

## 서울地域 銀杏葉中 重金屬 含量에 關한 研究

金 旻 永·姜 熙 坤·吉 惠 卿

서울特別市 保健環境研究院

## Studies on the Heavy Metal Content of Ginkgo Leaves Growing in All Around Seoul

Min-Young Kim, Hee-Gon Kang, Hye-Kyung Kil

*Seoul Metropolitan Government Institute of Health and Environment*

### ABSTRACT

Studies on the heavy metal content of ginkgo leaves growing in all around Seoul.

This study was carried out to investigate the concentration of heavy metals and soluble sulfur in ginkgo leaves. These leaves are found growing in park, residential, commercial and industrial areas all around Seoul. These analyzed the quantity of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Hg and soluble sulfur in separate samples of washed and unwashed leaves.

The results were as follows:

1. This order of heavy metal concentration was found in Seoul area, : Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cu>Co>Cd>Hg.
2. Pb concentration was higher in the commercial area than in the other areas, and its concentration in washed leaves was higher 96~100% and unwashed leaves 85~170%.
3. In the residential area Ni concentration was significantly higher where about seven times more Ni was found on the top part of the leaves.
4. Water soluble sulfur was highest in the industrial area, but the percentage on top of the leaves was only 0.04~0.05% similar with other area.
5. Fe, Zn and Ni were almost positively correlated to each component but negatively

correlated between Mn and soluble sulfur. All of content except Mn and Ni were significance between each area in washed and unwashed leaves.

## 緒 論

産業의 發達과 都市人口의 增加에 따라 發生된 汚染物質의 排出이 直接, 間接으로 環境生態系를 破壞하고 街路樹 生育에 被害를 惹起시키고 있다.

이들 汚染物質은 植物의 氣孔으로부터 吸收되고 體內에 들어가서 各種代謝活動을 攪亂시켜 障害을 주는 것으로 되어 있으며<sup>1-3)</sup> 山添은 植物에 被害를 주는 障害의 內容과 그 原因物質을 1) 還元的 障害; SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, 2) 酸化的 障害; O<sub>3</sub>, PAN, Cl, 3) 酸性 障害; HF, HCl, SO<sub>2</sub>, 4) 固體粒子物質; 粉塵, 重金屬類(Cd, Cu, Zn 등) 등으로 分類하였다.

이들 大氣汚染物質의 樹木에 關한 研究가 많이 이루어지고 있는데 그 方向은 1) 樹木自體의 被害機作에 對한 研究, 2) 樹木의 被害를 把握하여 人間生活環境의 汚染波를 究明하기 위한 指標植物에 關한 研究, 3) 樹木의 汚染物質 吸收에 依한 大氣淨化效果에 關한 研究로 要約할 수 있다.

生物圈에 있어서의 基礎生産者로서의 位置에 있는 樹木은 都市環境內部에서 大氣環境의 淨化役割을 하며<sup>4-7)</sup> 休息空間을 提供함으로써 都市環境保全 對策上綠地의 確保는 반드시 必要하다 서울市는 人口 1,000萬을 肉迫하며 高度의 過密性을 나타내는 超巨都市로 市外部에 設定된 greenbelt와 都心 및 번두리 곳곳에 位置한 林野 및 綠地化事業, 公園造成, 街路樹植栽 등으로 綠의 確保가 이루어지고 있다.

本 調査에서는 서울市 面積 627 km<sup>2</sup>에 植栽된 235,000株의 街路樹中 約 25.5%인 60,234株의 植栽量<sup>8)</sup>을 가지고 있으며 汚染에 對한 耐性과, 淨化能力이 큰 것으로 알려져 있는 銀杏나무에 對해 重金屬 및 水溶性 硫黃에 依한 影響 및 淨化能力 把握을 위한 資料提供 및 汚染實態를 調査하는데 그 目的을 두고 있다.

## 材料와 方法

### 1. 材 料

試料採取는 서울市內에 植栽된 銀杏나무를 對象으로 1987年 9月 2일부터 9月 28日까지 實施하였으며 採取地點은 圖1과 같이 公園地域(Park area), 住居地域(Residential area), 道路商街地域(Commercial area), 工業地域(Industrial area)으로 區分하여 各地域當 7個地點씩을 選定하고 한 地點當 6株씩 總 168株에서 葉 200 g씩을 採取하였다.

採取한 葉을 이온交換水로 洗滌한 葉과 末洗滌한 葉으로 大別하여 自然乾風시키고 110°C에서 1時間 加熱하여 酵素作用을 中止시킨 후 70°C에서 8時間 乾燥시켜서 粉碎하여 이를 試料로 使用하였다.

### 2. 調査方法

#### 1) 重金屬類

카드뮴, 코발트, 銅, 鐵, 망간, 니켈, 鉛, 亞鉛 등 重金屬에 對한 分析方法은 試料 1 g을 正確히 秤量하여 低溫灰化爐(Plasmar Asher: Yanaco社製 Model LTA-4SN)를 利用, 約 200°C에서 乾式分解시키고 여기에 HCl(1+1) 70 ml와 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(30%) 5 ml를 넣어 水溶上에서 30分間 加熱한 후 濾過하였다. 濾液을 砂溶上에서 蒸發濃縮시켜 HCl(2+98)로 50 ml로 만들었다. 그리고 別途로 같은 方法에 따라 바탕試驗을 實施하였다. 이를 原子吸光光度計(HI-TACHI-AAS Model 1 170-30)로 重金屬을 分析하였다.

#### 2) 水銀(Hg)

試料 50 mg을 正確히 秤量하여 水銀分析裝置(Nippon Instrument 社製 Mercury Monitor AM-1)를 利用하여 測定하였다.

이 裝置의 原理는 試料를 添加劑와 함께 600°C로 加熱된 爐에 넣으면 試料가 灰化되고 緩衝液(pH 6.86)으로 洗氣, 除濕시키고 150°C로 豫熱된 金-아말

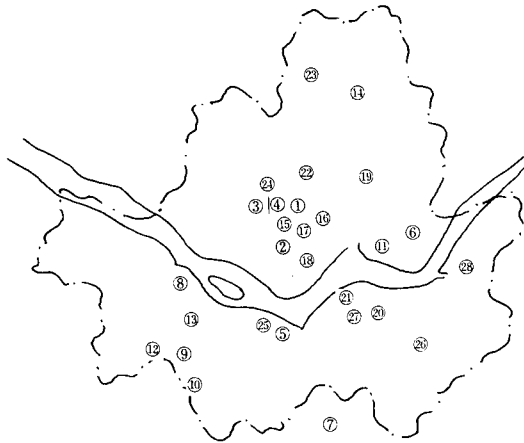


Fig. 1. Sampling sites.

Park	Industrial
1 Chongmyo	8 Yangpyungdong
2 Namsan	9 Kurodong
3 Sagic Park	10 Karibongdong
4 Kyongbokkung	11 Songsudong
5 National Cementry	12 Gochokdong
6 Children's	13 Mullaedong
7 Nam seoul Grandpark	14 Changdong
Commercial	Residential
15 Kwangwhamun	22 Pyongchangdong
16 Ulchiro	23 Uidong
17 T'oeguero	24 Chognyangi
18 It'aewon	25 Huksokdong
19 Tongdaemun	26 Gaepodong
20 T'ehelanno	27 Nonhyondong
21 Kangnamdaero	28 Songnaedong

감 수銀 捕集管으로 捕集한 後 約 700°C로 急加熱하여 冷原子 吸光光度法에 依해 水銀을 定量하도록 되어 있다.

3) 水溶性 硫黃

栽培植物分析測定法<sup>9)</sup>에 依해 4g을 正確히 秤量하여 250 ml separation funnel에 取해 蒸溜水 200 ml를 加해 約 30°C에서 30~40 RPM으로 1時間 振盪시켜 水溶性 硫黃을 抽出하였다. Whatmann No. 1 濾過紙로 濾過한 濾液 200 ml에 HNO<sub>3</sub> 3~4 滴을 加해 砂浴上에서 10~15 ml로 蒸發濃蓄시킨 後 HNO<sub>3</sub> 5 ml를 加해 70~80°C 水溶上에서 乾固시

켰다. 여기에 0.3 N HCl 25 ml를 加하여 蒸溜水로 100 ml로 한 다음 砂浴上에서 加熱하여 BaCl<sub>2</sub>液을 加해 水溶上에서 1時間 熟成시킨 後 放置하였다. 이를 Whatmann No. 42 濾過紙로 濾過하여 600°C에서 強熟灰化시켜 秤量하여 S%를 求하였다.

結果 및 考察

地域別 重金屬 및 水溶性 硫黃含量

4個地域 168個地點에 對한 重金屬 9個項目 및 水溶性 硫黃에 對하여 分析한 結果는 圖 2~11과 表 1과 같다.

1) 카드뮴(Cd) 含量

서울市內 各 地域의 은행葉中 Cd含量을 보면 그 平均値가 公園地域은 洗滌葉이 0.24±0.11 ppm, 未洗滌葉이 0.31±0.17 ppm, 이었으며 道路商街地域에서는 洗滌葉이 0.54±0.93 ppm, 未洗滌葉이 0.65±1.00 ppm이었다. 그리고 工業地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 0.29±0.15 ppm과 0.33±0.15 ppm이었다. 最低値는 洗滌葉과 未洗滌葉 共히 公園地域인 南서울大公園에서 檢出되지 않았으며 最高値는 道路商街地域인 東大門에서 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 5.14 ppm 5.64 ppm으로 나타났다. 葉表面에 附着된 Cd은 道路商街地域이 0.11 ppm으로 가장 많았고, 公園地域이 0.01 ppm으로 가장 적었다. Huisingh<sup>10)</sup>는 潤活油 tire, diesel을 Cd의 汚染源으로 들고 있는데 道路商街地域이 가장 높게 나타난 것은 이러한 影響 때문으로 思料된다.

李<sup>11)</sup>가 서울地域에서 調査한 結果 檢出되지 않은 地點도 많음이 本調査와 一致하여 辰己가 調査한 日本의 測定値보다 本調査가 낮은 값을 나타낸 點으로 미루어 아직 深核한 問題는 아닌 것을 생각된다.

表 1에서 4個地域別, 地點間의 分散分析을 보면 採取地點別로 高度의 有意性이 認定되었다.

2) 코발트(Co) 含量

은행葉中の Co含量은 圖 3에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 公園地域에서 2.19±0.91 ppm, 2.40±0.94 ppm이며 住居地域에서 2.41±0.84 ppm, 2.47±0.99 ppm이었으며 道路商街地域에서 2.56±

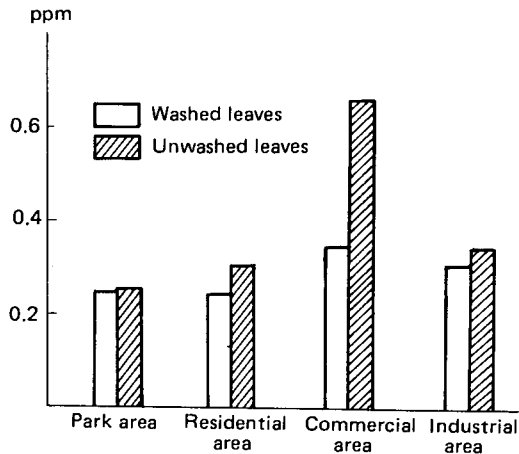


Fig. 2. Comparison of Cd concentration in sampling area.

1.16 ppm,  $2.60 \pm 0.91$  ppm이었다. 그리고 工業地域은  $3.00 \pm 0.80$  ppm,  $3.18 \pm 1.35$  ppm이었다. 洗滌葉의 경우 公園洗滌葉은 어린이大公園에서 0.93 ppm으로 最低値를 나타내었다. 最高値는 洗滌葉이 道路商街地域인 光化門에서 7.77 ppm, 未洗滌葉이 工業地域인 가리봉동에서 8.61 ppm으로 나타났다.

葉포면의 附着物은 公園地域이 0.21 ppm으로 가장 많았고 道路商街地域이 0.04 ppm으로 가장 적었다.

地域別, 地點別 分散分析은 表 1에서와 같이 洗滌葉의 경우 有意性이 있었고 未洗滌葉은 高度로 有意性이 認定되었다.

### 3) 銅(Cu) 含量

葉中の Cu 含量은 圖 4에서와 같이 公園地域이 가장 낮고 工業地域이 가장 높았다. 公園地域은 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各  $8.21 \pm 4.49$  ppm,  $9.37 \pm 4.71$  ppm임 住居地域은 各各  $8.76 \pm 7.17$  ppm,  $11.48 \pm 12.19$  ppm으로 나타났고 道路商街地域이  $11.31 \pm 5.03$  ppm과  $15.43 \pm 7.11$  ppm이었고 工業地域은  $14.22 \pm 8.77$  ppm,  $23.64 \pm 15.45$  ppm으로 나타났다. 最低値는 洗滌葉과 未洗滌葉 모두 公園地域인 南서울大公園에서 3.00 ppm과 0.76 ppm으로 나타났으며 最高値는 洗滌葉의 경우 牛耳洞에서 50.56 ppm, 未洗滌葉의 경우 혹석동에서 81.92 ppm으로 모두 住居地域에서 나타났다.

葉에 附着된 Cu는 公營지역이 9.42 ppm으로 가

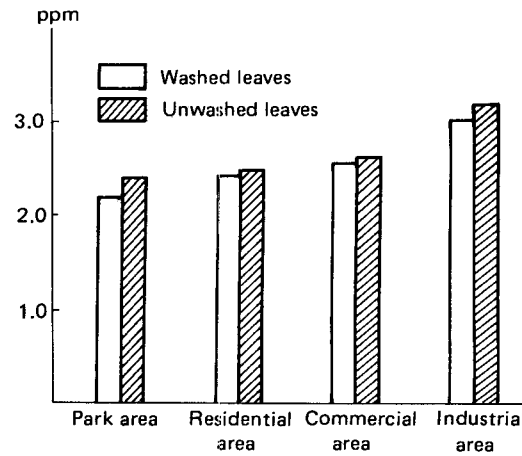


Fig. 3. Comparison of Co concentration in sampling area.

장 많았고 公園地域이 1.16 ppm으로 가장 적었다. 葉表面의 附着物이 地域間에 差가 큰 것은 Cu는 直徑이 큰 粒子에 많이 含有되어 있다는 金<sup>3)</sup> 등의 報告와 關聯, 葉의 吸收能力에 起因하는 것으로 思料된다.

平均濃度는 工業地域을 除外하고는 日本의 官公廳地域濃度인 9.42 ppm의 水準이었고 日本의 各地域과 比較하면 낮은 水準이었다.

Table 1에서 地點別, 地域別 分散分析을 보면 洗滌葉과 未洗滌葉 모두 高度의 有意差가 認定되었다.

### 4) 鐵(Fe) 含量

葉中の 鐵含量은 圖 5와 같다. 鐵은 葉中の 重金屬成分中 가장 높은 濃度를 나타내었다. 이는 葉自體의 Fe濃度에 起因하는 것으로 思料된다.

公園地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各  $517.1 \pm 342.8$  ppm,  $588.5 \pm 318.3$  ppm이었으며 住居地域은  $5665.1 \pm 231.0$  ppm,  $715.7 \pm 275.1$  ppm이었고 道路商街地域은  $654.5 \pm 297.4$  ppm,  $894.1 \pm 301.1$  ppm이었다. 또한 工業地域은  $763.7 \pm 350.8$  ppm,  $1,039 \pm 409 \pm 9$  ppm으로 工業地域이 가장 높았다. 葉表面의 附着物은 公園地域이 71.4 ppm으로 가장 적었으며 이는 全體 Fe含量의 12.1%에 該當하는 것이며, 工業地域은 275.3 ppm으로 가장 많았는데 이는 26.4%에 該當하는 것으로서 公園地域에 比하여 2倍 以上이나 되는 것이다.

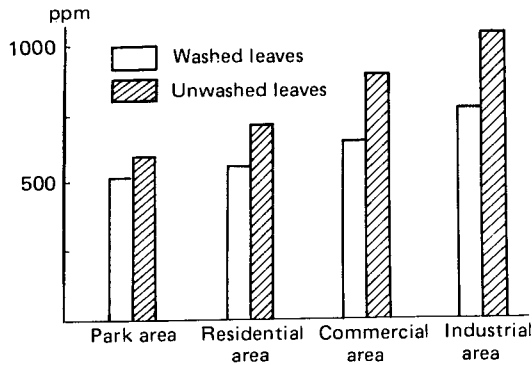


Fig. 4. Comparison of Cu concentration in sampling area.

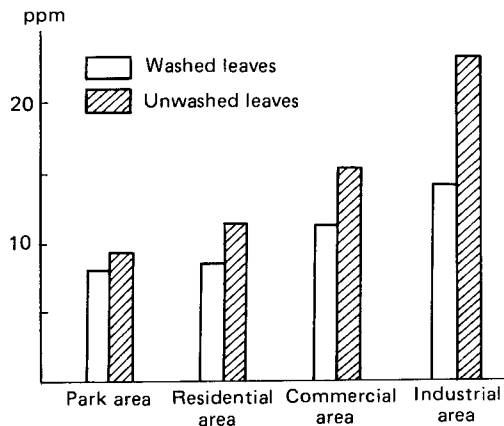


Fig. 5. Comparison of Fe concentration in sampling area.

最低値는 洗滌葉이 公園地域인 장충公園과 住居地域인 牛耳洞에서 134.7 ppm이었고 未洗滌葉이 牛耳洞에서 235.7 ppm으로 나타났다. 最高値는 洗滌葉의 경우 南山公園에서 1,811.6 ppm이었으며 未洗滌葉은 1,932.9 ppm으로 工業地域인 양평동에서 나타났다.

日本과 比較할 때 工業地域에 比해 高度로 汚染되었음이 一致하였다. 또한 全地域에서 洗滌葉은 本調査가 多少 높았으나 未洗滌葉은 오히려 낮아 表面에 附着된 鐵의 濃度가 더 낮은 것을 알 수 있었다.

地域別, 지점別 分散分析은 Table 1에서와 같이 洗滌葉의 경우 地域別 有意性이 있었고 未洗滌葉은 地域間, 地點間 모두 有意性이 認定되었다.

5) 망간(Mn) 含量

葉中の Mn 含量은 Fig. 6에서와 같이 公園地域이 洗滌葉은  $49.8 \pm 24.6$  ppm, 未洗滌葉은  $52.6 \pm 25.9$  ppm으로 他地域보다 높게 나타났다. 住居地域은 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各  $48.0 \pm 21.0$  ppm,  $49.0 \pm 15.9$  ppm이었고 工業地域이  $42.0 \pm 11.2$  ppm,  $49.3 \pm 17.2$  ppm이었으며 道路商街地域이  $46.6 \pm 11.7$  ppm,  $50.4 \pm 23.9$  ppm이었다. 葉表面의 附着物은 住居地域이 1.0 ppm으로 가장 낮고 公園地域이 7.3 ppm으로 가장 많았다.

最低値는 洗滌葉의 경우 문래동이 11.0 ppm, 未洗滌葉이 牛耳洞에서 17.2 ppm으로 나타났으며 最高値는 南서울大公園에서 洗滌葉이 115.2 ppm, 未洗滌葉이 118.2 ppm으로 나타났다.

公園地域이 他地域보다 濃度가 다소 높은 것은 特異한 點인데 이는 김 등<sup>14)</sup> 李<sup>11)</sup>, 辰己<sup>12)</sup>의 調査와 一致하며 葉表面에 附着된 濃度는 오히려 工業地域이 公園地域보다 더 높은 것으로 日本에서의 報告와 一致한다. 이러한 現狀은 自然山嶽地帶에서 都市地域보다 높은 濃度를 나타내는 것은 土壤의 化學組成에서 보다 工業地域에 더 높은 粒徑이 큰 粉塵속에 많이 含有되어 있다는 金 등<sup>13)</sup>의 報告와 關聯이 있는 것으로 思料된다.

Table 1에서 보면 Mn은 洗滌葉과 未洗滌葉이 地點別 分散分析에서 모두 高度의 有意差을 나타내고 있다.

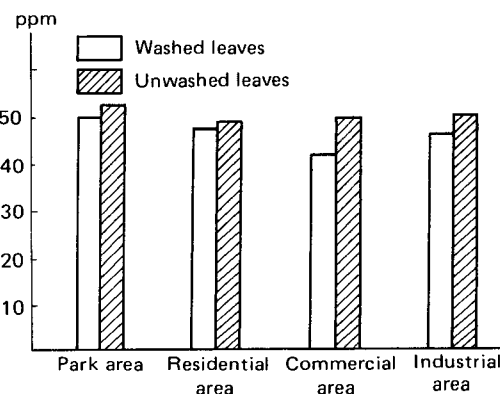


Fig. 6. Comparison of Mn concentration in sampling area.

6) 니켈(Ni) 함유량

圖 7에서 보는 바와 같이 Ni의 葉中含量은 公園地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 21.7±22.7 ppm, 22.6±23.0 ppm이었으며 住居地域에서는 23.2±17.0 ppm, 30.3±25.4 ppm이었고 道路商街地域은 16.7±17.1 ppm, 17.8±17.1 ppm으로 가장 낮았다. 工業地域은 24.1±14.8 ppm, 26.8±19.2 ppm이었다. 葉表面에 附着된 Ni의 濃度는 公園地域이 0.9 ppm으로 가장 적고 住居地域이 7.1 ppm으로 가장 많았다.

最低値는 洗滌葉인 경우 公園地域인 어린이大公園에서 2.0 ppm, 未洗滌葉인 경우 道路商街地域인 東大門과 어린이大公園에서 2.4 ppm으로 나타났으며 最高値는 洗滌葉과 未洗滌葉 모두 公園地域인 南山에서 各各 97.7 ppm 117.9 ppm으로 나타났다.

地點別, 地域別 分散分析은 Table 1에서와 같이 有意性이 없었다.

7) 鉛(Pb) 함유량

葉中에 含有된 Pb의 濃度는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 公園地域에서는 18.8±18.0 ppm, 22.8±17.4 ppm이었으며 住居地域은 18.6±14.3 ppm, 20.4±12.6 ppm이었고 道路商街地域은 37.0±18.6 ppm, 55.5±31.3 ppm이었다. 그리고 工業地域에서는 18.2±10.6 ppm, 29.9±16.5 ppm으로 Fig. 8에서와 같이 住居地域이 他地域에 비해 낮은 것으로 나타났다.

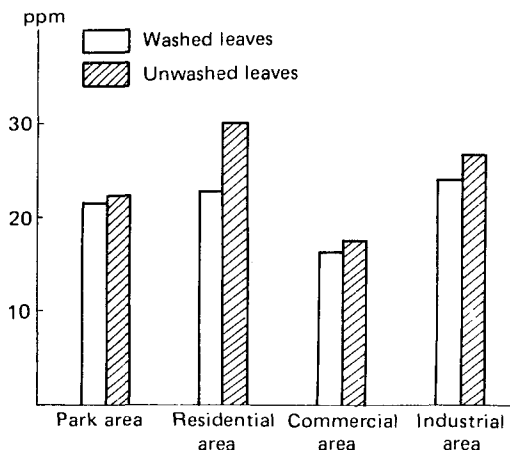


Fig. 7. Comparison of Ni concentration in sampling area.

다.

吸收되지 않고 葉表面에 附着된 濃度는 住居地域이 1.8 ppm으로 가장 낮았고 道路商街地域이 18.5 ppm으로 가장 높았다.

最低値는 洗滌葉의 경우 公園地域인 慶福宮에서 4.1 ppm이었고 未洗滌葉인 경우 住居地域인 평창동, 國立墓地에서 5.0 ppm으로 나타났다. 最高値는 洗滌葉의 경우 公園地域인 南서울大公園에서 98.6 ppm이었고 未洗滌葉은 道路商街地域인 테헤란路에서 146.0 ppm으로 나타난다.

이는 趙等<sup>15)</sup>이 仁川地域에서 調査한 濃度보다 높고, 日本의 神戸市 보다는 매우 낮은 水準이었다.

辰己와 西村은 街路樹가 葉面에 附着된 먼지나 自動車 排氣가스에 含有된 Pb를 吸收하며 交通過密地域에 있어서 葉內에 含有된 量은 他地域보다 많다고 했으며 丸山<sup>16)</sup>과 金等<sup>14)</sup>도 Pb의 汚染源이 大部分 自動車排氣가스와 物質燃燒라 하였다. 本調査에서 Pb의 濃度가 他地域은 서로 비슷하지만 道路商街地域이 越等히 높은 것으로 미루어 Pb濃度는 汚染源과 密接한 關係가 있는 것으로 思料된다. 또한 葉表面에 附着된 量이 土壤으로부터 蓄積되며 大氣로부터 沈降된 Pb는 많은 量이 빗물에 씻겨 내린다는 報告<sup>17)</sup>와 關聯 葉의 吸收力에 限界가 있는 것으로 判斷된다.

Table 1에서 보면 地點別, 地域別 分散分析에서

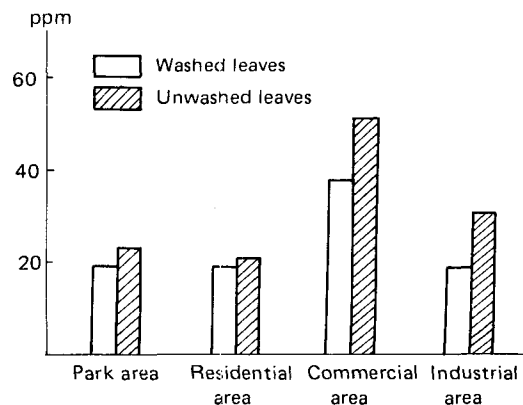


Fig. 8. Comparison of Pb concentration in sampling area.

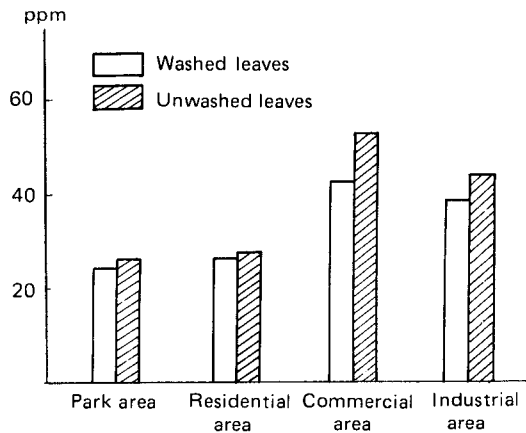


Fig. 9. Comparison of Zn concentration in sampling area.

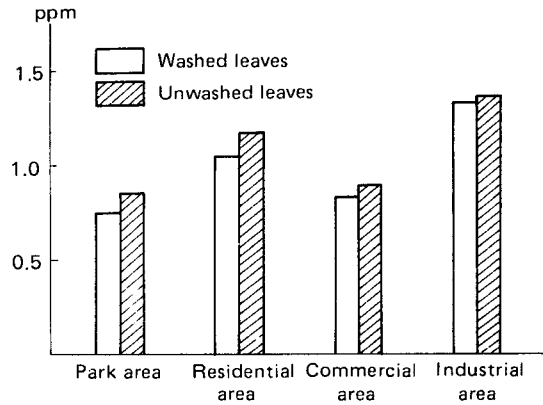


Fig. 10. Comparison of Hg concentration in sampling area.

洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 地點別로 有意性이 認定되었다.

8) 亞鉛 (Zn) 含量

葉中에 含有된 Zn의 濃度는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 公園地域에서 24.0±12.7 ppm, 26.0±12.8 ppm이었고 住居地域에서는 26.6±12.9 ppm, 27.7±14.3 ppm이었고 道路商街地域은 43.0±18.4 ppm, 53.9±26.9 ppm이었다. 그리고 工業地域은 39.3±18.5 ppm, 44.3±19.5 ppm이었다. Fig. 9에서 보면 道路商街地域이 가장 높으며 公園地域이 가장 낮았다.

葉表面에 附着된 濃度는 住居地域이 1.1 ppm으로 가장 낮고 道路商街地域이 10.9 ppm으로 가장 높다.

最低値는 公園地域인 社稷公園에서 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 7.8 ppm과 10.6 ppm으로 나타났으며 最大値는 道路商街地域에서 나타났는데 洗滌葉은 이태원에서 88.7 ppm, 未洗滌葉은 乙支路에서 115.4 ppm이었다.

本調査는 李<sup>11)</sup>의 調査와 비슷하였고 公園地域은 多少 높았으며 日本 神戶市の 濃度보다 顯著하게 낮았다.

Table 1에서 보면 地點別, 地域別 分散分析에서 洗滌葉, 未洗滌葉에서 共히 高度의 有意性이 認定되었다.

9) 水銀 (Hg) 含量

葉中の Hg濃度는 公園地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 0.074±0.025 ppm, 0.086±0.101 ppm이었으며 住居地域이 0.105±0.052 ppm, 0.118±0.098 ppm, 그리고 道路商街地域이 0.085±0.027 ppm, 0.090±0.041 ppm이었고 工業地域은 0.133±1.00 ppm, 0.013 ppm으로 가장 높고 工業地域과 道路商街地域이 0.005 ppm으로 가장 낮았다. 工業地域보다 住居地域의 濃度가 더 높은 것이 特異하며 公園地域과 道路商街地域이 비슷한 水準을 나타낸 것은 金<sup>14)</sup>이 報告한 內容과 一致한다.

Table 1. Comparative of analysis of variance. (F inspection)

Item	Cleaning leaves		Non-cleaning leaves	
	Sampling point	Grouping	Sampling point	Grouping
Cd	1.60	3.43*	2.03	5.41**
Co	2.40*	3.39*	3.01**	7.68**
Cu	2.75*	7.71**	4.37**	16.14**
Fe	1.88	5.10**	3.29**	15.82**
Mn	7.21**	0.29	3.46**	1.49
Ni	1.45	2.55	1.80	1.46
Pb	0.40	12.31**	1.64	26.98**
Zn	3.06**	15.00**	2.58*	21.26**
Hg	2.97**	3.58*	3.05**	6.20**
S	1.71	14.10**	4.13**	11.17

\*p<0.05    \*\*p<0.01

金等<sup>18)</sup>이 報告한 바에 의하면 環境大氣中 水銀의 濃度는 都心地域이 21.13±78.5 ng/m<sup>3</sup>, 全國地域이 5.91±21.3 ng/m<sup>3</sup>으로 都心地域이 훨씬 높으며 變動도 큰 것으로 나타났다. 그리고 金等<sup>14)</sup>이 1986年에 調査한 바에 따르면 銀杏葉中 Hg의 濃度가 都心地域과 公園地域에서 差異가 없는 것으로 나타났는데 이는 本調査에 利用한 機器보다 精密度가 높기 때문인 것으로 判斷된다.

洗滌葉과 未洗滌葉에 對한 地點別, 地域別 分散分析의 結果는 Table 1에서와 티 高度의 有意性이 認定되었다.

10) 水溶性 硫黃(S) 含有度

銀杏나무는 對照葉自體뿐 아니라 SO<sub>2</sub>에 대한 耐性이 強하고 硫黃의 吸收가 많고 硫黃을 많이 要求하는 樹種으로 알려져 있다.

含有度는 公園地域이 洗滌葉은 0.53±0.22%, 未洗滌葉은 0.58±0.26%이었고 住居地域은 各各 0.68±0.15%, 0.73% 0.18%, 道路商街地域은 0.70±0.16%, 0.76±0.23%이었으며 工業地域은 0.78±0.17% 0.83±0.15%로 Fig. 11에서와 같이 公園地域이 낮고 工業地域이 가장 높은 것으로 나타났다. 葉表面에 附着된 水溶性 硫黃은 道路商街地域에서 0.04%로 낮았고 他地域은 모두 0.05%이었다.

最低値는 公園地域인 南서울大公園에서 0.21%로 洗滌葉과 未洗滌葉이 같았으며 最高値는 洗滌葉은 工業地域의 高척동에서 0.12%, 未洗滌葉은 住居地域인 鶴石동에서 1.32%로 나타났다.

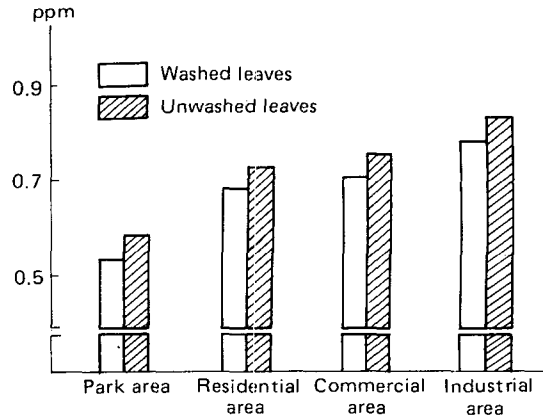


Fig. 11. Comparison of soluble sulfur concentration in sampling area.

李<sup>11)</sup>가 調査한 것보다는 本調査가 조금 낮았으나 工業地域이 가장 낮은 順으로 나타난 것은 一致하였다.

Table 1은 地點別, 地域別 分散分析을 나타낸 것인데 洗滌葉은 地域別 有意性이 認定되었고 未洗滌葉에서는 地域別 地點別 모두 有意性이 認定되었다.

2. 重金屬成分間의 相關關係

表 2는 洗滌葉의 4個區域에 對한 重金屬 및 水溶性硫黃成分間의 相關關係를 나타낸 것이다. Fe과 Co, Cu, Zn, Hg, Ni間에, Zn과 Co, Cu, Mn, Pb間에, Co와 Cu, Mn, Ni間에는 有意水準 1%에서, Cd과 Pb, Zn間에, 水溶性 硫黃과 Co, Cu, Hg間에, Fe

Table 2. Correlation coefficients between each component (washed leaves).

	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	S
Cd	1.0000									
Co	-0.0481	1.0000								
Cu	0.0164	0.3413**	1.0000							
Fe	0.0033	0.6029**	0.4243**	1.000						
Mn	0.0131	0.2096**	0.0097	0.9162*	1.0000					
Ni	-0.1212	0.5530**	0.0215	0.4234**	-0.0671	1.0000				
Pb	0.1713*	0.0778	0.0213	0.1659*	0.1540	-0.1621*	1.000			
Zn	0.1643*	0.2571**	0.3794**	0.5823**	0.2124**	-0.0990	0.3288**	1.00		
Hg	0.0092	0.1167	0.1421	0.2546**	0.0852	0.0117		-0.0315	0.1754*	1.0000
S	0.0063	0.1543*	0.1653*	0.0736	-0.2868**	0.1281	-0.0133	0.0524	0.1890*	1.0000

\* p<0.05      \*\* p<0.01



과 Mn, Pb間에는 有意水準 5%에서 正의 相關性이 있었다. 그리고 Ni과 Pb間에는 5%의 有意水準에서, Mn과 水溶性 硫黃間에는 1%의 有意水準에서 負의 相關性을 나타내었다.

未洗滌葉의 4個地域에 對한 重金屬 및 水溶性 硫黃成分間의 相關關係는 Table 3과 같다. Fe과 Co, Ni, Pb, Zn, Hg間에 Zn과 Cd, Cu, Pb間에, Co와 Cu, Ni, Pb間에 Pb과 Cu間에, Hg과 Ni間에, Hg

과 S間에는 有意水準 1%에서, Cd과 Fe, Pb間에, Co와 Zn, S間에 Cu와 Hg間에, Zn과 Mn間에, Fe과 S間에는 5%의 有意水準서 正의 相關性이 있었으며 水溶性 硫黃과 Mn間에는 1%의 有意水準에서 負의 相關性이 있었다.

Table 4~7은 各地域에서의 地點別 重金屬 및 水溶性 硫黃成分間의 相關關係를 나타낸 것이다. 公園地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉에서 모두 相關性

**Table 3. Correlation coefficients between each component (unwashed leaves).**

	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	S
Cd	1.0000									
Co	-0.0210	1.0000								
Cu	0.0639	0.2929 **	1.0000							
Fe	0.1698 *	0.5122 **	0.4224 **	1.0000						
Mn	0.3312	-0.0226	0.0366	0.0362	1.0000					
Ni	-0.1305	0.4343 **	0.0148	0.3449 **	-0.1300	1.0000				
Pb	0.1882 *	0.2769 **	0.2702 **	0.4192 **	0.1376	-0.0028	1.0000			
Zn	0.4086 **	0.1962 *	0.4072 **	0.5647 **	0.1986 *	-0.1486	0.4200 **	1.0000		
Hg	-0.0235	0.1514	0.1732 *	0.3030 **	-0.1115	0.2298 **	0.0746	0.0945	1.0000	
S	-0.1349	0.1820 *	0.1210	0.1687 *	-0.4024 **	0.0998	0.1537	0.0264	0.2292 **	1.0000

\* p<0.05      \*\* p<0.01

**Table 4. Correlation coefficient between heavy metal Component in park area tree.**

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Fe-Co	0.719 *	0.653 **
Fe-Cu	0.312 *	0.657 **
Fe-Ni	0.582 **	0.683 **
Fe-Zn	0.604 **	0.354 **
Co-Ni	0.561 **	0.730 **
Cu-Zn	0.306 *	0.373 *
Mn-Pb	0.629 **	0.514 **
Mn-Zn	0.496 **	0.373 *
Mn-S	-0.474 **	-0.491 **
Pb-Zn	0.396 **	0.362 *
Pb-S	-0.405 **	-0.426 **
Cd-Co	0.379 *	
Ni-Hg	0.348 *	
Co-Cu		0.395 **
Cu-Ni		0.461 **
Hg-S		0.463 **

\* p<0.05      \*\* p<0.01

**Table 5. Correlation coefficient between heavy metal component in residential area tree.**

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Fe-Co	0.553 *	0.484 **
Fe-Mn	0.359 *	0.395 *
Fe-Zn	0.314 *	0.361 *
Cd-Co	0.510 **	0.325 *
Cd-Cu	0.475 **	
Cd-Zn	0.325 *	
Cd-Hg	0.347 *	
Fe-Ni	0.448 **	
Zn-S	0.363 *	
Hg-S	0.316 *	
Cd-Mn		0.466 *
Cu-Mn		0.474
Cu-Pb		0.479 **
Fe-Pb		0.449 **
Mn-S		-0.379 *
Ni-Hg		0.399 *
Pb-Zn		0.549 **

\* p<0.05      \*\* p<0.01

**Table 6. Correlation coefficient between heavy metal component in industrial area tree.**

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Fe-Co	0.574 **	0.361 *
Fe-Pb	0.321 *	0.686 **
Fe-Zn	0.616 **	0.599 **
Fe-Hg	0.388 *	0.567 **
Zn-Cu	0.381 *	0.497 **
Zn-Pb	0.415 **	0.456 **
Hg-Pb	0.326 *	0.517 **
Cd-Cu	0.346 *	
Co-Ni	0.574 **	
Co-Pb	0.450 **	
Co-Zn	0.358 *	
Cd-Zn	0.390 *	
Fe-Ni	0.459 **	
Cd-Fe		0.383 *
Cd-Pb		0.463 **
Cd-S		0.355 *
Cu-Ni		-0.310 *
Mn-Zn		0.428 **

\* p<0.05    \*\* p<0.01

**Table 7. Correlation coefficient between heavy metal component in commercial area tree.**

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Fe-Co	0.377 *	0.374 *
Fe-Cu	0.590 **	0.565 **
Fe-Ni	0.367 *	0.324 *
Fe-Zn	0.962 *	0.489 **
Co-Ni	0.721 **	0.661 **
Pb-S	0.525 **	0.335 *
Zn-S	-0.352 *	-0.365 *
Co-Cu	0.711 **	
Co-Mn	0.642 **	
Cu-Mn	0.580 **	
Cu-Ni	0.339 *	
Fe-Mn	0.317 *	
Ni-Hg	0.428 *	
Cd-Zn		0.469 **
Cd-S		-0.388 *
Cu-Pb		0.527 **
Cu-Zn		0.385 *
Fe-Pb		0.449 **
Ni-Pb		0.446 **
Mn-S		-0.387 **

\* p<0.05    \*\* p<0.01

을 보인 것은 Fe과 Co, Cu, Ni, Zn間, Zn과 Cu, Mn, Pb間 Co와 Ni間, Mn과 Pb間이며 S와 Mn, Pb間에는 負의 相關性을 나타내었다. 住居地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉에서 모두 相關性을 나타낸 項目은 Fe과 Mn, Zn, Cu間, Mn과 Zn間으로 他地域에 비해 地點別 成分間의 相關性을 나타낸 項目이 적었다. 道路商街地域에서는 Fe과 Co, Pb, Zn, Hg間, Zn과 Cu, Pb間, Hg과 Pb間에 洗滌葉과 未洗滌葉에서 모두 相關性을 나타냈으며 工業地域에서는 Fe과 Co, Cu, Ni, Zn間, Co와 Ni間, Pb와 S間, Zn과 S間에 共히 正의 相關性이 있었다.

以上을 綜合하여 볼 때 Fe은 他成分과 가장 相關性이 많았으며 銀杏나무는 대체로 한 成分의 吸收能力은 他成分의 吸收能力에도 影響을 미치는 것으로 判斷된다.

## 結 果

서울市內를 公園地域, 住居地域, 道路商街地域, 工業地域으로 나누어 1986年 9月 2日부터 9月 28日에 걸쳐 銀杏나무만을 對象으로 28個地點에서 總 168株의 標本木을 採取하여 이를 洗滌葉과 未洗滌葉으로 分類해서 重金屬 및 水溶性 硫黃의 含量을 分析한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 重金屬含量은 全地域에서 Fe>Mn>Zn>Ni>Pb>Cu>Co>Cd>Hg의 順으로 나타났다.

2. Pb의 含量은 道路商街地域이 他地域에 비해 洗滌葉은 96~100%, 未洗滌葉은 85~170%나 높아 自動車의 影響이 큰 것으로 推定된다.

3. Ni은 他成分과 달리 住居地域이 가장 높았으며 葉포면의 附着率은 他地域에 비해 7배가량 높았다.

4. 水溶性 硫黃은 工業地域에서 가장 높게 나타났는데 反해 葉表面에 附着된 量은 0.04~0.05%로 地域間의 差異가 없었다.

5. 含有 重金屬成分中 洗滌葉과 未洗滌葉에서 Fe, Zn, Ni은 거의 모든 成分間에 正의 相關性을 나타내었으며 Mn과 水溶性 硫黃間에는 負의 相關性을 나타내었다.

6. 各 地域間の 分散分析結果 洗滌葉에서 5%의 有意性を 나타낸 成分은 Cd, Hg이며 1%의 有意성을 나타낸 成分은 Cu, Fe, Pb, Zn, S이었다. 未洗滌葉에서는 Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, Hg, S에서 모두 1%의 有意성이 認定되었다.

#### 參 考 文 獻

1. Smith, W.H.: Metal contamination of urban woody plants. *Env. Sci. Tech.* 7:361 (1973)
2. Atkins, P.R.: Lead in a suburban enviroment. *JAPCA*, 19:8 (1969)
3. 農村振興廳 農業技術研究所, 農作物環境汚染被害 解釋. p. 3
4. 高橋理喜男外, 大氣汚染の植物に及ぼす影響調査報告書, 大阪市公害對策部 71, (1967)
5. 高橋理喜男外, 大阪地方にめける各種樹木の葉中硫黃含量と大氣中の 亞硫酸ガス濃度との關係, 造園雜誌, 32:14 (1968)
6. 千葉修, 大氣汚染による樹木の被害, 植物防疫, 24:12 (1970)
7. Pilet PE. Un pollutant Atmospheraique L'anhydride Sulfureux, *Pollution Atmos.*, 14:55 (1972)
8. 서울特別市 環境綠地局 綠地果題共(1987)
9. 作物分析法季員會編: 栽培植物分析測定法, 養賢堂東京, (1983)
10. Huisingh D. Heavy metal: Implications for agriculture. J. Series Paper No. 4210 of the North Carolina State University Agricultural Experiment Station. (1974)
11. 李光國, 서울市内 街路樹葉의 水溶性 硫黃 및 重金屬含量에 關한 研究. 漢陽大學校 環境科學大學院, (1987)
12. 辰己修三, 重金屬と 樹木, 公害對策. Vol 9, No. 9, pp. 881-892 (1972)
13. 金旻永外, 環境大氣中 粒子狀物質에 含有된 重金屬類의 粒經別組成分布에 關한 研究, 서울特別市保健環境研究所報, 20:255 (1984)
14. 金旻永外, 서울市内 街路樹의 樹葉中 은행나무잎의 重金屬含量에 關한 研究, 서울特別市保健環境研究所報 22:361(1986)
15. 趙南奎外, 街路樹의 樹葉中水溶性硫黃 및 鉛含有量에 關한 研究, 仁川直轄市 保健研究所報, 1:35 (1985)
16. 丸山泰男, 鉛による環境汚染, 公害と對策, Vol. 14, No. 4, p. 431 (1978)
17. William H. Smith, Lead concentration of the road ecosystem, *JAPCA*, 26:753 (1976)
18. 金旻永, 姜熙坤, 朴聖培, 環境大氣中水銀의 分布 및 動態에 關한 研究 (I), 韓國環境衛生學會誌, Vol. 13, No. 2, 別冊(1989)