

## 서울地域 銀杏葉中 重金屬 含量에 關한 研究

環境調査科

金旻永·姜熙坤·吉惠卿

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

*Environmental Research Division*

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

#### ==Abstract==

In order to investigate the state of pollution of heavy metals in plant growing in the city, this study was performed to survey the contents of heavy metals in the ginkgo leaves growing throughout Seoul.

The leaves were collected from 168 ginkgo at 28 sites—park, residential, commercial and industrial area—in Sep. 1988 and were measured for the concentrations of Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn by atomic absorption spectrophotometry and of Hg by Mercury analyzer.

The results were as follows:

The contents of Pb, Zn were commercial>industrial>residential>park area, Cu, Fe, Hg were industrial>commercial>residential>park area and the contents of Mn were park>residential>industrial>commercial area.

Concentration of Pb in commercial area was higher about 3 times than that in the other areas.

The contents of Cd, Co, Mn, Hg in the superficial deposits of leaves were 21% and those in the inside of leaves were 79%, while the contents of Fe in the superficial deposits of leaves were 78% and those in the inside of leaves were 22%.

Co, Cu, Fe, Pb and Zn were almost positively correlated to each component. All of content except Ni were significant difference between each area.

#### 緒 論

街路樹는 現代社會의 市民에게 綠陰에 依한 休息空間을 提供하며 大氣淨化에<sup>1-4)</sup> 一翼을 擔當하고 있다. 特히 1경보의 落葉樹林은 約40名の 1年分 呼吸量을 補充해 주고 常綠樹林은 80名の 呼吸量을 補充해 준다<sup>5)</sup> 고 한다.

그러나 最近 交通量의 增加와 工業化에 따라 街路樹는 新鮮함을 잃고 그 自體의 強力한 生命力에 依存해 근근히 生命을 延長해 가고 있을 것이다.

汚染物質은 주로 gas狀이나 粉塵 혹은 酸性비(Wet deposition)의 形態 등으로 植物에 被害를 준다. 有害한 成分이 多量含有된 粉塵<sup>6-8)</sup>은 飛散하여 植物의 葉에 附着되어 太陽光線을 遮斷하고 氣孔을 폐쇄하여 呼吸 및 증산작용을 억제하여 作物生育에 被害를 준다<sup>9)</sup> 고 하였으며, 粉塵에 依한 樹木의 被害 mechanism을 正確히 밝히기는 어렵지만 한 報告에 依하면 道路周邊의 粉塵中에 있는 매연은 그 粒子의 Acidity에 의해 Necrotic spotting이 일어나 氣孔이 막히게 된다<sup>10)</sup> 고 하였다.

또한 植物과 關係있는 重金屬으로는 수은, 납, 카드

물, 망간, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 셀렌, 철 등이 있는데 이러한 重金屬類는 모두 生物에 害를 주는게 아니라 망간, 철, 구리, 아연 등과 같이 生理作用에 필요<sup>11)</sup>한 것도 있다. 植物體內에 重金屬의 吸收는 水溶液이나 土壤을 통해 또는 大氣로 부터 蓄積되는데 너무 過하게 吸收하던 細胞가 死滅하고 백리 및 백화현상이 일어나며 신장이 害되고 독특한 표증현상이 나타나며(Kayans 1971) 金屬이온과 置換하여 呼吸作用을 阻害한다<sup>5,13)</sup>고 알려져 있다.

여러 種類의 汚染物質이 共存하는 경우 生物에 對한 影響은 매우 複雜하여 個個의 汚染物質을 測定하는 것 외에 그 汚染의 影響을 把握하는 것이 거의 不可能하다고 생각되며 複合的인 大氣汚染의 정도를 評價하기 위해서는 汚染物質測定과 並行하여 植物指標를 取해 繼續的으로 汚染을 診斷하는 것이 必要하다고 생각된다.

現在 서울市の 街路樹 植栽量은 244,000餘株로 매년 증가하고 있으며 이中 銀杏나무의 植栽量은 68,700 餘

株로 '86年 16.8%, '87年 25.5%, '88年 28.1%<sup>14)</sup>로 점차 增加하고 있다. 또한 樹木의 汚染은 葉의 性狀 및 表面의 物理的 特性에 의해 左右되는데 銀杏葉은 葉表面이 넓어 大氣汚染의 影響이 클 것이라 생각된다.

本調査에서는 이러한 銀杏葉을 對象으로 重金屬 個個의 成分에 對하여 葉內部에 吸收된 量과 葉表面에 附着된 量을 測定하고 重金屬 成分間의 相關性을 檢討하였다.

## 材料와 方法

### 1. 材料

서울市內에 植栽된 銀杏나무를 對象으로 1988年 9月 8일부터 9月 27일까지 試料採取를 實施하였다. 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에 7個地點씩 總 28個地點을 選定하였다. 그리고 各地點에서

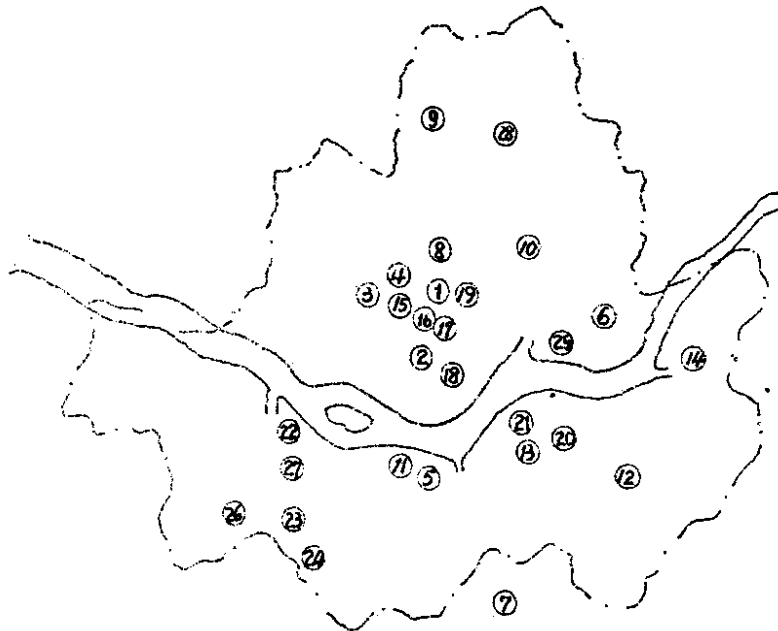


Fig. 1. Sampling sites

Park	Residential	Commercial	Industrial
1. Jangchung Park	8. Hyewhadong	15. Kwangwhamun	22. Yangpyŕngdong
2. Namsan	9. Uidong	16. Ŭlchiro	23. Kurodong
3. Sasic Park	10. Chŏngnyangni	17. T'oeguero	24. Karibongdong
4. Kyŏngbokkung	11. Hŭksŏkdong	18. It'aewon	25. Songsudong
5. National Cementry	12. Gaepodong	19. Tongdaemun	26. Gochŏkdong
6. Children's Grandpark	13. Nonhyŏndong	20. Tehelanno	27. Mullaedong
7. Seoul Grandpark	14. Dunchondong	21. Kangnamdaero	28. Changdong

Table 1. Heavy metal concentration of ginkgo leaves by sampling sites. (unit : ppm)

Area	Site	Kind of heavy metals						
		Cd		Co		Cu		
		W	U	W	U	W	U	
Park area	Jangchung P.	0.18±0.06	0.26±0.03	1.27±0.72	2.00±1.08	3.92±1.64	6.88±2.80	
	Namsan	0.20±0.05	0.28±0.03	1.42±0.15	1.57±0.25	4.51±0.87	6.62±1.15	
	Sasic P.	0.27±0.03	0.32±0.03	1.59±0.38	1.90±0.30	3.76±0.40	6.37±1.12	
	Kyongbokkung	0.23±0.02	0.25±0.03	1.41±0.30	1.68±0.33	3.70±0.66	4.82±0.64	
	National Cementry	0.21±0.08	0.20±0.07	1.51±0.55	1.46±0.50	2.27±0.75	4.68±0.69	
	Children's G.P.	0.28±0.14	0.29±0.06	1.63±0.23	1.70±0.20	3.80±1.41	6.78±1.49	
	Seoul Grand P.	0.21±0.01	0.23±0.04	1.25±0.30	1.42±0.18	2.33±0.44	4.12±0.63	
	Average	0.226±0.071	0.263±0.054	1.438±0.410	1.673±0.504	3.469±1.205	5.752±1.702	
	Residential Area	Hyewhadong	0.23±0.05	0.31±0.07	1.39±0.26	2.40±0.58	3.63±0.68	7.87±1.99
		Ujdong	0.28±0.07	0.28±0.09	1.95±0.51	1.67±0.57	5.65±1.54	5.05±0.76
Chongnyangni		0.28±0.03	0.31±0.03	1.61±0.17	2.02±0.27	4.38±1.14	8.68±1.31	
Huksokdong		0.26±0.06	0.30±0.04	1.69±0.26	1.90±0.27	4.15±0.40	9.43±1.84	
Gaepodong		0.24±0.04	0.34±0.09	1.44±0.16	1.89±0.83	3.01±0.74	6.08±1.71	
Nonhyondong		0.29±0.06	0.36±0.06	1.73±0.19	1.98±0.42	3.28±0.80	11.27±4.95	
Dunchondong		0.26±0.06	0.30±0.03	1.62±0.26	1.94±0.27	5.07±0.81	9.76±2.67	
Average		0.262±0.055	0.315±0.062	1.635±0.311	1.972±0.505	4.167±1.245	8.306±3.083	
Commercial area		Kwangwhamun	0.39±0.05	0.40±0.12	1.91±0.46	2.26±0.27	5.34±0.66	10.35±2.32
		Uchiro	0.32±0.06	0.44±0.08	1.71±0.25	2.26±0.31	4.81±1.37	21.14±5.95
	T'oeguero	0.30±0.08	0.42±0.10	1.68±0.35	2.34±0.57	6.31±2.16	15.87±4.60	
	It'aewon	0.27±0.03	0.36±0.05	1.90±0.40	1.86±0.19	5.39±1.62	10.13±1.90	
	Tongdaemun	0.24±0.04	0.36±0.06	1.80±0.38	2.59±0.23	5.78±0.99	17.38±3.85	
	T'ehelanno	0.25±0.03	0.34±0.12	1.30±0.19	2.07±0.24	3.36±1.06	9.26±2.11	
	Kangnamdaero	0.26±0.05	0.30±0.08	1.50±0.31	1.95±0.28	4.41±0.82	9.36±2.40	
	Average	0.288±0.069	0.374±0.095	1.683±0.380	2.191±0.376	5.519±2.190	13.336±5.553	
	Industrial area	Yangpyungdong	0.27±0.06	0.37±0.13	1.50±0.19	1.90±0.62	5.26±0.67	9.19±1.31
		Kurodong	0.27±0.07	0.41±0.05	1.51±0.21	1.82±0.20	6.58±1.23	17.06±3.47
Karibongdong		0.28±0.04	0.37±0.04	1.83±0.42	3.58±0.99	5.29±2.21	18.08±3.63	
Songsudong		0.32±0.07	0.44±0.10	1.78±0.40	2.03±0.32	7.54±2.44	12.72±4.09	
Gochokdong		0.31±0.03	0.41±0.07	1.82±0.19	2.29±0.38	7.89±0.80	29.61±11.99	
Mullaedong		0.29±0.04	0.38±0.13	1.52±0.31	1.94±0.42	5.28±2.27	10.84±4.23	
Changdong		0.26±0.08	0.37±0.09	1.61±0.31	1.94±0.37	3.66±0.66	5.52±1.14	
Average		0.285±0.057	0.393±0.088	1.652±0.313	2.214±0.760	5.928±2.056	14.718±8.929	

(W : washed leaves, U : unwashed leaves)

**Table 1.** Heavy metal concentration of ginkgo leaves by sampling sites.

Area	Site	Kind of heavy metals												(unit: ppm)																																							
		Fe			Mn			Ni			U																																										
		W	U	W	U	W	U	W	U	W	U	W	U																																								
Park area	Jangchung P.	130.6±80.3	384.0±263.8	29.32±3.95	34.09±6.10	1.62±0.88	5.28±3.55	152.4±49.8	304.9±90.6	30.58±7.92	34.15±11.47	2.16±0.74	2.42±0.77	116.5±46.5	313.7±68.9	25.84±5.93	34.45±4.17	1.76±0.47	2.91±1.60	151.8±96.6	320.8±172.0	34.95±8.77	41.03±12.73	2.45±1.43	3.67±2.13	143.2±78.7	296.1±50.2	31.11±7.88	33.96±6.96	2.38±1.01	4.75±2.97	172.1±33.9	578.6±126.9	47.72±5.38	60.80±10.92	4.32±2.83	5.26±3.83	146.9±66.4	291.4±86.9	75.60±20.33	91.38±21.20	2.34±0.67	4.78±1.44	Average	144.8±64.8	355.7±161.8	39.303±18.798	47.122±23.141	2.433±1.511	4.152±2.600			
	Residential area	Hyewhadong	132.7±35.8	757.1±166.6	36.01±3.65	50.86±10.17	3.07±1.23	17.35±7.84	242.7±33.2	235.3±76.4	34.25±10.79	36.22±10.34	4.22±1.07	4.29±3.09	106.9±6.9	397.9±43.8	28.52±5.92	35.94±3.59	2.17±0.55	4.01±1.47	142.4±39.1	629.0±255.4	40.95±7.29	49.19±10.12	2.47±0.70	4.84±3.66	135.1±37.3	460.3±181.7	38.46±9.35	47.47±15.50	2.51±1.03	3.65±1.05	104.6±16.5	455.4±201.6	32.43±6.53	37.24±8.87	3.94±3.13	6.34±4.54	116.9±44.9	611.5±93.3	38.62±8.96	44.15±11.83	2.48±1.14	3.92±2.41	Average	140.2±62.6	506.6±220.3	35.604±8.249	43.011±11.502	2.980±5.470	6.348±5.942		
		Commercial area	Kwangwhamun	231.8±64.6	610.3±145.3	29.16±5.79	33.72±5.51	2.63±0.78	4.21±1.04	178.8±53.9	975.2±185.5	25.87±5.62	30.96±3.27	2.80±0.99	4.96±0.97	157.4±14.9	880.5±371.9	22.76±3.74	41.99±8.96	2.23±0.54	3.72±0.92	173.5±51.6	547.11±110.1	23.38±4.93	32.99±9.09	2.96±0.64	3.64±0.40	212.1±61.6	1,021.5±345.9	25.23±8.94	40.20±13.36	2.66±0.90	6.97±5.71	126.9±28.1	563.4±224.4	26.12±7.15	39.43±13.14	4.30±2.15	10.46±3.45	183.8±55.1	690.8±316.2	27.33±2.84	34.30±5.64	4.91±2.38	8.99±2.71	Average	180.6±56.4	755.6±305.3	25.694±5.817	36.226±9.342	3.213±1.581	6.135±3.640	
			Industrial area	Yangpyungdong	219.9±67.0	719.1±175.5	38.51±20.29	97.38±47.85	3.86±1.92	6.60±4.28	196.8±64.1	927.7±439.8	26.01±1.74	46.33±38.38	1.89±0.45	4.29±1.96	399.1±312.9	1,314.4±314.5	36.64±4.46	56.69±48.89	3.52±1.62	9.48±2.90	224.0±61.6	716.8±306.4	19.27±4.79	33.02±27.30	2.45±1.56	4.85±1.54	383.1±182.6	1,436.7±486.4	40.05±12.04	45.69±11.22	2.93±0.59	6.06±3.48	230.8±143.7	942.6±617.3	35.11±14.03	43.63±24.47	4.58±3.54	8.19±4.39	108.7±26.5	552.7±383.0	30.52±10.40	38.91±16.81	2.48±1.22	5.16±2.00	Average	251.8±172.0	944.3±486.9	32.300±12.653	41.520±16.068	3.101±1.898	6.375±3.382

(unit: ppm)

Table 1. Heavy metal concentration of ginkgo leaves by sampling sites.

Area	Site	Kind of heavy metals				Hg			
		Pb		Zn		W		U	
Park area	Jangchung P.	4.12±1.30	5.38±1.63	11.31±2.69	25.00±14.98	0.02±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
	Namsan	7.89±2.19	13.87±3.25	19.92±10.11	29.76±9.58	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	Sasic P.	6.39±2.55	10.38±3.40	10.57±2.54	16.63±7.63	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.00
	Kyongbokkung	4.91±0.85	6.21±1.05	12.22±4.33	16.64±3.11	0.05±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	National Cementry	7.72±2.03	11.28±2.03	8.53±3.08	15.44±5.39	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
	Children's G.P.	7.48±1.98	9.32±3.04	18.08±7.65	24.54±4.32	0.04±0.00	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
Residential area	Seoul Grand P.	6.94±1.85	8.24±1.10	10.37±4.80	21.77±9.23	0.04±0.01	0.0399±0.0114	0.0468±0.0088	0.0468±0.0088
	Average	6.493±2.222	9.239±3.542	12.999±6.603	21.396±9.406	0.0399±0.0114	0.0468±0.0088	0.0468±0.0088	0.0468±0.0088
	Hyewhadong	5.69±3.39	27.27±18.77	15.70±6.26	28.49±9.70	0.03±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01	0.04±0.01
	Uldong	5.76±2.15	16.63±14.04	15.51±4.95	15.83±6.50	0.04±0.01	0.05±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02
	Chongnyangni	5.44±1.58	10.92±3.29	15.57±5.21	26.84±10.39	0.05±0.00	0.05±0.00	0.06±0.01	0.06±0.01
	Huksokdong	5.84±2.61	12.64±1.84	15.83±7.43	39.68±26.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
Commercial area	Gaepodong	6.24±1.76	13.33±6.16	12.48±3.52	24.51±17.05	0.05±0.01	0.05±0.01	0.06±0.02	0.06±0.02
	Nonhyondong	6.58±2.79	20.88±8.30	15.71±3.19	40.04±33.22	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.00	0.05±0.00
	Dunchondong	18.06±7.51	31.21±6.40	24.71±15.74	55.90±16.38	0.0043±0.0124	0.0043±0.0124	0.0504±0.0150	0.0504±0.0150
	Average	7.611±5.470	18.976±11.834	16.501±7.970	33.040±21.623	0.04±0.01	0.05±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01
	Kwangwhamun	26.67±9.66	45.88±8.99	29.14±10.33	44.52±7.65	0.05±0.01	0.05±0.00	0.06±0.01	0.06±0.01
	Ulchiro	20.45±3.73	65.36±6.56	26.96±12.85	99.03±63.45	0.05±0.00	0.05±0.00	0.08±0.01	0.08±0.01
Industrial area	T'oegwero	26.37±6.11	47.53±19.14	36.77±18.94	97.31±45.34	0.06±0.00	0.06±0.00	0.06±0.01	0.06±0.01
	It'cewon	11.84±8.41	19.66±10.68	27.84±8.48	45.74±23.59	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	Tongdaemun	7.51±1.69	29.06±6.20	41.22±10.98	97.03±51.77	0.05±0.00	0.05±0.00	0.05±0.01	0.05±0.01
	T'ehelanno	21.94±20.78	70.13±63.61	21.65±7.15	52.15±17.69	0.04±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	Kangnamdaeroa	8.23±5.53	19.84±6.63	23.54±7.89	56.94±23.70	0.0479±0.0095	0.0479±0.0095	0.0577±0.0145	0.0577±0.0145
	Average	17.570±11.951	42.492±30.800	29.589±12.554	70.389±42.920	0.07±0.02	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01
Average	Yangpyungdong	6.65±2.74	20.58±5.96	28.70±8.97	51.12±14.84	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01	0.06±0.01
	Kurodong	5.67±1.55	13.78±3.81	30.33±13.26	78.90±47.84	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	Karibongdong	8.38±2.45	27.33±10.14	32.57±23.08	57.38±18.88	0.03±0.05	0.03±0.05	0.03±0.05	0.03±0.05
	Songsudong	10.70±4.19	30.19±15.05	23.02±11.15	43.02±35.05	0.11±0.03	0.11±0.03	0.13±0.04	0.13±0.04
	Gochokdong	14.40±12.89	33.24±21.00	36.05±16.09	76.38±28.93	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01	0.05±0.01
	Mullaedong	8.57 ±4.30	18.30±6.64	21.28±13.52	43.47±34.68	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00	0.03±0.00
Average	Changdong	4.77 ±1.77	8.95±3.01	9.49±3.42	21.88±11.20	0.0576±0.0277	0.0576±0.0277	0.0677±0.0346	0.0677±0.0346
	Average	8.447±6.040	21.76±13.69	25.919±15.312	53.162±33.381	0.0576±0.0277	0.0576±0.0277	0.0677±0.0346	0.0677±0.0346

6株씩 總168株에서 葉 200g씩을 採取하였다.

## 2. 調査方法

### 1) 試料調製

採取한 葉을 洗滌葉과 未洗滌葉으로 區分하고 洗滌 방법은 洗劑로 洗滌하여 水道水로 洗劑를 씻어내고 이온 交換水로 數回 洗滌하였다. 이를 110°C에서 1時間 加熱하여 酵素作用을 中止시킨 후 약 70°C에서 乾燥시켜서 粉碎하여 이를 試料로 使用하였다.

### 2) 分析方法

카드뮴, 코발트, 銅, 鐵, 망간, 니켈, 亞鉛, 鉛 水銀 等の 重金屬을 試料 1g을 正確히 秤量하여 低溫灰化爐(Plasma Asher : Yanaco 社制 Model LTA-4SN)을 利用하여 乾式灰化法<sup>15)</sup>으로 前處理하여 原子吸光度法(HITACHI-AAS Model 170-30)에 依해 分析하였다.

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

## 結果 및 考察

### 1. 地域別 重金屬 含量

本研究에서는 葉表面에 tar狀의 物質等이 많이 含有되어 있다는 報告<sup>16,17)</sup>과 關聯, 이온 交換水만으로는 完全한 洗滌이 어렵다고 判斷되어 洗滌過程에 洗劑를 利用하였다. 4個地域, 28個地點의 銀杏葉 168株에 대하여 重金屬 9個項目의 含量을 測定한 結果는 表 1과 같다. 前年度<sup>18)</sup>에 비해 多少 減少한 傾向을 보였으며 洗滌葉과 未洗滌의 濃度差가 顯著하게 나타났다.

#### 1) 카드뮴(Cd)

葉中 Cd의 平均含量은 洗滌葉이 0.266±0.067ppm, 未洗滌葉이 0.337±0.092ppm이며 表面附着物이 0.071±0.079ppm이었다. 洗滌葉은 最低最高值가 長春公園의 0.100ppm과 어린이公園의 0.500ppm으로 모두 公園地域에서 나타났으며 未洗滌葉은 公園地域인 국립묘지에서 0.125ppm으로 最低值를, 工業地域인 문래동에서 0.675ppm으로 最高值를 나타냈다.

地域別 Cd含量은 圖2에서 보는 바와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉 모두 公園地域이 0.226±0.071ppm, 0.263±0.054ppm으로 가장 적었고 洗滌葉은 道路商街地域이 0.288±0.069ppm, 未洗滌葉은 工業地域이 0.393±0.088ppm으로 가장 높았다. 洗滌葉은 公園地域<住居地域<工業地域<道路商街地域의 順이었고 未洗滌葉은 公園地域<住居地域<道路商街地域<工業地域의 順이었으며 表面附着量은 公園地域이 0.036±0.063ppm으로

가장 적었고 工業地域이 0.107±0.073ppm으로 가장 높았는데 이는 1ppm 以下로 地域的인 差를 指摘하기가 힘들다.

表 3에서와 같이 葉內에 吸收된 Cd濃도가 全含量의 79%로 높은 것은 Cd은 比較的 7μm 以下의 작은 粒子에 含有되어 있다는 金等<sup>19)</sup>의 報告와 關聯하여 Cd의 吸收가 容易한 때문이라고 判斷된다.

500ppm의 Cd치리를 한 土壤에서 自然 채송화의 일에 約 60ppm의 Cd이 검출되었으며 생산량에는 減少現狀이 없었다는 金<sup>20)</sup>의 報告가 있으며 植物은 보통 生重量에 對해 0.1ppm程度 含有하며 쉽게 吸收한다<sup>20)</sup>고 한다. 本調査 結果 Cd含量은 79年度 任等의 調査值보다 다소 增加한 결과였으나 前年度와는 비슷하였고 美國 都市地域에 對한 Smith의 報告<sup>11)</sup> 및 辰己<sup>16)</sup>에 依한 日本의 住居地域의 公園樹(1.09±0.598ppm)보다는 낮은 水準이었다. 따라서 서울市內 銀杏葉에 對한 Cd 汚染은 深刻한 程度는 아니라고 判斷된다.

洗滌葉과 未洗滌葉間의 相關關係는 表 3과 같으며 住居地域을 除外한 全地域에서 유의수준 1% 以上の 相關性을 나타내었다.

地域別, 地點別 分散分析은 表 4에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 地域間에 1%의 有意差를 認定할 수 있었다.

#### 2) 코발트(Co)

全地域에서의 Co의 平均含量은 洗滌葉이 1.602±0.366ppm, 未洗滌葉이 2.013±0.591ppm이며 葉附着量이 0.411±0.577ppm이었다. 最低值는 洗滌葉의 경우 長春公園과 국립묘지에서 共히 0.810ppm이었고 未洗滌葉은 국립묘지에서 0.921ppm이었다. 最高值는 洗滌葉은 2.813ppm으로 住居地域인 우이동에서 未洗滌葉은 5.309ppm으로 工業地域인 가리봉동에서 나타났다. 地域別로는 圖 3과 같이 公園地域이 洗滌葉과 未洗滌

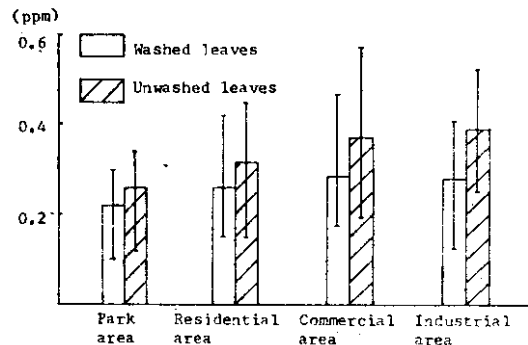


Fig. 2. Comparison of Cd concentration in sampling area.

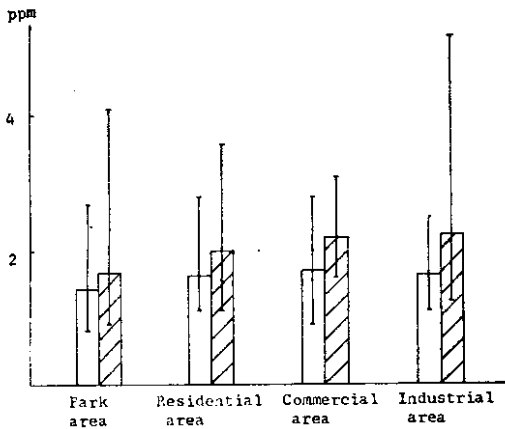


Fig. 3. Comparison of Co concentration in sampling area.

葉이 각각  $1.438 \pm 0.410$ ppm,  $1.673 \pm 0.504$ ppm으로 가장 낮았으며 洗滌葉은 道路商街地域이  $1.683 \pm 0.380$ ppm으로 가장 높고 未洗滌葉은 工業地域이  $2.214 \pm 0.760$ ppm로 가장 높았다. 表面附着量은 公園地域이  $0.235 \pm 0.369$ ppm으로 낮았고 工業地域은  $0.561 \pm 0.695$ ppm으로 公園地域에 비해 2倍以上 많았다.

葉內에 吸收된 量은 表2에서와 같이 全體의 80%이며 이는 各地域간에 큰 差가 있는 것으로 나타났다.

Smith<sup>11)</sup>에 依하면 Co含量은  $1\mu\text{g/g}$ 이하의 量이 含有되어 있다고 하였는데 이에 比하면 本調査 結果는 多少 높은 편이었다.

洗滌葉과 未洗滌葉의 相關性은 有意水準 1%의 相關性을 나타내었는데 地域別로 區分하여 볼 때 汚染度가 낮았던 公園地域이  $r=0.69322$ 로 相關性이 높게 나타났다.

地點間 地域間の 差를 分散分析으로 確認한 結果 表4에서와 같이 洗滌葉은 地域間에 未洗滌葉은 地點間및 地域間에 有意水準 1%의 差를 認定할 수 있었다.

### 3) 銅(Cu)

全地域에서 Cu의 平均含量은 洗滌葉이  $4.610 \pm 1.761$ ppm, 未洗滌葉이  $10.533 \pm 6.602$ ppm이었으며 表面附着量은  $5.923 \pm 5.882$ ppm으로 葉內의 含有量보다 더 많았다.

地域別 含量은 圖 4에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 각각  $3.469 \pm 1.205$ ppm,  $5.752 \pm 1.702$ ppm인 公園地域이 가장 낮았고 다음이 住居地域, 道路商街地域의 順이며 工業地域이  $5.748 \pm 2.056$ ppm과  $14.718 \pm 8.929$ ppm으로 가장 높았다. 最少值도 洗滌葉은 장충공원에서  $1.502$ ppm, 未洗滌葉은 서울대공원에서  $3.072$ ppm으로 모두 公園地域에서 나타났으며 最高値는 모두 工

業地域에서 나타났는데 洗滌葉은 성수동에서  $9.985$ ppm이 있고 未洗滌葉은 고척동에서  $52.240$ ppm이었다. 고척동은 全試料에서 他地點에 比해 높은 含量을 보이고 있었다. 葉內의 含有量이 많은 地域일수록 表面附着量도 增加하는 傾向을 보여 工業地域, 道路商街地域의 경우 洗滌葉의 1.5倍以上의 含量을 나타냈다.

表 3에서와 같이 Cu含量이 낮게 나타난 公園地域은 葉全體 Cu含量中 葉內에 含有된 量의 比率이 66%로 表面附着率보다 높은 反面 含量이 높은 地域일수록 葉內含量比는 낮아져 工業地域의 경우 29%인 것으로 미루어 銀杏葉의 Cu 吸收度는 크지 않은 것으로 판단된다.

Cu는 銅제련소에서 排出되는 gas의 粉塵中 약 4.4%를 點하고 있으며<sup>22)</sup> 주물공장과 연탄공장에서 비교적 많이 배출되나 배출허용 기준은 초과하지 않는다고 보고<sup>22)</sup>된 바 있다. 따라서 本調査結果 工業地域이 높은 것은 그 汚染源에 起因하는 것이라 思慮된다. 또한 本調査에서는 Smith가 洗滌葉의 정상적인 水準이라고 報告한 6~11ppm보다 다소 낮았으며 辰己가 調査한 바도 日本의 工業地域이 他地域보다 높았는데 本調査결과는 日本에서 比較的 低濃度인 公園樹보다 더 낮은 水準이었다.

洗滌葉과 未洗滌葉間的 相關性은 表 3에서와 같이 濃도가 낮았던 公園地域과 가장 높았던 工業地域에서 有意水準 1%의 相關性을 나타내었다.

地點間, 地域間 分散分析은 表4에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 地點間, 地域間에 有意한 差가 있

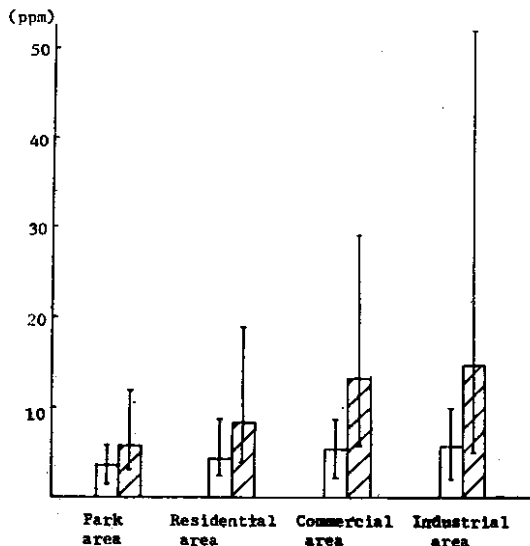


Fig. 4. Comparison of Cu concentration in sampling area.

었다.

#### 4) 鐵(Fe)

Fe의 平均含量은 洗滌葉葉의 경우  $179.3 \pm 109.7$ ppm이며 未洗滌葉은  $604.5 \pm 388.4$ ppm이었으며 葉附着物은  $461.2 \pm 341.0$ ppm이었고 最低値는 洗滌葉은 公園地域인 장충공원에서 38.4ppm, 未洗滌葉은 住居地域인 우이동에서 119.3ppm으로 나타났고 最高値는 洗滌葉이 가리봉동에서 833.2ppm, 未洗滌葉이 고척동에서 2,378.0ppm으로 모두 工業地域에서 나타났다.

地域別 Fe의 含量은 圖 5에서와 같이 洗滌葉은 住居地域, 公園地域, 道路商街地域의 順으로 높았으며 工業地域이 公園地域에 비해 約 7倍 높은 251.7ppm으로 가장 높았다. 未洗滌葉은 公園地域이  $355.6 \pm 161.8$ ppm, 住居地域이  $506.6 \pm 220.2$ ppm, 道路商街地域이  $755.3 \pm 305.3$ ppm, 工業地域이  $944.3 \pm 486.9$ ppm이었으며 表面附着量은 住居地域은 洗滌葉보다 낮았으나 該外의 地域은 洗滌葉보다 2.5~3倍가량 높은 濃度를 나타냈는데 이러한 傾向은 辰己<sup>16)</sup>의 調査에서도 確認된 바 있다.

Fe은 地球上에 가장 흔한 金屬의 一種으로 主排出源은 石炭煙燒時 發生하는 粉塵에 約 1.8%, 중유연소시 發生하는 粉塵에 約 0.46%, 銅제련소의 排出 gas의 粉塵中에 3.8%가 含有된 것으로 알려져 있다. 生物學的으로는 植物體의 必須微量元素로서 葉綠素合成에 關與하여 과잉축적되면 有害하며 철염은 植物體에 有毒하며 夏節期 夏落現象等을 超來한다.<sup>24)</sup> Smith의 報告와 比較하여 볼 때 比較的 汚染되지 않은 地域의 Fe含量은 7~144ppm보다 本調査結果는, 道路商街地域과 工業地域은 더 높았다. 그러나 樹木에 손상을 줄 정도는 아닌 濃度를 含有하고 있다는 都市地域의 濃度 및 日本의 濃度보다는 낮은 水準이었다.

表 3에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉의 相關性이 工業地域에서는 認定되었으나 他地域에서는 없었고 住居地域에서는 오히려 負의 相關性을 나타내고 있으며 葉自體에 많은 Fe이 含有되어 있어 洗滌葉의 Fe은 主로 葉自體의 含量에 起因한다고 생각되며 葉表面에 附着된 量이 全體含量中 公園地域은 59%이지만 汚染이 심하다고 認定되는 地域일수록 附着率이 높은 것은 大氣粉塵中의 含量이 많고<sup>6)</sup> 또한 Fe은 7 $\mu$ m 以上の 큰 粒子에 主로 含有되어 있어<sup>19)</sup> 葉內의 吸收가 어려워 大氣中의 Fe은 主로 葉表面에 影響을 미친다고 思料된다.

分散分析을 통해 地點間 地域間의 差를 確認한 結果 表4에서와 같이 洗滌葉은 地域間에, 未洗滌葉은 地點間, 地域間에 有意한 差가 認定되었다.

#### 5) 망간(Mn) 含量

Mn의 平均濃度는 洗滌葉의 경우  $33.226 \pm 13.276$ ppm이며 未洗滌葉은  $41.970 \pm 16.250$ ppm이었고 最低値는 洗滌葉은 성수동에서, 未洗滌葉은 성수동에서 各各 13.784ppm과 21.921ppm이었으며 最高値는 모두 公園地域인 서울대공원에서 113.650ppm과 133.624ppm으로 나타났다.

地域別 含量은 圖 6에서와 같이 他成分과는 다른 樣相을 나타냈다. 道路商街地域은 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各  $25.694 \pm 5.817$ ppm,  $36.226 \pm 9.342$ ppm으로 가장 낮았으며 工業地域은  $32.300 \pm 12.653$ ppm,  $41.520 \pm 16.068$ ppm, 住居地域은  $35.604 \pm 8.249$ ppm,  $43.011 \pm 11.502$ ppm이었으며 公園地域은  $39.303 \pm 18.798$ ppm,  $47.122 \pm 23.141$ ppm으로 가장 높았다. 그러나 葉附着濃度는 調査한 바와 같이 道路商街地域, 工業地域이 公園地域( $7.818 \pm 6.751$ ppm), 住居地域( $7.406 \pm 7.506$ ppm)보다 더 높았다.

本調査는 日本의 官公廳地域의 36ppm(洗滌葉)~44ppm(未洗滌葉)과 비슷한 水準이며 Mn은 大氣環境中에는 含量이 Pb, Cu, Ni보다 낮다는 報告가 많은데 葉中에는 그 含量이 Fe 다음으로 많은 것으로 보아 大氣의 影響보다는 土壤의 影響이나 植物自體의 含量에 起因하는 것이라 생각된다. 그리고 他成分과는 달리 公園地域이 가장 높고 道路商街地域이 가장 낮은 것은 前年度<sup>15,20)</sup>나 辰己<sup>16)</sup>의 調査에서와 같은 傾向인데 이는 大氣中의 重金屬成分間에는 正의 相關性이 있었으나<sup>5)</sup> 葉에서는 表5~6에서와 같이 有意性은 적으나 負

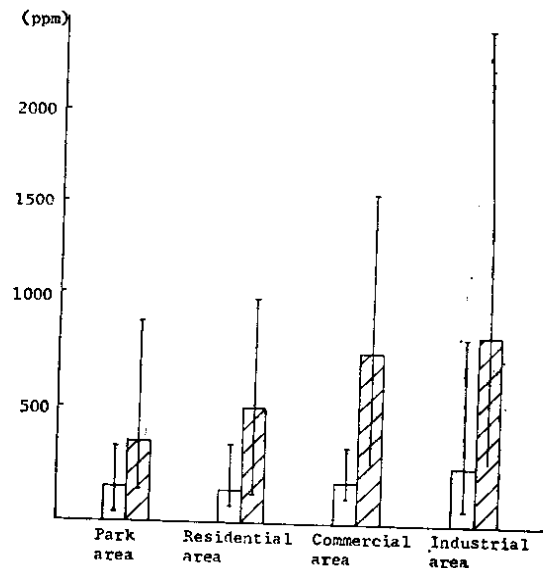


Fig. 5. Comparison of Fe concentration in sampling area.



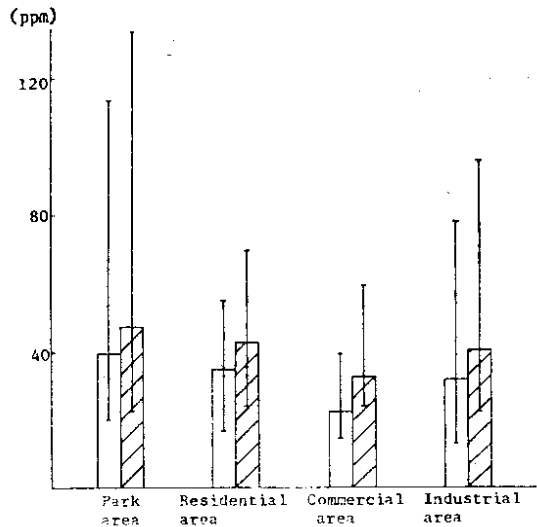


Fig. 6. Comparison of Mn concentration in sampling area.

의 相關性을 나타낸 것으로 보아 大氣의 영향보다는 土壤의 化學性 等에 原因이 있을 것으로 추측되지만 후 후 더 많은 研究가 필요하다.

洗滌葉과 未洗滌葉間에는 表3에서와 같이 全地域에서 相關性이 認定되었으며 表4의 分散分析에서 地點間, 地域間에 모두 有意差가 있었다.

#### 6) 니켈(Ni)

全地域의 平均含量은 洗滌葉은  $2.932 \pm 1.659$ ppm, 未洗滌葉은  $5.751 \pm 4.154$ ppm이었으며, 表面附着量은  $2.819 \pm 3.802$ ppm으로 葉內의 濃도와 비슷하다. 洗滌葉의 경우 最低, 最高值가 各各 성수동에서 0.948ppm, 고척동에서 10.226ppm으로 모두 工業地域이었으며 未洗滌葉은 最低值가 사직공원에서 1.186ppm, 最高值가 住居地域인 혜화동에서 27.786ppm으로 나타났으며 表1에서 보는 바와 같이 혜화동이 전반적으로 높았다.

地域別 濃度は 圖7과 같다. 洗滌葉은 公園地域이  $2.433 \pm 1.511$ ppm으로 가장 낮았고 다음이 住居地域, 工業地域의 順이며 道路商街地域이 가장 높게 나타났. 未洗滌葉은 公園地域 < 道路商街地域 < 住居地域 < 工業地域의 順으로 葉表面에 附着된 濃度は 住居地域이  $3.363 \pm 5.676$ ppm으로 他地域에 비해 가장 높게 나타났으며 이는 葉全體量中の 53%에 해당하는 양이었다.

洗滌葉과 未洗滌葉間의 相關關係는 表3에서와 같이  $r=0.40242$ 로 他成分에 비해 比較的 낮은 相關性을 나타내었다.

니켈은 폐암등의 毒性과 關聯된 動物에 對한 疫學報

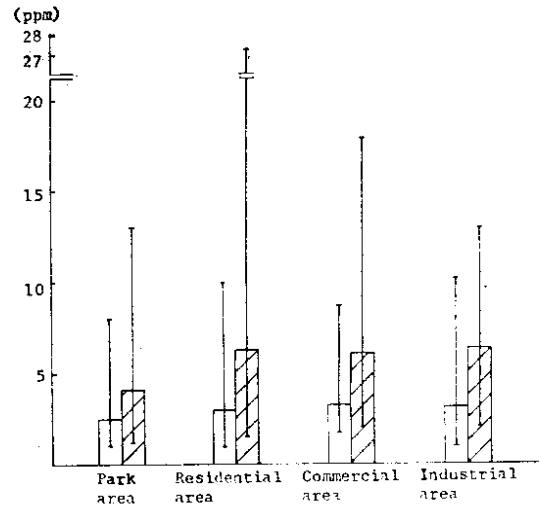


Fig. 7. Comparison of Ni concentration in sampling area.

告 등이 있다.<sup>26)</sup> 그러나 니켈은 高等植物의 必須要素이며 약 200ng 정도는 전혀 Ni을 함유하지 않은 植物보다 오히려 병리현상을 일으키지 않는다는 報告<sup>27)</sup>도 있다.

美國의 比較的 汚染되지 않은 地域의 葉의 Ni含量은 0.3~21ppm으로 本調査에서는 地點에 따라 이보다 더 높은 濃度を 나타내 나타낸 곳도 있으나 平均적으로 都市地域보다 낮은 水準이었다.

地點別, 地域別 分散分析 結果 表4에서와 같이 洗滌葉에서는 地點間에 有意差가 認定되었으나 地域間에는 有意差가 없었다. 未洗滌葉은 地點間, 地域間에 모두 1%의 有意差가 確認되었다.

#### 7) 납(Pb)

Pb의 含量은 平均值가 洗滌葉의 경우  $10.443 \pm 8.489$ ppm, 未洗滌葉은  $23.118 \pm 21.476$ ppm이었다. 葉表面附着量은  $13.074 \pm 15.847$ ppm으로 葉內含量보다 많았다.

洗滌葉은 혜화동에서 2.228ppm, 未洗滌葉은 장충공원에서 3.647ppm으로 最低值를 나타냈고 最高值는 洗滌葉과 未洗滌葉이 道路商街地域인 테헤란로에서 60.850ppm, 195.584ppm으로 나타났.

地域別 含量은 圖8에서 보는 바와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 公園地域 < 住居地域 < 工業地域의 順이며 道路商街地域은 各各  $17.570 \pm 11.951$ ppm과  $42.492 \pm 30.800$ ppm으로 他地域보다 월등히 높았다 또한 葉表面附着量은 公園地域이  $2.745 \pm 2.789$ ppm으로 葉全體濃度の 30%인데 비해 道路商街地域은  $24.922 \pm 22.732$ ppm으로 59%의 높은 濃도를 나타내고 있었다.

Pb은 毒性이 強하고 植物에 전혀 必要치 않으며 植物의 病發生率과 Pb含有는 正의 相關性이 있다. (Warren, 1960)<sup>5)</sup> 比較的 汚染되지 않은 環境에서의 葉中 Pb濃度는 약 1 $\mu$ g/g이며<sup>10)</sup> background level은 1~4  $\mu$ g/g이라고 報告<sup>28)</sup>되어 있다. 本調査 結果, 工業地域은 日本의 官公廳地域과 비슷하며 他地域은 日本의 公園樹와 비슷한 水準이었으며 美國의 都市地域보다 월 등히 낮았으나 仁川<sup>29)</sup> 보다는 높게 나타났다.

Pb은 交通量이 많은 地域인 道路商街地域이 높으며 高速道路邊境 交通停滯地域에서 멀리 떨어져 갈수록 현저한 감소를 보인다는 여러 報告<sup>28,30,31)</sup>와 마찬가지로 本調査에서 道路商街地域이 他地域에 비해 汚染度가 높은 것은 自動車排氣 gas에 의한 汚染이 主要原因임을 立證하는 結果라고 判斷된다. 또한 洗滌葉에 비해 未洗滌葉이 훨씬 높으며 葉表面附着率이 全含量의 57%나 되는 것은 車輛에 煙塵되는 金屬性Pb은 75%가 大氣中에 Pb粒子로 形成되며 植物에 축적되는 과정은 重力沈澱, 衝突에 依하며, 沈澱된 Pb은 葉表面에 쌓여 많은 부분이 降雨에 씻겨나간다는 報告<sup>28)</sup>로 설명될 수 있다.

87년부터는 無鉛自動車가 生産되고 있어 無鉛휘발유 의 사용으로 인해 앞으로는 環境大氣中의 鉛의 排出이 감소되어 樹木에의 影響도 감소되리라 예측된다.

洗滌葉과 未洗滌葉의 地點別, 地域間 分散分析은 表 4에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 有意水準 1%로 地域間에 差가 있는 것을 確認할 수 있었다.

### 8) 亞鉛(Zn)

全地域의 平均 Zn含量은 洗滌葉이 21.253 $\pm$ 12.988

ppm, 未洗滌葉이 44.498 $\pm$ 34.886ppm이며 表面附着量은 全Zn含量의 52.24%인 23.245 $\pm$ 27.930ppm이었다.

最低値는 洗滌葉은 서울대공원에서 3.571ppm, 未洗滌葉은 住居地인 우이동과 개포동에서 7.143ppm으로 나타났고 最高値는 洗滌葉은 가리봉동에서 78.544ppm 未洗滌葉은 을지로에서 223.720ppm으로 나타났다. 平均的으로 가장 낮은 濃度를 나타낸 地點은 국립묘지이며 가장 높은 地點은 99.03 $\pm$ 63.45ppm(未洗滌葉)을 나타낸 을지로였다.

地域別 含量은 圖 9에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 公園地域<住居地域<工業地域<道路商街地域의 順이었으며 이는 交通量이 적을수록, 고속도로변에서 떨어져 갈수록 減少가 顯著하며<sup>24)</sup> 交通量이 많은 道路商街地域이 가장 높다는 金<sup>32)</sup>의 報告와 一致한다. 表面附着量은 公園地域이 8.397 $\pm$ 8.393ppm으로 全體含量의 39%였고 그 外의 地域은 50~58%로 洗滌葉보다 더 높은 濃度를 나타내어 葉內에 含有된 量이 많은 地域일수록 附着率도 增加하는 傾向을 알 수 있었다. 이러한 現象은 모든 地域에서 1%의 有意性을 나타낸 表 3의 洗滌葉과 未洗滌葉間의 相關關係에서도 確認할 수 있다.

大氣中의 Zn은 그 含量比가 비교적 높은 것으로 報告되고 있어 植物自體의 影響도 있지만 大氣汚染의 影響에 起因된 것이라 思慮된다.

Zn은 植物에 있어서 75ppm까지는 生育에 阻害가 없으나 100ppm이상에서는 阻害가 일어나며 225ppm이상에서는 顯著的한 生育阻害를 볼 수 있다. 그러나 Zn이

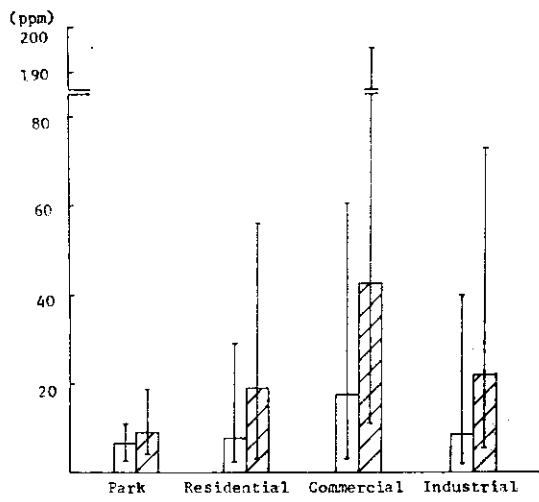


Fig. 8. Comparison of Pb concentration in sampling area.

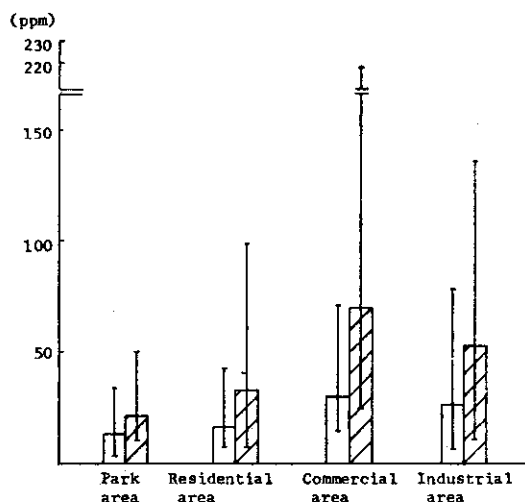


Fig. 9. Comparison of Zn concentration in sampling area.

없을 때보다 25ppm정도 있을 경우가 가장 좋다고 밝혀진 바<sup>32)</sup>있다. 本調査에서는 工業地域이나 道路商街地域에서는 100ppm을 초과하는 경우도 各 4株씩 예외적으로 있었으나 平均적으로 100ppm以下였으며, 美國의 New Hampshire나 Vermont의 19~73ppm보다는 다소 높으나 都市地域보다는 낮은 水準이었다. 또한 道路商街地域을 除外하고는 日本의 住居地域보다도 낮았다.

地點別, 地域別 分散分析을 檢討한 結果 表 4와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 유의수준 1%로 地域間에 뚜렷한 差를 確認할 수 있었다.

#### 9) 水銀(Hg) 含量

全地域의 平均 Hg含量은 洗滌葉이  $0.0471 \pm 0.0180$  ppm, 未洗滌葉은  $0.0557 \pm 0.0220$ ppm이었으며 葉附着量은  $0.0086 \pm 0.0085$ ppm이었다.

最低値는 洗滌葉은 장충공원에서 0.0162ppm, 未洗滌葉은 남서울대공원에서 0.0248ppm으로 모두 公園地域에서 나타났으며 最高値는 各各 0.1586ppm, 0.2018ppm으로 工業地域인 고척동에서 나타났다. 地域別 農

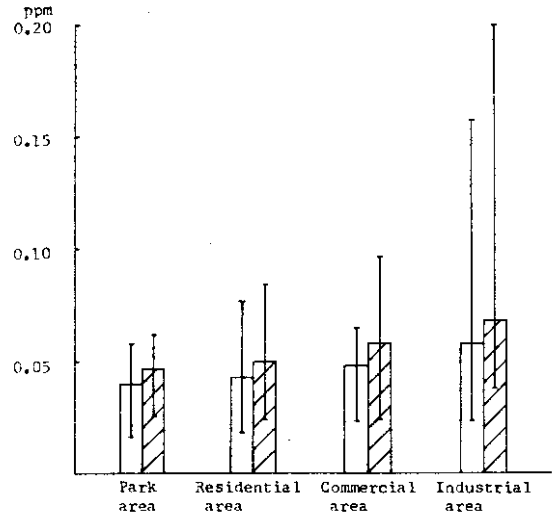


Fig. 10. Comparison of Hg concentration in sampling area.

Table 2. The ratio of include to deposit amount of heavy metals.

Item	(unit : %)									
	Park		Residential		Commercial		Industrial		Average	
	I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Cd	86	14	83	17	77	23	73	27	79	21
Co	86	14	83	17	77	23	75	25	80	20
Cu	66	34	50	50	40	60	39	61	46	54
Fe	41	59	28	72	24	76	27	73	28	72
Mn	83	17	83	17	71	29	78	22	79	21
Ni	59	41	47	53	52	48	49	51	52	48
Pb	70	30	40	60	41	59	39	61	43	57
Zn	61	39	50	50	42	58	49	51	48	52
Hg	85	15	85	15	83	17	85	15	85	15

I : Included amount in leaves

D : Superficial deposit of leaves

Table 3. Correlation coefficients between washed leaves and unwashed leaves

Item	Park	Residential	Commercial	Industrial	Total
Cd	0.51261**	0.09861	0.54627**	0.57277**	0.54530**
Co	0.69322**	-0.28965	0.21125	0.40261**	0.34601**
Cu	0.62469**	-0.20164	0.19800	0.52691**	0.51994**
Fe	0.25241	-0.31311*	0.22086	0.65264**	0.54677**
Mn	0.96929**	0.75878**	0.33297*	0.89724**	0.88022**
Ni	0.04592	0.29739	0.58401**	0.61056**	0.40242**
Pb	0.61634**	0.56827**	0.78072**	0.41681**	0.77377**
Zn	0.49612**	0.60234**	0.40528**	0.71527**	0.66828**
Hg	0.78323**	0.93024**	0.88339**	0.94670**	0.92764**

\*p<0.05, \*\*p<0.01

**Table 4.** Comparative of analysis of of variance (F inspection)

Item	Washing		Unwashing	
	Point	Group	Point	Group
Cd	1.12	8.39**	1.48	25.02**
Co	1.24	4.11**	4.70**	9.78**
Cu	3.05**	18.81**	6.10**	28.79**
Fe	1.62	11.17**	2.22*	29.56**
Mn	4.48**	10.28**	3.18**	3.63*
Ni	3.86**	2.05	4.34**	3.24*
Pb	0.65	19.99**	1.79	26.47**
Zn	1.50	20.72**	1.89	23.22**
Hg	3.90**	9.66**	4.02**	9.26**

\*p<0.05, \*\*p<0.01

2. 重金屬 成分間의 相關關係

**Table 5.** Correlation coefficients between each component(Washed leaves)

	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg
Cd	1.00000								
Co	0.28549**	1.00000							
Cu	0.30295**	0.33311**	1.00000						
Fe	0.31064**	0.42547**	0.74149**	1.00000					
Mn	0.12424	0.30012**	0.19567*	0.36232**	1.00000				
Ni	0.17474*	0.44386**	0.13165	0.33925**	0.36987**	1.00000			
Pb	0.29771**	0.24645**	0.44002**	0.39971**	0.14796	0.16409*	1.00000		
Zn	0.22851**	0.18288*	0.51883**	0.60659**	0.38125**	0.12159	0.38897**	1.00000	
Hg	0.11359	-0.01345	0.28097**	0.22708	-0.01132	-0.03499	0.11835	0.25376**	1.00000

\*p<0.05, \*\*p<0.01

**Table 6.** Correlation coefficients between each component(Unwashed leaves)

	Cd	Co	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg
Cd	1.00000								
Co	0.34644**	1.00000							
Cu	0.43250**	0.41281**	1.00000						
Fe	0.41124**	0.54907**	0.80099**	1.00000					
Mn	-0.12133	0.05487	0.00123	0.21293**	1.00000				
Ni	0.03783	0.31993**	0.11009	0.33199**	0.26542**	1.00000			
Pb	0.39856**	0.27039**	0.40400**	0.35560**	-0.05228	0.12776	1.00000		
Zn	0.34451**	0.32516**	0.63521**	0.68914**	0.13052	0.14862	0.45599**	1.00000	
Hg	0.18763*	0.07199	0.53531**	0.40873**	0.00722	-0.02898	0.17856*	0.41159**	1.00000

\*p<0.05, \*\*p<0.01

도는 圖10에서와 같이 公園地域이 洗滌葉과 未洗滌葉이 各各 0.0399±0.0114ppm, 0.0468±0.0088ppm으로 가장 낮고 工業地域이 0.0576±0.0277ppm, 0.0677±0.0346ppm으로 가장 높았다. 附着量 역시 같은 傾向을 나타내었으며 洗滌葉과 未洗滌葉間의 相關性도 表 3에서와 같이 모든 地域에서 1%의 有意性을 나타내어 汚染이 심한 地域은 葉內에 吸收된 量뿐 아니라 葉表面에도 많이 附着되어 있음을 알 수 있었다.

大氣中 水銀의 汚染源은 플라스틱원료공장, 전기제조공장, 鑛山, 페인트 펄프, 제지공장 등이며 主發生源은 石炭으로 알려져 있다. 石炭中の 水銀含量은 0.0  $x \sim 0.0 \mu\text{g/g}^{34)}$ 으로 대개 0.5ppm 정도이며 石炭에 흡

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

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Co-Fe	0.35484*	0.30712*
Co-Cd	0.45937**	
Cu-Fe	0.30875*	
Cu-Zn	0.37706*	
Cu-Cd		0.45404**
Co-Hg		-0.30930*
Zn-Hg		-0.35621*
Mn-Hg		-0.35528*
Fe-Ni		0.36904*

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

Table 8. Correlation coefficient between heavy metal component in residential area tree

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Cd-Co	0.64502**	0.30893**
Co-Fe	0.42409**	0.37755**
Cu-Fe	0.35183*	0.31001*
Mn-Fe	0.36243*	0.44705**
Mn-Zn	0.32606*	0.41036**
Zn-Pb	0.55097**	0.46362**
Cd-Cu	0.38496*	
Co-Cu	0.51706**	
Mn-Pb	0.35166*	
Co-Ni		0.44453**
Fe-Ni		0.52076**
Pb-Fe		0.34816*
Zn-Fe		0.57350**
Mn-Ni		0.33841*
Zn-Hg		0.44596**

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

有된 水銀의 약 90%가 gas상태로 排出되며 약 10%만이 재中에 남는다고 報告<sup>3)</sup>되어 있다.

美國 샌프란시스코의 大氣中 水銀濃度는 2ng/m<sup>3</sup>이며 土壤中에는 0.04ppm인 것으로 알려져 있다. 金等에 依하면 서울 都心地域의 平均水銀含量은 21.13±16.59ng/m<sup>3</sup>이며 田園地域은 5.91±1.26ng/m<sup>3</sup>으로<sup>35)</sup> 葉水銀은 大氣汚染의 影響이 直接的으로 關聯된 것이라 생각된다. 또한 葉全體水銀含量에 對한 葉內에 吸收된 量의 比나 表面附着率이 表 2에서와 같이 各各 85%와 15%로 全地域에서 一定하게 나타난 것으로 보아 水銀은 葉內 吸收가 容易한 成分으로 判斷된다.

地點間, 地域間 分散分析은 表 4에서와 같이 洗滌葉과 未洗滌葉이 모두 地點間, 地域間에 1%의 有意差가 認定되었다.

表 5는 洗滌葉의 重金屬成分間의 相關關係를 나타낸 것이다.

Fe은 Cu 및 Zn間에 各各  $r=0.74149$ ,  $r=0.60659$

Table 9. Correlation coefficient between heavy metal component in Industrial area tree

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Fe-Co	0.35303*	0.53417**
Fe-Cu	0.31821*	0.78493**
Fe-Mn	0.46261**	0.62642**
Fe-Ni	0.42416**	0.40256**
Fe-Pb	0.46434**	0.58878**
Fe-Zn	0.74263**	0.77664**
Fe-Hg	0.47247**	0.40171**
Cu-Pb	0.54714**	0.66299**
Cu-Hg	0.34388*	0.59991**
Pb-Zn	0.35905*	0.43855**
Pb-Hg	0.57417**	0.36223*
Zn-Hg	0.46096**	0.441830**
Mn-Ni	0.51637**	0.56820**
Cd-Co	0.48806**	
Cd-Pb	0.35134*	
Cd-Cu	0.37239*	
Co-Cu	0.45666**	
Zn-Ni	0.40270**	
Mn-Hg	0.35040*	
Co-Mn		0.41784**
Co-Ni		0.50750**
Co-Pb		0.31029*
Cu-Mn		0.32759*
Cu-Zn		0.68511**

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

**Table 10.** Correlation coefficient between heavy metal component in commercial area tree

Item	Washed leaves	Unwashed leaves
Co-Cu	0.53380**	0.57806**
Fe-Cu	0.34134**	0.77981**
Fe-Zn	0.47367**	0.64848**
Cd-Hg	-0.31884*	
Fe-Mn	0.48270**	
Cd-Co		0.32103*
Cd-Cu		0.36259*
Co-Pb		0.33285*
Co-Fe		0.52593**
Cu-Zn		0.50578**
Zn-Mn		0.48111**
Ni-Mn		0.41790**
Zn-Hg		0.35549*

\*p<0.05, \*\*p<0.01

로 높은 상관성을 나타내었고 Cd, Co, Mn, Ni, Pb間에도 有意水準 1%의 상관성을 나타내어 Hg를 除外한 全項目과 상관성이 있었다. Pb과 Cd, Co, Cu, Zn, Mn間에, Co와 Cu, Mn, Ni間에, Zn과 Cd, Cu, Mn間에, Cd과 Cu間에, Mn과 Ni, Zn間에 1%의 상관성을 確認할 수 있었으며 Pb과 Ni間, Cd과 Ni間, Cu와 Mn間에는 5%의 상관성이 있었다. Hg은 Cu, Zn間에는 1%의 상관성이 있었으나 他成分과는 상관성이 없었다.

表 6은 未洗滌葉의 重金屬成分間의 相關關係이다. Fe은 洗滌葉에서와 같이 모든 成分과 1%의 상관성이 認定되었는데 Zn과는 r=0.6894로 가장 높았으며 Co와는 r=0.54907이었고 Zn과 Cu間에 r=0.63521로 높은 상관성을 확인할 수 있었다. Pb도 Mn, Ni을 除外한 모든 成分間에 1%의 유의한 상관성이 있었다.

表7~10은 地域別 洗滌葉과 未洗滌葉에서 重金屬成分間의 有意성이 있는 것만을 綜合한 것이다. 公園地域에서는 洗滌葉과 未洗滌葉에서 共히 Co와 Fe間에 5%水準의 상관성만이 認定되었고 Hg은 他成分과 主로 負의 상관성을 나타내었다. 住居地域에서는 Co-Fe, Co-Cd, Cu-Fe, Mn-Fe, Mn-Zn, Zn-Pb 서로 상관성을 나타냈으며 道路商街地域은 Co-Cu, Fe-Cu, Fe-Zn이 서로 상관성을 나타내었다. 工業地域에서는 서로 상관성을 認定할 수 있는 成分이 가장 많았는데 洗滌葉과 未洗滌葉에서 共히 상관성이 認定되는 成分은 Fe과 Co, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Hg間, Cu와 Pb, Hg

間, Pb과 Hg, Zn間, Zn과, Hg, Mn間, Mn과 Ni間이었다.

Fe과 Co間에는 道路商街地域의 洗滌葉만 除外하고는 모든 地域에서 正의 相關이 있었으며 또한 Fe과 Cu도 公園地域을 除外한 모든 地域에서 相關성이 認定되어 그들의 吸收能力이 서로 비슷하다고 思慮된다.

이상의 結果에서 Fe, Cu, Pb, Zn, Co는 서로 葉內에 吸收된 量이나 葉表面에 附着된 量에서 모두 正의 相關성이 매우 높은 群임을 알 수 있었으며 이는 金<sup>24)</sup>의 報告에서도 確證한 바 있다. 따라서 成分이 다른 成分의 含有 量에 影響을 미치는 것으로 判斷된다.

### 結 論

서울市內를 公園地域, 住居地域, 道路商街地域, 工業地域으로 區分하여 1988年 9月 8日부터 9月 27日에 걸쳐 銀杏나무를 對象으로 28個地點에서 總 168株를 選定하고 여기에서 葉을 採取하여 이를 洗滌葉과 未洗滌葉으로 分類하여 重金屬含量을 分析하고 各各의 相關성을 檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 葉에 含有된 重金屬의 濃度는 洗滌葉은 Fe; 179.3±109.7ppm, Mn; 33.226±13.276ppm, Zn; 21.253±12.988ppm, Pb; 10.043±8.499ppm, Cu; 4.610±1.761ppm, Ni; 2.932±1.659ppm, Co; 1.602±0.366ppm, Cd; 2.660±0.067ppm, Hg; 0.0471±0.0180ppm 이었으며 未洗滌葉은 Fe; 640.5±388.4ppm, Zn; 44.498±34.886ppm, Mn; 41.970±16.250ppm, Pb; 23.118±21.476ppm, Cu; 10.533±6.602ppm, Ni; 5.751±4.154ppm, Co; 2.013±0.591ppm, Cd; 0.337±0.092ppm, Hg; 0.0557±0.0220ppm이었다.

2. Pb, Zn의 含量은 洗滌葉과 未洗滌葉이 道路商街地域>工業地域>住居地域>公園地域 順이었으며 Cu, Fe, Hg은 工業地域>道路商街地域>住居地域>公園地 道域의 順이었다. Mn은 公園地域>住居地域>工業地 域> 路商街地域의 順이었다.

3. Cd, Co, Mn, Hg은 葉內含有量이 79%, 葉表面 附着量이 21%로 葉內吸收率이 높았다.

4. Fe은 地域間의 濃度差가 有意水準 1%로 顯著했 으며 未洗滌葉은 工業地域이 公園地域의 1.7倍였으며 汚染이 심한 地域일수록 未洗滌葉의 濃度도 洗滌葉의 2.4~3.8倍로 높았으며 吸收가 어려운 成分으로 判斷 된다.

5. Pb은 道路商街地域이 他地域에 比해 洗滌葉은 2.1~2.7倍, 未洗滌葉은 2.1~4.6倍로 높았다.

6. 地域間의 分散分析結果 洗滌葉은 Cd, Co, Cu,

Fe, Mn, Pb, Zn, Hg이 모두 1%의 有意差가 認定되었고 未洗滌葉은 Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, Hg이 1%의 有意差가, Mn, Ni이 5%의 有意差가 있었다. 그리고 Cu, Mn, Ni, Hg은 地點間에 含量差도 認定되었다.

7. 未洗滌葉과 洗滌葉間에는 모든 成分이 1%以上の 正의 相關性이 있었으며 특히 Mn, Pb, Hg은  $r=0.75$  이상의 높은 相關性이 있었다.

8. 重金屬成分間에 相關性이 높은 群은 Co, Cu, Fe, Pb, Zn으로 이들 重金屬은 서로 또는 他成分間에 相關性이 높았으며 Fe과 Cu間에는 洗滌葉은  $r=0.7415$  ( $p<0.01$ ), 未洗滌葉은  $r=0.8010$  ( $p<0.01$ )로 가장 높았다.

### 參 考 文 獻

- 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).
- 高橋理喜男外, 大阪地方に あける 各種樹木の 葉中硫黃含量と 大氣中の 亞硫酸가스 濃度との 關係, 造園雜誌, 32:14 (1968).
- 千葉修, 大氣汚染による樹木の被害, 植物防疫, 24:12 (1970).
- Pilet U.E. Un polluant Atmospheraique L'anhydride Sulfureux, Pollution Atmos., 14:55 (1972).
- 車鍾煥著, 環境汚染과 植物, 現代科學新書, (1986)
- 정용, 장재연, 주의조, 도시 대기중 중금속에 관한 연구, 韓國大氣保全學會誌 Vol. 3, No. 2 (1987).
- 金旻永, 韓商運, 金光振, 金英光, 金容國, 文明美. 生活空間으로서의 地下環境空氣中 重金屬濃度調査, 서울특별시보경환경연구소보. 21권 (속편) (1985).
- 辰己修三, 西村直人, 交通量過密, 過疎地域の 街路樹葉部に 附着する汚染物質について. 造園雜誌 34:1 (1970).
- 魏仁善, 成敏雄, 康祥俊, 梁運眞. 新制環境科學, 三亞社(1985).
- Walter W. Heck and C. Stafford Brandt, Effects on vegetation Native, Crop, Forest, Air pollution II. pp.157-229. Academic Press. Adited by Arthur C. Stern. (1977).
- William H. Smith, Metal Contamination of Urban Woody Plants, Env. Sci. Tech. Vol. 7, No. 7 (1973).
- 金炳宇, 植物生育에 미치는 重金屬의 影響에 관한 研究, 尙志大 論文集 第3輯 (1982).
- 農業進興廳 農業技術研究所, 農作物環境汚染被害 解釋(원색도감) p.12.
- 서울特別市 環境綠地局 綠地果 提供資料
- 氷見康二, 及川紀久雄, 公害分析指針 2, 共立出版社. (1972).
- 辰己修三, 重金屬と 樹木, 公害と對策. 9:9(1972).
- 辰己修三 西村直人, 街路の物質循環機構に與える 大氣汚染의 影響 (1) 香川大學農學部, 造園雜誌. 35:1(1971).
- 金旻永, 姜熙坤, 吉惠卿, 서울地域 銀杏葉中 重金屬含量에 關한 研究. 서울特別市 保健環境研究院報 第23卷 (속편)(1987).
- 金旻永, 朴鍾泰, 韓商運, 朴聖培, 環境大氣中 粒子狀物質에 含有된 重金屬類의 粒徑別組成分布에 關한 研究. 서울特別市保健環境研究院報 20권(1984).
- Lisk D.J. Trace Metals in Soils, Plants and Animals Advances in Agronomy (ed. N.C. Brady), Vol. 24, pp.267-325 (1972).
- 任慶彬, 姜泰旭, 權琦遠, 李景宰, 環境汚染이 都市樹木의 生育에 미치는 影響(1), 서울大學校 農科大學 演習林報告 第15卷 別刷 (1979).
- 禹仁和外, 銅製鍊所에서 排出되는 粉塵 및 粉塵中 重金屬의 濃度測定에 關한 研究. 國立環境研究院報. Vol. 9, 273-278 (1987).
- 李燦秀, 丁權, 金珍坤, 서울市內 固定排出源의 重金屬 排出調査研究. 서울특별市 保健環境研究院報. Vol. 21 (1985).
- 金炳宇, 道路邊 數種 植物體內的 Zn, Mn, Fe, Pb의 含量에 關한 研究, 尙志大 論文集 第1卷 (1980).
- F. William Sunderman. Recent Research on Nickel Carcinogenesis, Environ. Health Perspectives. Vol. 40, pp.131-141 (1981).
- David L. Eskew, Ross M. Welch, Wendell A. Norvell. Nickel in Higher Plants. Plant Physiol. 76, 691-693 (1984).
- William H. Smith. Lead Contamination of the Roadside Ecosystem. JAPCA. 26:8 (1976).
- 趙南奎, 沈載德, 韓寅洙, 申富鉉, 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院報 1:35 (1985).
- William H. Smith. Lead Contamination of Roadside White Pine, For. Sci. 17:2, 195-198 (1971).

31. 延世大學校 環境公害研究所, 高速道路의 大氣汚染이 소나무類 미치는 影響, '84 調査研究報告書. (1984).
32. 金炳宇, 環境에 미치는 重金屬 Lead 및 Cd의 影響에 관한 研究, 尙志大 論文集 第8輯 285-301 (1987).
33. 小林隆, 土壤微重金屬의 天然賦存量および 毒性等について, 公害と對策 11:11, 1300-1312 (1976).
34. 喜田村正次近藤雅臣, 瀧澤行雄, 藤井正美, 藤木素士, 水銀, 講談社 (1976).
35. 金旻永, 姜熙坤, 朴聖培, 環境大氣中 水銀의 分布와 動態에 관한 研究(1). 韓國環境衛生學會 13:2 別冊 (1987).