Fe含量과 K含量은 鉛分析 後 餘液으로 測定하였다.<sup>9), 10)</sup>

2) 全 鉛分析 : 土壤試料 2g을 250mL 삼각플라스크에 稱量한 다음 conc.  $\text{NH}_3$ , 30mL, conc.  $\text{HClO}_4$ , 20mL를 加하여 Hot-plate上에서 分解液의 色이 거의 白色으로 떨때까지 加熱 分解시킨 다음, TOYO濾紙 NO 5B.로 濾過시키고 이 濾液을 強熱로

濃縮 乾固시킨 後, 1N- $\text{HNO}_3$ 로 溫浸抽出하여 鉛의 濃度를 Hilger Analytical H1580 原子吸收分光分析機로 283.3nm의 波長에서 air-acetylene불꽃으로 定量하였다.

3) Pb의 化學的 形態別 分析 : 土壤中에 存在하는 鉛化合物을 化學的 形態別로 定量分析하기 위하여 Miller等<sup>(11)</sup>, 柳等<sup>(12)</sup> 및 Sposito等<sup>(19)</sup>의 方法을 약간 變形한 連續抽出法을 使用하였으며 抽出課程은 Fig. 2와 같다.

土壤試料 4g을 50mL 遠心分離管에 取하여 同一한 試料에 對하여 Fig. 2의 順序에 따라 各各의 抽出液을 使用하여 定해진 時間동안 진탕 抽出한 後, 5000rpm에서 5分間 遠心分離하여 上澄液中の 鉛濃度를 原子吸收分光分析機로 定量하였다. 한 段階의 浸出이 끝나면 다음 段階의 浸出을 위하여 土壤試料에 蒸溜水를 加하여 30分 往復진탕한 後 遠心分離하여 上澄液을 버렸다. 各 段階에서의 標準澄液은 各各의 抽出段階마다 該當抽出液을 Background溶液으로 하여 調製하였다.  $\text{H}_2\text{O}$ 浸出性 鉛은 水溶態, 1M  $\text{KNO}_3$ 浸出性 鉛은 置換態, 0.1M  $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 浸出性 鉛은 有機態, 0.1M EDTA浸出性 鉛은 炭酸態, 1M  $\text{HNO}_3$ 浸出性 鉛은 黃酸態로, 不溶態 鉛은 全 鉛含量에서 各 形態別 鉛含量의 合과의 差로 計算하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 土壤試料의 物理化學的 特性

供試土壤의 物理化學的 特性은 Table 1에 나타낸 바와 같이 18個 地點에서 pH는 4.7~6.5 範圍이고, 有機物 含量은 平均 2.0%로써 대체로 우리나라 畚土壤의 平均値보다 낮았으며, CEC는 14.7me/100g으로 比較的 높은 편이었다. 國際土壤學會法에 따른 各 地域別 土性은 대신, 석적, 현풍, 동명, 병수, 청도 地域에서 Clay loam 土壤이었고, 영천에서 Silt loam, 고령에서 Sandy clay loam, 불로동, 논공, 하양, 경주, 안강 地域에서 Light clay 土壤이었고, 진량, 대창, 건천, 서대구, 연호 地域에서 Heavy clay 土壤으로 나타났다.

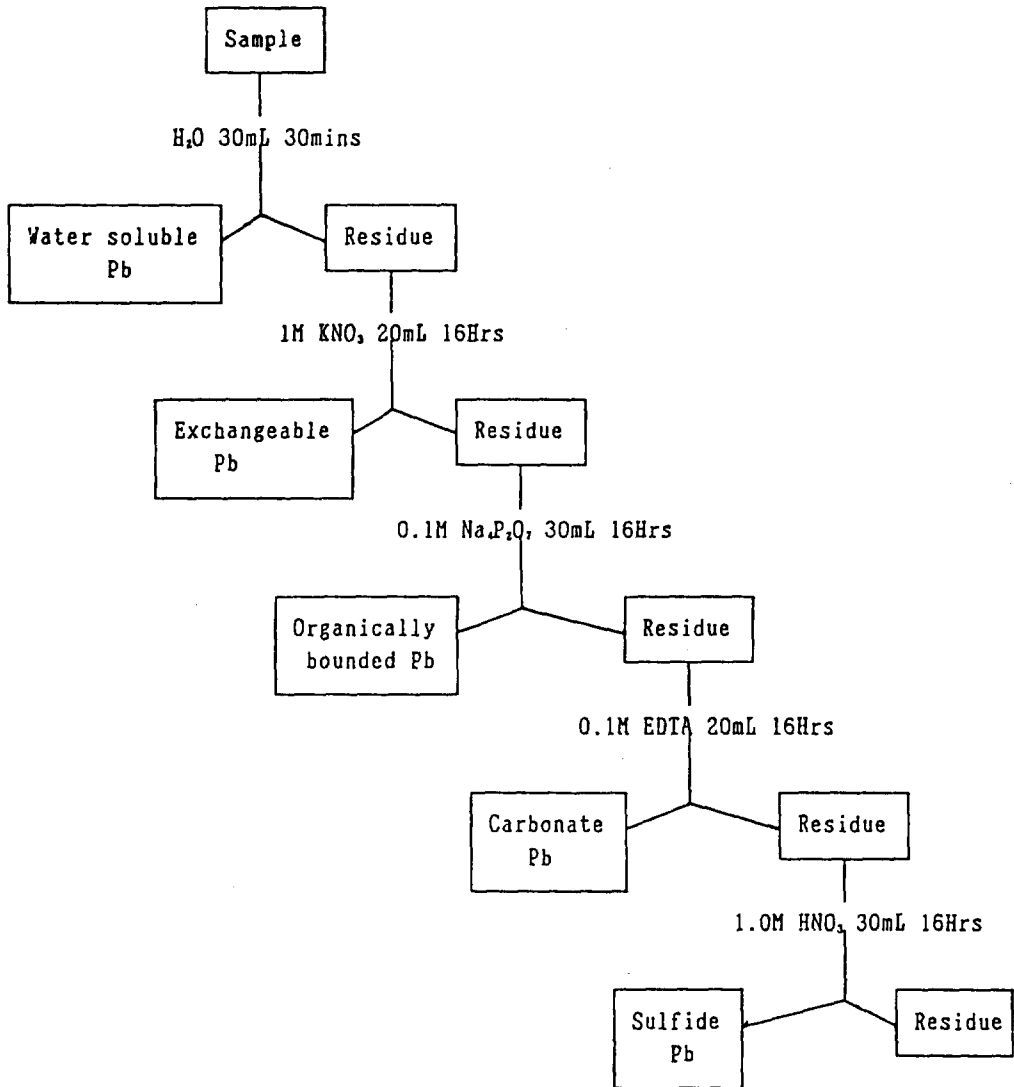


Fig. 2. Flow chart for sequential extraction of Pb in soil.

Table 1. The physico-chemical properties of soils.

Range	pH (1 : 2.5)	O.M (%)	CEC (me/100g)	Total-N (%)	Total-P (ppm)	Total-K (ppm)	Fe (ppm)
Max.	6.5	3.3	27.4	0.33	846	1936	28122
Min.	4.7	0.8	7.6	0.11	102	1000	9289
Ave.	5.5	2.0	14.7	0.19	366	1356	19802

No. of samples : 72

2. 土壤中 鉛含量

試料 採取 地點에서 道路로부터 距離에 따른 土壤試料中 鉛含量 및 交通量은 Table 2에 나타낸 바와 같다.

本 研究 結果 18個 地點에서 採取한 畚土壤中の 全 鉛含量은 13.5~31.9ppm 範圍이고 平均 21.9

ppm으로 나타났으며, 各 地域別 畚土壤中の 平均 鉛含量은 淸道에서 30.0ppm으로 가장 높았고, 高靈에서 14.8ppm으로 가장 낮게 나타났다. 自動車 排氣가스에 依한 道路邊 土壤中 鉛의 蓄積은 道路의 年齡, 交通量, 바람의 方向 및 여러가지 環境條件에 따라 相異하나, 美國 New Jersey 洲內 高速道路

Table 2. Lead content in paddy field soil with different distances from roadside and traffic density nearby sampling sites.

Sampling Sites	Content of Pb in soil (ppm)*				Traffic density**
	Distance from roadside (m)				
	10 >	10~30	30~50	50 >	
Daesin	20.4±0.7	20.4±0	19.1±0	17.7±0.7	21,974
Seogjeog	16.6±0.3	20.8±1.0	22.5±0	23.6±1.7	35,823
Bulrodong	24.6±0.7	22.9±1.0	23.6±0.3	21.5±0.4	24,274
Jinryang	27.4±0.7	24.9±0.3	26.3±1.0	27.0±1.7	25,906
Daechang	26.3±0.3	24.9±0.3	27.0±0.3	22.9±1.0	24,733
Geoncheon	22.5±0	22.9±0.3	23.2±0	22.9±0.3	26,076
Nongong	19.8±1.4	19.8±0.7	20.4±0.7	17.0±0.7	7,0324
Koryoung	14.6±0.3	13.5±0	15.6±0	15.3±1.0	4,227
Seodaegu	22.9±0.3	24.2±0.3	24.9±0.3	21.1±0.7	33,514
Hyunpoong	19.4±0.3	22.9±0.3	20.4±0	20.8±1.0	12,131
Dongmyoung	20.8±0.3	18.5±0.2	17.3±1.0	15.9±1.0	15,909
Byoungsoo	21.8±0.7	20.1±0.3	16.6±3.8	21.8±0	8,446
Hayang	26.3±0.3	26.0±1.4	25.6±0.4	25.3±1.4	21,021
Youngcheon	23.2±0.7	24.2±0.3	22.5±1.4	20.1±0.3	12,690
Kyoungju	26.3±2.4	24.9±0.3	25.3±0.7	26.0±0	25,755
Ankang	18.4±0	17.7±1.4	21.8±0	17.3±1.0	24,708
Yeonho	19.8±2.1	17.0±0	17.7±0.7	18.0±1.0	30,573
Cheongdo	28.7±0	31.9±1.7	29.8±1.0	29.4±2.1	9,358

\* : Each value is the mean of triplicate ± standard deviation.

\*\* : Cars passing by per 24 hours in the year of sampling.

周邊土壤에서의 (Traffic density/24Hours) 78.2~159.5ppm (12,800~54,700),<sup>(7)</sup> Maryland洲 Beltsville에서 69~522ppm (20,000), Baldensburg의 Washington-Baltimore park way 周邊土壤에서 38~540ppm (48,000)<sup>(21)</sup> Ronal 等<sup>(15)</sup>이 새로 建設된 道路周邊 土壤에서의 鉛含量이 1971년 16.8ppm에서 1977년 130ppm으로 增加되었다고 한 報告에 比하면 우리나라에서는 아직까지 道路邊 畚土壤中의 鉛含量이 크게 우려할만한 水準까지 汚染되지는 않았다고 생각되나 重金屬類는 土壤中에 長期間 殘留되어 時間이 經過할수록 蓄積量은 增加하게 되고, 또한 最近들어서 自動車數의 爆發의인 增加趨勢에 비추어볼때 長期間에 걸쳐서는 상당한 汚染의 危險이 있다고 할 수 있다. Table 1의 結果는 우리나라 畚土壤中 平均 鉛含量 15.4ppm과<sup>(13)</sup> 比較하여 볼때 高靈에서만 약간 낮게 나타났을 뿐 다른 모든 地域에서 이 보다 높은 것으로 나타났다. 高靈에서의 鉛含量이 가장 낮게 나타난것은 88올림픽 高速道路가 開通된지가 얼마되지 않았고 交通量도 가장 적었기 때문인 것으로 생각된다. 交通量이 比較的 적었던 淸道 地域에서 鉛含量이 가장 높게 나타난 것은 道路의 年齡이 오래되었으며 이 地域 土壤中 鉛의 天然賦存量이 높기 때문일 것으로 推定되는데, 이는 徐 等<sup>(14)</sup>이 1983年 高靈 및 淸道地域에서 汚染原으로부터 거의 獨立된 畚土壤을 選定하여 調査한 報告(淸道 24.2ppm, 高靈 11.8ppm)와 比較하여 볼때 類似한 傾向을 나타낸다고 볼 수 있으며, 7年이라는 調査 時間의 差異는 있으나 本 研究의 調査對象 地域 역시 道路邊 隣接 畚土壤이라는 점 以外에는 다른 汚染原으로부터 獨立되어 있었으므로 自動車 排氣가스에 依하여 畚土壤中의 鉛含量이 增加되었다고 認定된다.

交通量과 關聯하여 畚土壤中 鉛含量의 差異가 뚜렷하게 나타나지 않았는데 이러한 이유는 道路의 開通年度가 서로 다르고, 연의 천연부존량이 지역에 따라 차이가 있기 때문에 아직까지 이러한 차이를 극복할 수 있을만큼의 축적이 이루어지지 않았기 때문일 것으로 생각된다. 道路의 開通年度에 따른 畚土壤中 平均 鉛含量은 京釜高速道路와 國道 區間에서 30.0ppm으로 가장 높았으며 邱馬高速道路 (22.1ppm) > 産業道路 (18.8ppm) > 88올림픽 高速道路 (17.0ppm)의 順으로 타나났다. (Table 1參考)

自動車 內燃機關에서 排出되는 Lead halide 形態의 鉛化合物은 95~98%가량이 道路邊 8~25m 地域에 蓄積이 된다고 Ronald 等<sup>(15)</sup>의 研究에서는 報告하였으며, Koeppe 等<sup>(16)</sup>에 依하면 50%가량이 道路邊 30m 以內에 蓄積되고 나머지는 大氣中으로 飛散된다고 하였고, Cannon 等<sup>(5)</sup>에 依하면 道路邊에서 150m떨어진 지점에서 自動車 排氣가스에 依한 鉛의 蓄積이 매우 減少한다는 報告가 있으나, 本 研究 結果에서는 道路로부터의 距離別로 區分한 土壤試料中 平均 鉛含量은 10m以內 地域에서 22.2ppm, 10~30m 地域에서 22.1ppm, 30~50m 地域에서 22.2ppm, 50m以上 地域에서 21.3ppm으로 道路로부터의 距離에 따라 거의 差異가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 原因은 客土, 耕耘 및 灌溉 等에 따른 畚土壤의 特殊性에 起因하는 것으로 생각되며 Lead halide系統의 鉛化合物이 비록 溶解性이 낮고 물속의  $SO_4^{2-}$ ion과의 結合으로  $PbSO_4$ 의 形態로 變換된다고는 하나<sup>(6)</sup> 원래가 可溶性이므로 淡水狀態의 畚에 落下되었을 때는 물의 흐름에 따라 移動하여 道路로부터의 距離와는 相關없는 蓄積 傾向을 보이는 것으로 推測된다.

### 3. 土壤中 鉛의 化學的 形態別 分布 및 土壤 理化學性과의 關係

土壤中에 存在하는 鉛化合物을 Fig. 2의 順序에 依해 化學的 形態別로 分別抽出하여 總含量에 대한 百分率로 나타낸 結果는 Table 3에 나타낸 바와 같으며 水溶態 形態는 檢出되지 않아 結果에서 除外하였다.

連續分別抽出의 各 段階에서 사용한 抽出試藥들과 抽出된 重金屬의 化學的 形態사이에 有意性있는 相關을 보였다고 해서<sup>(17)</sup> 置換態, 有機態, 炭酸態 및 黃酸態의 名稱으로 表現하고 있으나 現在까지의 研究로는 이 表現의 正確性을 證明할 수 없으며 分別抽出된 重金屬의 化學的 形態가 作物吸收에 큰 影響을 미치고 있음이 強調되고 있으므로 本 研究에서는 化學的 形態別 名稱을 使用하였다. 總 鉛含量에 대한 各 形態別 鉛含量의 比率를 보면 모든 形態에서 最高値와 最低値 間에 큰 差異를 보이고 있는데 이는 여러가지 土壤 特性에 따라서 Pb의 形態變化가 深하다는 것을 意味하는 것으로 생각된다. 18個 地點에서 平均한 畚土壤中 鉛化合物의

化學的 形態別 分布는 有機態가 33.6%로 가장 많았으며, 炭酸態 29.8%, 黃酸態 21.5%, 置換態 8.6% 및 不溶態 6.7%의 順으로 나타났는데 이와같은 結果는 柳 等<sup>(12)</sup>이 亞鉛鑛山 隣近畝에서 調査한 結果와 상당한 差異를 보이고 있으나, 土壤中 重金

屬의 化學的 形態別 分布는 pH, 溫度, 酸化 還元 電位 等 物理化學的 性質의 函數<sup>(8)</sup>이므로 이러한 特性의 差異에서 起因하는 것으로 생각된다.

土壤試料의 物理化學的 特性과 畝土壤中 鉛化合物의 形態別 分布와의 關係는 Table 4와 같다.

Table 3. Percentage of Pb fractions to total Pb in soil.

Range	Pb fractions (%)				
	Exchangeable	Organically bounded	Carbonate	Sulfide	Residue
Max.	13.6	47.2	37.6	29.8	19.4
Min.	3.2	21.2	18.7	14.5	0.1
Ave.	8.7	33.6	29.8	21.5	6.7

No. of samples : 72

Table 4. Correlation coefficients for relationships between lead fractions and soil properties.

	Exchangeable	Organically bound	Carbonate Sul- fide	Residual	
pH	0.05	-0.16	0.02	-0.05	0.22
OM	-0.37**	0.04	-0.18	-0.05	
CEC	-0.39**	0.34**	-0.14	0.01	-0.10

\*\*Significant at 1% probability level.

本 研究 結果에서 土壤中 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比는 土壤 pH 變化에 따라 一定한 傾向을 보이지 않았다. 置換態 形態는 土壤 pH 變化에 따라 深한 不安定한 形態이므로<sup>(22)</sup> pH가 높을수록 置換態 Cd의 分布比는 낮아지나 有機態 및 炭酸態 Cd의 分布比는 增加한다는 報告<sup>(20)</sup>와는 다른 傾向을 나타내고 있으나, 土壤中 重金屬의 化學的 形態別 分布比는 物理化學的 特性의 函數로서 決定되고 本研究에 使用된 土壤試料의 採取時期가 10月이므로 酸化還元電位の 變化가 極甚할 때이며, 또한 置換態 形態의 分布比가 너무 낮기 때문일 것으로 推測된다.

有機物含量과 土壤中 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比와의 關係에서, 有機物含量이 높은 土壤일수록 有機態 鉛은 增加하는 傾向을 나타낸 반면 置換態 鉛은 減少하는 傾向을 나타내었으며, 炭酸態, 黃酸態 및 不溶態 鉛은 一定한 傾向을 보이지 않았다. 有機物含量과 有機態 分布比와는 Fig. 3과 같이 正의 相關을 나타내었으며, 置換態 分布比와는

Fig. 4와 같이 負의 相關을 나타내었다. 이와 같이 有機物 含量이 增加할수록 有機態 Pb가 增加하는 것은 Sposito 等<sup>(19)</sup>의 報告에서 土壤에 汚泥를 使用한 경우 有機態 Pb가 增加한다는 結果와 一致하고 있다. 이와 같은 結果에서 有機物은 土壤中에서 鉛을 吸着 固定하는 能力이 가장 크다고 볼 수 있겠으며 有機物 含量이 增加할수록 다른 形態의 Pb가 減少하는 傾向을 띤 것으로 보아 다른 形態의 鉛이 有機物과 錯鹽을 形成하여 有機物로 變化되는 것으로 推定된다.<sup>(20)</sup>

CEC와 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比와의 關係에서 CEC가 增加할수록 有機物 鉛은 增加하는 傾向을 나타낸 반면 置換態 鉛은 減少하는 傾向을 나타내었으며 炭酸態, 黃酸態 및 不溶態의 鉛은 CEC變化에 따라 一定한 傾向이 나타나지 않았다. CEC와 有機態 分布比와의 關係는 Fig. 5와 같이 正의 相關을 나타내었으며, 置換態 分布比와는 Fig. 6과 같이 角의 相關을 나타내었다.

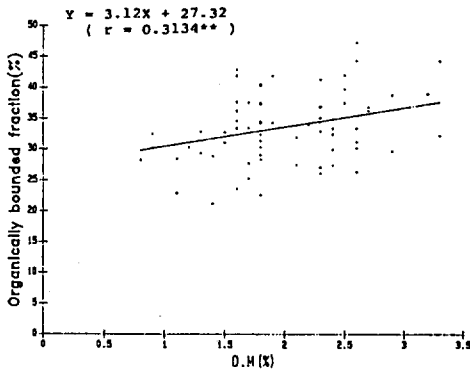


Fig. 3. Relationship between O.M. and ratio of organically bounded Pb in soil.

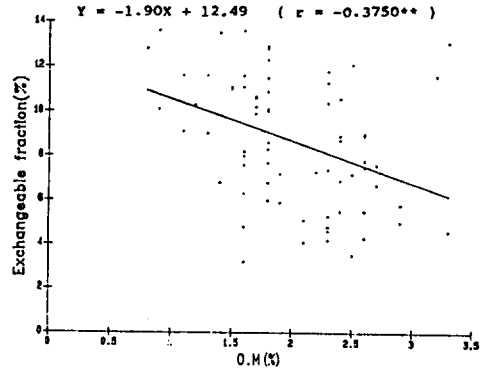


Fig. 4. Relationship between O.M. and ratio of exchangeable Pb in soil.

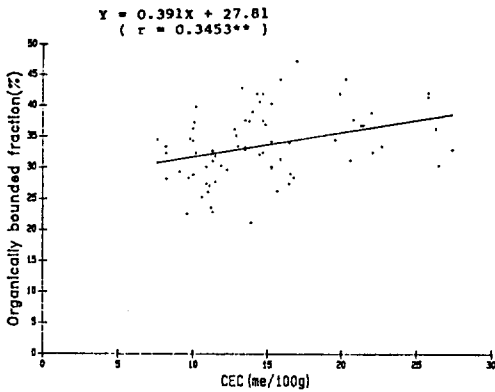


Fig. 5. Relationship between CEC and ratio of organically bounded Pb in soil.

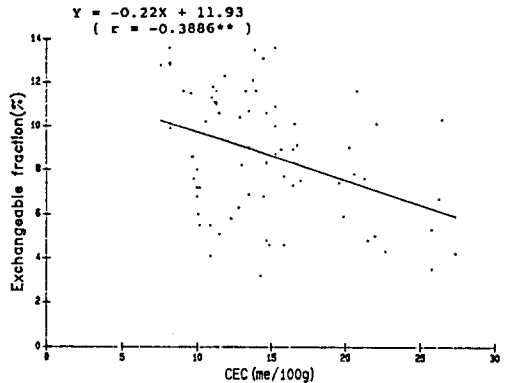


Fig. 6. Relationship between CEC and ratio of exchangeable Pb in soil.

CEC에 의한 畚土壤中 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比는 有機物에 의한 分布比와 비슷한 傾向을 나타내었는데, 이와 같은 原因은 有機物에 의한 影響일 것으로 생각되며 一般的으로 CEC는 粘土 含量과 有機物含量에 依해서 決定되므로 CEC에 依한 分布比는 有機物에 의한 分布比와 類似한 것으로 생각된다.

### 要 約

自動車 排氣가수에 包含된 鉛化合物의 排出에 의하여 汚染이 되었을 것으로 豫想되는 大邱直轄 市를 中心으로 慶尙北道 內의 高速道路 및 主要國

道邊에 隣接한 18個 地點을 選定하여 道路로부터 距離에 따른 畚土壤中 鉛汚染度 및 土壤中 鉛化合物을  $KNO_3$  浸出性(置換態),  $Na_4P_2O_7$  浸出性(有機態), EDTA 浸出性(炭酸態)  $NHO_3$  浸出性(黃酸態), 非浸出性(不溶態)로 形態別 分布를 調査한 結果는 다음과 같다.

1. 畚土壤中 平均 鉛含量은 淸道에서 30.0 ppm으로 가장 높았고 高靈에서 14.8 ppm으로 가장 낮았으며 平均 21.9 ppm으로 나타났으며, 交通量과 關聯하여 土壤中 鉛含量은 差異를 發見할 수 없었으나 道路의 開通年度에 따라 약간의 差異가 나타났다.



2. 道路로부터의 距離에 따른 鉛含量은 10m 以內에서 22.2 ppm, 10~30m에서 22.1 ppm, 30~50m에서 22.2 ppm, 50m 以上 地域에서 21.3 ppm으로 道路로부터 距離에 따른 畚土壤中的 鉛汚染度는 크게 差異 나지 않았다.

3. 土壤中 鉛化合物을 形態別로 分別 抽出한 結果 여러가지 土壤特性에 따라 差異가 深하나 18個 地點에서 平均한 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比는 有機態 33.6%, 炭酸態 29.8%, 黃酸態 21.5%, 置換態 8.6% 및 不溶態 6.7%의 順으로 나타났다.

4. 土壤中 有機物含量이 增加할수록 有機態 鉛의 分布比는 增加하는 傾向을 나타낸 반면 置換態 鉛의 分布比는 減少하는 傾向을 나타내었다.

5. CEC가 增加할수록 有機態 鉛의 分布比는 增加하는 傾向을 나타낸 반면 置換態 鉛의 分布比는 減少하는 傾向을 나타내었으며, CEC에 依한 土壤中 鉛化合物의 化學的 形態別 分布比는 有機物에 依한 分布比와 비슷한 傾向을 나타내었다.

### 參考文獻

- 1) Manahan, S.E. (1979) : Environmental Chemistry, Willard Grant Press, Boston, p.453.
- 2) 노영재, 임경택, 광영규, 허 목 (1989) : 環境科學, 東和技術, 서울, p. 301.
- 3) George, C., Frances, W.L. and Meyer, F. (1949) : Studies in the Lead Bromide system, J. Amer. Chem. Soc., 71, 3709.
- 4) Hirschler, D.A. and Gilbert, L.F. (1957) : Particulate lead compounds in automobile exhaust gases, Ind. Eng. Chem., 49, 11 31.
- 5) Cannon, H.L. and Bowles, J.M. (1962) : Contamination of vegetation by tetraethyl lead, Science, 137, 765.
- 6) Marten, G.C. and Hammond, P.B. (1966) : Lead uptake by bromograss from contaminated soils, Agronomy J., 58, 553.
- 7) Motto, H.L., Daines, R.H. and Chilko, D.M. and Motto, C.K. (1970) : Lead in soils and Plants : Its Relationship to traffic Volume and Proximity to Highways, Environ Science & Technol., 4(3), 231.
- 8) Zimdahl, R.L. and Skogerboe, R.K. (1977) : Behavior of Lead in Soil, Environ science & Technol., 11, 1202.
- 9) 崔 炆, 金鼎濟, 申榮五 (1985) : 土壤學 實驗, 螢雪出版社, 大邱, p.1~110.
- 10) Page, A.L., Miller, R.H. and Keency, D.R. (1982) : Methods of soil analysis (Part 2), American society agronomy, Madson Wisconsin, p.119.
- 11) Miller, W.P. and Mcfee, W.W. (1983) : Distribution of Cadimium, Copper, and Lead in soils of Industrial Northwestern Indiana, J. Environ. Qual., 12, 29.
- 12) 柳順昊, 金啓燾, 玄海男 (1985) : 亞鉛鑛山 周邊土壤의 카드뮴, 亞鉛, 구리 및 鉛의 化學的 形態別 含量, 韓國環境農學會誌, 4(2), 71.
- 13) 徐胤洙, 文和會, 金仁基 (1981) : 土壤中 重金屬 自然含有量에 關한 研究—畚土壤을 中心으로—, 國立環境研究所報, 3, 177.
- 14) 徐胤洙, 文和會, 金仁基, 金學擘, 金盛煥, 池達顯 (1982) : 土壤中의 重金屬 自然含有量에 關한 調查, 國立環境研究所報, 4, 189.
- 15) Ronald, P.M., Lagerwerff, J.V., Brower, D. L. and Biersdorf, G.T. (1980) : Soil lead accumulation alongside a newly constructed roadway, J. Environ. Qual., 9(1), 6.
- 16) Koepe, D.E. and Miller, R.J. (1970) : Lead effects on corn mitochondrial respiration, Science, 167, 1376.
- 17) Lund, L.J., Page, A.L. and Sposito, G. (1980) : Determination and prediction of chemical forms of trace metals in sewage sluge and sluge amended soils, Final technical Report, Grant No. R804516010, USEPA, Cininnati, Ohio.
- 18) Gould, M.S. and Genetell, E.I. (1978) : Heavy metal complexation behavior in an aerobically digested sludges, Water Res., 12, 505.

- 19) Spoito, G., Lund, L.J. and Chang, A.C. (1982) : Trace metal chemistry in aridzone field soils amended with sewage : 1. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soil phase, *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 46, 260.
- 20) 林善旭, 金善寬 (1983) : 畚土壤中 Cadmium의 形態別 分布와 玄米中 Cadmium含量과의 關係 研究, *韓國土肥誌*, 16(1), 28.
- 21) Lagerwerff, J.V. and Specht, A.W. (1970) : Contamination of roadside soil and vegetation with Cadmium, Nickel, Lead, and Zinc, *Environmental Science & Toxicology*, 4, 583.
- 22) Khalod, R.A., Gambrell, R.P. and Patrick, W.H. (1981) : Chemical availability of Cadmium in Mississippi river sediment, *J. Environ. Qual.*, 10, 523.