

## 서울 지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향

### 4. 지역별 소나무樹皮의 Pb와 Cd의含量變化

張楠基·裴眞浩·金承喆

서울대학교 師範大學 生物教育科

## Effects of Air Pollution on Precipitation and Living Organisms in Seoul Area

### 4. Variation of Pb and Cd Contents in the Barks of *Pinus densiflora*

Chang, Nam-Kee, Chin-Ho Pae and Sung-Chul Kim

Dept. of Biology, College of Education, Seoul National University

### ABSTRACT

The contents of Pb and Cd were measured with the barks of *Pinus densiflora* in Seoul area, Yangjaedong area near the Kyungbu-highway, Mt. Keryong and Mt. Seolak area, from Sep. to Oct. in 1988.

Pb contents in Seoul area were 17.8 ppm at Changkyungkung, 17.1 ppm at Chongamdong, 13.2 ppm at Mt. Kwanak, 7.6 ppm at Mt. Dobong and 3.7 ppm at Mt. Surak. Except Mt. Kwanak, the difference between areas of central and mountains in Seoul were high significant. Mt. Seolak area also showed variations in Pb contents from 16.8 ppm to 33.1 ppm according to studied sites.

Cd contents in Seoul area were 0.47 ppm at Changkyungkung, 0.65 ppm at Chongamdong, 0.61 ppm at Mt. Kwanak, 0.52 ppm at Mt. Dobong, 0.47 ppm at Mt. Surak. Therefore, Cd contents in Seoul area exhibited more variations between sampling plots than between the areas of central and mountains in Seoul. Mt. Seolak area also showed variations from 0.20 ppm to 0.34 ppm in Cd contents, and it was the lowest in all the studied area.

### 緒 論

汚染源을 分類해 보면 工場에서의 배출물, 人間의 生活 活動結果 배출되는 오물 및 자동차 배기가스들이다(Ichiro and Kitagishi, 1982). 우리나라의 경우 대기오염의 주원인은 자동차 배기가스로 보고되고 있다(Choi *et al.*, 1984). 자동차 배기가스로부터 나오는 Pb와 Cd에 의한 環境汚染은 生物에 큰 피해를 준다(Lagerwerff and Specht, 1970). 이들 汚染物質은 大氣에 의해 운반되어 土壤내에 축적되었다가 식물체에 흡수되거나, 또는 직

접 식물체에 흡수되면 세포내 原形質의 蛋白質과 結合하여 세포를 파괴시키고, 효소의 작용을 억제하며, 호흡과 관련된 여러가지 생리적 작용을 저해한다고 알려져있다(차, 1975).

도로변의 토양에 함유된 금속중에는 Pb이 가장 많으며 그 농도는 교통량의 증가율에 비례하고 거리에 반비례한다(Warren and Delavault, 1962; Mottoet *et al.*, 1970; Chung and Lee, 1987).

Cd은 보통 아연광에 함유되어 있고 주로 자동차 타이어, 건전지, 염색원료등에 이용되며, 다른 원소보다 생체에 치명적인 영향을 주는 원소이다(Carroll, 1966 ; Cha and Kim, 1975 ; Patel *et al.*, 1976).

우리나라에서도 土壤, 植物 및 動物에 축적된 Pb과 Cd등 중금속이 생물체에 미치는 영향에 대해서 계속 研究하여 왔다(Cha, 1974 ; Cha and Kim, 1975 ; Kim, 1982 ; Park and Kim, 1983).

도로변 가로수의 식물체내 重金屬함량과 大氣汚染의 관계를 다룬 研究는 최근에도 활발히 이루어지고 있는데, 각 식물체가 받는 피해 정도와 내성, 가로수를 지표식물로 활용하는 방법, 수목에 의한 오염물질의 흡수로 汚染度를 완화시키는 방안 등의 연구가 주목되고 있다(Yim *et al.*, 1979 ; Lee, 1985).

본 연구에서는 서울시와 경부고속도로 주변 및 몇몇 산악지역내의 소나무 수피를 재료로 선택하여 Pb과 Cd의 함량을 분석 비교함으로써 식물체내의 중금속함량 변화가 지역적으로 나타나는 상대적 높낮이를 지표로 상대오염도를 추정하고 산성강수 및 대기오염과 어떤 관련이 있는가를 알아보고자 하였다.

## 材料 및 方法

### 調査地의 개황 및 調査方法

1988년 9월 15일부터 10월 25일까지 Fig. 1에서와 같이 15개 지소에서 소나무(*Pinus densiflora*) 樹皮를 재료로 채취하였다.

調査地所를 구분하면 서울시내의 중심지역인 창경궁과 종암동, 서울시 주변의 개발제한구역내의 산악지역인 관악산, 도봉산 및 수락산, 양재동 지역의 경부고속도로변, 그리고 비교 조사지역으로 계룡산과 설악산의 4개 지역이었다.

재료 채취는 양재동지역의 경우 고속도로에서 수직방향으로 10 m, 50 m, 100 m, 150 m의 거리에서 실시하였고, 그 외 지역은 차도가 있는 곳에서 최소 50 m이상 떨어진 비교적 경사가 완만한 곳을 택하였다.

소나무는 樹徑 20 cm이상인 것을 택하여 지표 50 cm높이에서 최근 형성된 맨 안쪽 수피로부터 수피층이 붙은 채로 떼어내어 먼지로 오염된 바깥 수피층을 제거하고 증류수로 2회이상 세척한 후 15년층 두께의 수피만을 취하여 실온에서 2-3일 동안 건조시켰다.

### 分析 方法

각각의 수피를 안쪽 수피층(1-5 years), 중간 수피층(6-10 years), 바깥 수피층(11-15 years)의 세부분으로 나눈 다음, 80°C의 dry-oven에서 24시간 건조시켰다. 0.5 g의 건조된 시료를 10 ml Kjeldahl flask에 넣고, 여기에 60% HClO<sub>4</sub>, 1 ml, HNO<sub>3</sub> Conc. 5 ml, H<sub>2</sub>

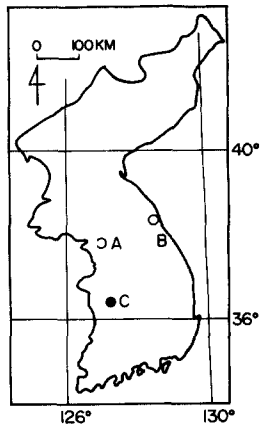


Fig. 1. Geographical maps of studied area.  
 A: Seoul area B: Mt. Seolak area  
 C: Mt. Keryong area

SO<sub>4</sub> Conc. 0.5 ml을 가하였다.

낮은 온도의 전기로에서 천천히 흔들면서 가열하여 서서히 digestion 되도록 하였다. 흰 연기가 보이기 시작하여 약 12-15분 후에 꺼내어 공기 중에서 냉각시켰다. 냉각된 용액을 Whatman No.44 거름종이로 거른 후 증류수로 희석하여 50 ml가 되도록 定溶하였다.

Blank digestion도 같은 방법으로 행하였다 (Allen *et al.*, 1974).

이 추출용액은 varian atomic absorption spectrophotometer (Spectr AA-20)를 이용하여 Pb은 217.7 nm, Cd은 228.8 nm의 파장에서 정량하였다.

**結果 및 論議**

소나무 樹皮의 Pb含量

Table 1은 서울시내의 중심지역(창경궁, 종암동)과 비교하여 대기오염이 없다고 여겨지는 주변 산악지역(관악산, 도봉산, 수락산)의 Pb함량을 나타낸 것이다. 창경궁, 종암동의 Pb함량은 각각 17.8 ppm, 17.1 ppm으로 近似한 값을 나타내었으며, 도봉산, 수락

Table 1. Pb content in the barks of *Pinus densiflora* at central and mountain of Seoul, Mt. Keryong and Mt. Seolak area

Sites		Mean ± S.D. (n=3)			
		year			
		1-5	6-10	11-15	Mean
Seoul:	Changkyungkung	10.9 ± 2.1	16.6 ± 2.3	25.9 ± 4.7	17.8 ± 6.9
	Chongamdong	14.5 ± 4.3	15.7 ± 3.0	21.2 ± 6.2	17.1 ± 5.1
	Mt. Kwanak	9.3 ± 0.8	13.4 ± 0.8	16.8 ± 1.7	13.2 ± 3.1
	Mt. Dobong	9.4 ± 1.2	5.8 ± 0.6	7.6 ± 1.1	7.6 ± 2.1
	Mt. Surak	3.5 ± 0.7	2.8 ± 0.4	4.8 ± 1.1	3.7 ± 1.4
Mt. Keryong		3.8 ± 1.9	8.8 ± 2.9	13.6 ± 6.2	8.7 ± 5.7
Mt. Seolak:	Heewunkak	18.3 ± 3.2	11.3 ± 2.5	20.9 ± 7.3	16.8 ± 4.7
	Osaek	16.7 ± 2.1	16.4 ± 1.7	20.1 ± 4.2	17.7 ± 3.5
	Bisundae	17.2 ± 3.3	21.5 ± 3.5	29.6 ± 6.2	22.8 ± 5.7
	Samgeori	22.1 ± 5.0	34.4 ± 7.1	42.9 ± 15.6	33.1 ± 13.7
	Sogongwon	23.8 ± 6.1	25.6 ± 5.7	37.8 ± 12.3	29.1 ± 8.9

Unit: ppm

산의 7.6 ppm, 3.7 ppm에 비해 현저히 높은 함량을 나타내었다. 반면에 관악산의 Pb함량은 13.2 ppm으로 도봉산, 수락산의 Pb함량에 더 가까웠다. 이 결과는 張 등(1990)에 의해 조사된 서울에 내리는 酸性降水의 지역별 차이와 일치하는 경향을 나타내었다.

分散分析에 의한 地域別, 樹皮 層別 Pb함량의 有意性 檢定 결과 지역별로는  $p < 0.01$ 수준에서 유의차를 나타내었고, 수피 층별로는 有意差가 없었다.

Table 2는 지역별 Pb함량 평균치의 차에 대한 有意性を L.S.D.檢定으로 나타낸 것이다. 이 表와 연관시켜 볼 때 창경궁, 宗암동은 도봉산, 수락산과는 Pb함량차가 인정되나 관악산과는 차이가 없음을 알 수 있다. Pb함량은 차량의 배기가스의 양에 비례할 뿐만 아니라 도로면적이거나 고층건물의 數등 대기오염 물질이 이동하는 곳의 지형적 특성에도 관계되며(하, 1972), Pb의 식물체내 흡수가 알칼리성 토양일수록 障害를 받는다(Sung, 1976)는 것으로 보아 관악산의 높은 Pb함량은 지형적 특성과 토양의 성질등의 차이에 의한 것으로 사료된다.

Fig. 2는 양재동 지역의 경부고속도로변에서의 거리에 따른 Pb함량을 나타낸 것인데 고속도로로부터의 거리에 따라 소나무 수피의 Pb함량이 10 m, 50 m, 100 m, 150 m에서 각각 68.6 ppm, 25.0 ppm, 17.9 ppm, 10.7 ppm으로 감소하는 경향을 보여주고 있다. 특히 10 m와 50 m사이의 Pb함량차가 현저하다. 거리와 수피층별에서의 有意性 檢定결과 거리별 함량에서 유의차가 인정되었고 이 유의성은 Table 3에 나타난 바와 같이 10 m의 함량은 50 m, 100 m, 150 m에 대해서, 50 m는 150 m에 대해서 유의차가 나타났다. 이 결과로 보아 고속도로 주변거리에 따른 Pb오염은 교통량과 관계가 있고 Pb함량의 차이가 50 m이내의 한정된 거리에서 나타남을 알 수 있다. 이것은 고속도로주변의 汚染이 거리

**Table 2.** Significant differences between means of Pb content in the barks of *Pinus densiflora* in Seoul area (L.S.D. Test)

	Mean #1	#2	#3	#4	#5
#1 Changkyungkung	17.8	-			
#2 Chongnamdong	17.1	0.7	-		
#3 Mt. Kwanak	13.2	4.6	3.9	-	
#4 Mt. Dobong	7.6	10.2**	9.5**	5.6	-
#5 Mt. Surak	3.7	14.1**	13.4**	9.5**	3.9

unit: mm

\* significant level of 0.05

\*\* significant level of 0.01

**Table 3.** Significant differences between means of Pb content in the barks of *Pinus densiflora* related to distance from highway and Mt. Dobong (L.S.D. test)

	Mean #1	#2	#3	#4	#5
#1 10m	68.6	-			
#2 50m	25.0	43.6**	-		
#3 100m	17.9	50.7**	7.1	-	
#4 150m	10.7	57.9**	14.3*	7.2	-
#5 Mt. Dobong	7.6	61.0**	17.4**	10.3	3.1

unit: ppm

\* significant level of 0.05

\*\* significant level of 0.01

에 반비례하고 100 feet이내의 제한된 구역에 나타난다는 연구(Motto *et al.*, 1970)와 고속도로 주변 生態系의 영양 段階別 重金屬 含量研究(정과 이, 1987)의 내용과 연관시킬 때 비슷한 결과로 보인다.

소나무 수피의 Pb농축함량의 차가 제한된 거리에서 나타나는 것은 Pb, Cd의 중금속 성분은 국소적인 汚染이 심하고, 오염된 成分이 다른 곳으로 쉽게 이동되지 않아(Yim *et al.*, 1979), 식물체에 지속적으로 흡수 축적되기 때문이라고 생각된다. Table 1은 계

룡산과 설악산 지역의 Pb함량을 나타낸 것으로 계룡산은 8.7 ppm, 설악산 지역은 16.8 ppm에서 33.1 ppm까지 변화를 보이고 있다. 계룡산의 Pb함량은 서울산악지역(관악산, 도봉산, 수락산)의 평균값(8.2 ppm)과 근사한 Pb함량을 보이고 있다. 반면에 설악산은 고도가 다른 5개 지소에 대해 큰 편차를 보이고 있고 비교적 교통량과 인적이 많고 낮은 지대인 4-5지소가 높은 함량을 나타내었다. 또한 수피층별로는 11-15년 수피층이 1-5년, 6-10년 수피층에 비해 대체로 높은 함량을 나타내고 있는데 이것은 지소별 Pb함량의 L. S.D.檢定(Table 5)의 결과와 일치한다.

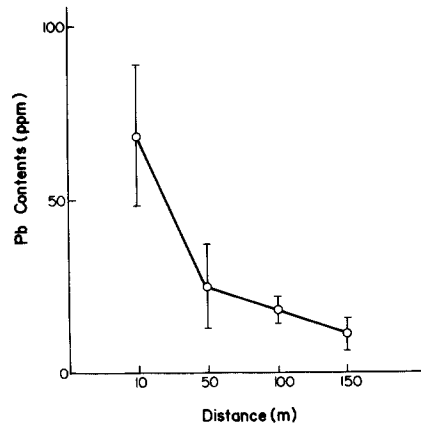


Fig. 2. Comparison of Pb contents in the barks of *Pinus densiflora* at the different distances from highway.

Table 4. Significant differences between means of Pb content in the barks of *Pinus densiflora* in Mt. Seolak area (according to studied sites L.S.D. Test)

	Mean #1	#2	#3	#4	#5
#1 Heewunkak	16.8	—			
#2 Osaek	17.7	0.9	—		
#3 Bisundae	22.8	6.0	5.1	—	
#4 Samgeori	33.1	16.3**	15.4**	10.3**	—
#5 Sogongwon	29.1	12.3**	11.4**	6.3**	4.0

unit: ppm

\* significant level of 0.05

\*\* significant level of 0.01

관찰 조사에 의하면 설악산 소나무 수피는 다른 지역의 수피보다 층이 얇고 층 간을 구별하기 어려운 점이 있었으며, 이때문에 수피의 Pb함량변이가 크게 나타나는 것으로 여겨진다. 또한 수피의 바깥층 부분이 높게 나타나는 것은 比較的 大氣汚染이 미약하지만 오염물질이 수피의 바깥부분에 흡착되어 쉽게 수피내로 축적되었기 때문이라고 생각된다.

소나무 樹皮의 Cd 함량

Table 6은 서울시내 중심지역(창경궁, 종암동)과 주변 산악지역(관악산, 도봉산, 수락산)의 Cd함량을 나타낸 것이다. 종암동은 0.65 ppm으로 가장 높았으며 관악산은 0.61 ppm, 도봉산은 0.52 ppm, 그리고 창경궁과 수락산은 0.47 ppm으로 가장 낮게 나타났다.

Table 5. Significant differences between means of Pb content in the barks of *Pinus densiflora* in Mt. Seolak area (according to layears of barks L.S.D. Test)

	Mean	A	B	C
A ( 1- 5 years)	19.6	—		
B ( 6-10 years)	21.8	2.2	—	
C (11-15 years)	30.3	10.7**	8.5**	—

unit: ppm

\* significant level of 0.05

\*\* significant level of 0.01

**Table 6.** Cd content in the barks of *Pinus densiflora* at central and mountain of Seoul, Mt. Keryong and Mt. Seolak area

Sites		year			
		1-5	6-10	11-15	Mean
Seoul:	Changkyungkung	0.58±0.14	0.39±0.05	0.45±0.07	0.47±0.11
	Chongamdong	0.71±0.20	0.69±0.23	0.54±0.18	0.65±0.21
	Mt. Kwanak	0.64±0.06	0.69±0.13	0.50±0.01	0.61±0.11
	Mt. Dobong	0.59±0.09	0.58±0.10	0.39±0.08	0.52±0.10
	Mt. Surak	0.49±0.07	0.49±0.06	0.52±0.12	0.47±0.09
Mt. Keryong		0.48±0.06	0.69±0.14	0.68±0.07	0.62±0.12
Mt. Seolak:	Heewunkak	0.15±0.01	0.19±0.02	0.25±0.04	0.20±0.03
	Osaek	0.30±0.02	0.33±0.03	0.39±0.06	0.34±0.04
	Bisundae	0.20±0.01	0.20±0.01	0.19±0.03	0.20±0.01
	Samgeori	0.29±0.01	0.30±0.02	0.32±0.04	0.30±0.03
	Sogongwon	0.15±0.04	0.19±0.02	0.26±0.07	0.20±0.05

이것으로 보아 Cd함량은 종암동, 관악산이 창경궁, 도봉산, 수락산과 비교적 큰 차이를 보이는데 지역별 L.S.D.검정에서도 같은 결과를 보인다(Table 7).

수피 층별로 보면 서울지역에서 전체적으로 1-5년, 6-10년층의 Cd함량이 11-15년층의 함량보다 높게 나타나는데 수피 층별 L.S.D.검정에서도 같은 결과를 보이고 있다(Table 8).

결과적으로 서울지역의 소나무 수피의 Cd축적은 과거 11-15년전에 비해 증가했으나 대기오염의 정도에 의한 지역적 차이는 본 연구로는 구분할 수 없었다.

양재동지역의 경부고속도로변에서의 거리에 따른 Cd함량은 고속도로로부터 10 m, 50 m, 100 m, 150 m에서 각각 0.49 ppm, 0.37 ppm, 0.40 ppm, 0.44 ppm으로 나타났다

**Table 7.** Significant differences between means of Cd content in the barks of *Pinus densiflora* in Seoul area (according to studied sites L.S.D. Test)

	Mean #1	#2	#3	#4	#5
#1 Changkyungkung	0.47	—			
#2 Chongamdong	0.65	0.18**	—		
#3 Mt. Kwanak	0.61	0.14**	0.04	—	
#4 Mt. Dobong	0.52	0.05	0.13**	0.09	—
#5 Mt. Surak	0.47	0.00	0.18**	0.14*	0.05

**Table 8.** Significant differences between means of Cd content in the barks of *Pinus densiflora* in Seoul area (according to layers of barks L.S.D. Test)

	Mean	A	B	C
A ( 1- 5 years)	0.60	—		
B ( 6-10 years)	0.57	0.03	—	
C (11-15 years)	0.46	0.14**	0.11*	—

unit: ppm

\* significant level of 0.05  
unit: ppm \*\* significant level of 0.01

\* significant level of 0.05

\*\* significant level of 0.01

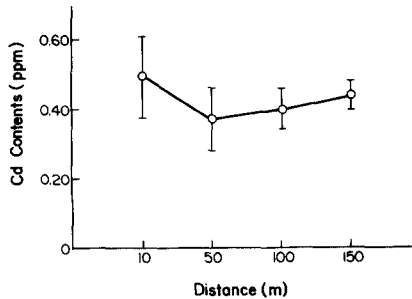


Fig. 3. Comparison of Cd contents in the barks of *Pinus densiflora* at the different distances from highway.

(Fig. 3). 고속도로변의 Cd함량은 거리에 따른 차이가 없었으며, 거리별 L.S.D. 검정에서도  $p < 0.05$  수준에서 유의차가 없었다. 이것은 양재동 지역의 경부고속도로변은 Pb의 경우와는 달리 소나무 수피의 Cd축적이 차이가 날 정도로 Cd의 대기오염이 심하지 않은 것으로 보여진다.

Table 6은 계룡산과 설악산지역의 Cd함량을 나타낸 것인데, 계룡산은 0.62 ppm, 설악산은 5개 지소에서 0.20 ppm으로부터 0.34 ppm까지의 Cd함량을 나타내었다.

계룡산의 Cd함량은 서울의 관악산과 종암동지소의 것과 근사한 값을 보이는데 비하여, 설악산 지역의 Cd함량은 전체 조사지역중 가장 낮게 나타났다. 즉, 설악산 지역은 다른 조사지역에 비해 Cd의 오염이 현저히 적은 것으로 생각된다.

이상의 결과를 토대로 볼 때 소나무 수피의 Pb와 Cd의 함량은 교통량과 밀접한 관련이 있으나 조사지역의 지형적인 특성, 토양의 pH정도, 채집장소에 따라 달라질 수 있다고 여겨지며, 수피 층별 Pb와 Cd의 함량조사 결과 전체적으로는 소나무 수피의 Pb과 Cd의 함량이 과거 15년 동안 큰 변화를 보이지 않은 것으로 사료된다.

## 摘 要

서울지역, 양재동지역의 경부고속도로변, 계룡산, 그리고 설악산지역의 소나무 수피를 1988년 9월-10월 사이에 채취하여 Pb와 Cd함량을 조사하였다.

Pb의 함량은 서울지역의 창경궁, 종암동이 각각 17.8 ppm, 17.1 ppm으로 나타났고 관악산, 도봉산, 수락산은 13.2 ppm, 7.6 ppm, 3.7 ppm으로 서울중심이 주변산악보다 높았으나 관악산은 서울중심 지역과 유의한 차이를 보이지 않았다. 양재동지역의 경부고속도로변은 거리에 따라 10 m에서 68.6 ppm, 50 m에서 25.0 ppm, 100 m에서 17.9 ppm, 150 m에서 10.7 ppm으로 감소하였으며 유의한 차이는 50 m이내로 한정되었다. 대기오염이 적은 곳으로 여겨지는 설악산일지라도 조사지소에 따라 16.8 ppm에서 33.1 ppm까지의 변화를 보였다.

Cd함량은 서울지역의 경우 창경궁, 종암동은 각각 0.47 ppm, 0.65 ppm으로 나타났고 관악산, 도봉산, 수락산은 각각 0.61 ppm, 0.52 ppm, 0.47 ppm으로 서울중심 지역과 주변산악 지역간의 차이를 구분하기 어려웠다. 양재동 지역의 경부고속도로변은 도로로부터 거리 10 m에서 0.40 ppm, 150 m에서 0.44 ppm으로 거리에 따른 유의차가 없었다. 설악산지역은 조사지소에 따라 0.20 ppm-0.34 ppm으로 조사지역중 가장 낮게 나타났으며 그 외의 지역은 교통량과 관계없이 0.37 ppm-0.65 ppm의 변화를 보였다.

## 引用文獻

- Allen, S.E., H.M. Grimshaw and J.A. Parkinson. 1974. Chemical analysis of ecological materials. Blackwell Scientific Pub. U.S.A.
- Carroll, R.E. 1966. The relationship of cadmium in the air to cardiovascular disease death rates. J. Ame. Med. Ass. 198 : 177-179.
- Cha, J.W. 1974. Ecological studies of plants for control of environmental pollution. III. The studies on the content and contamination of heavy metals and vegetation of roadside. Korean J. Bot. 17 : 158-162.
- 차종환, 1975. 환경오염과 식물. 현대과학신서. 서울.
- Cha, J.W. and B.W. Kim. 1975. Ecological studies of plants for the control of environmental pollution. VI. Growth of various plant species as influenced soil applied cadmium. Korean J. Bot. 18 : 23-30.
- 장남기·이윤상·신은영. 1990. 서울지역의 대기오염이 강수와 생물에 미치는 영향  
1. 지역별 강수의 산성화에 관하여. 한생태지 13 : 131-142.
- Choi, D.I., Y.K. Kim, K.S. Koh, Y.H. Chung and K.H. You. 1984. Survey on air pollution leads from stationary sources in Daegu. The report of NEPI. Korea 6 : 9-16.
- Chung, W.H. and H.P. Lee. 1987. Content differences of Pb and Cd by trophic levels of ecosystem near highways with different traffic volumes. Korean J. Ecol. 10 : 7-16.
- 하영신. 1972. 서울시내 대기중 납의 오염에 관한 연구. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
- Ichiro, Y. and K. Kitagishi. 1982. Heavy metal pollution in soil of Japan. Japan Scientific Societies Press. Tokyo.
- Kim, B.W. 1982. Studies on the effect of heavy metal on the growth of various plants. I. The effects of cadmium and lead. Korean J. Ecol. 5 : 176-186.
- Lagerwerff, J.V. and A.W. Specht. 1970. Contamination of roadside and vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. Environ. Sci. & Technol. 4 : 583-596.
- Lee, K.J. 1985. Studies on the air pollution tolerance of the urban trees. The report of NEPI. Korea 7 : 337-352.
- Motto, H.L., R.H. Danis, D.M. Chilko and C.K. Motto. 1970. Lead in soils and plants : Its relationship to traffic volume and proximity to highways. Environ. Sci. & Technol. 4 : 140-142.
- Park, B.K. and O.K. Kim. 1983. Ecological effect of zinc and lead on plants. Korean J. Ecol. 6 : 98-105.
- Patel, P.M., A. Wallace and R.T. Mueller. 1976. Some effects of copper, cobalt, cadmium, zinc, nickel and chromium on growth and mineral element concentration in *Chrysanthemum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 553-556.
- Sung, M.W. 1976. Studies on the precipitation of lead ion and the inhibition of plant growth. Korean J. Bot. 19 : 1-6.
- Warren, H.V. and R.E. Detavault. 1962. Lead in some food crops and trees. J. Sci. Food. Agri. 13 : 96-98.
- Yim, K.B., T.W. Kim, K.W. Kwon, K.J. Lee, Y.H. Cheung and J.K. Lee. 1979. Studies on the effects of environmental pollution on the growth of urban trees(I). Bulletin of the Seoul National University Forests 15 : 80-102.