

## 南海高速道路邊의 植栽樹木에 대한 土壤 및 葉의 汚染物質含量에 대한 研究<sup>1</sup>

金鍾甲<sup>2</sup> · 金在生<sup>2</sup>

## Studies on the Contents of Pollutants in Soil and Leaves of Ornamental Trees in the Namhae Expressway<sup>1</sup>

Jong Kab Kim<sup>2</sup> and Jai Saing Kim<sup>2</sup>

### 要 約

우리나라 南海高速道路邊에 植栽되어 있는 街路樹를 중심으로 土壤과 葉에 함유되어 있는 環境汚染物質을 分析하여 본 結果는 다음과 같다.

1. 土壤內의 總硫黃含量은 交通量이 비교적 많고 傾斜地인 8, 9調查地가 각 87ppm, 74ppm으로 대체적으로 높았다.
2. 土壤內의 重金屬含量은 工團 주변이나 都市道路邊보다 일반적으로 적었으며 Fe과 Pb은 交通量이 비교적 많은 馬山 인터체인즈부근이 가장 높았다.
3. 葉에 대한 水溶性硫黃含量은 스트롭잣나무와 히말리야시다가 각각 0.25%, 0.23%로 가장 많이 함유되었으며 사철나무가 0.08%로 가장 적게 함유되어 있었다.
4. 葉에 함유된 重金屬含量은 Fe은 68-340ppm, Mn은 101-463ppm, Pb은 2.4-4.9ppm, Zn은 33-60ppm, Cu는 1.8-5.1ppm으로 나타났으며 Fe을 제외하곤 地域間, 樹種別 큰 차이를 나타내지 않았다.
5. 葉內의 水溶性硫黃含量과 Pb, Zn에 있어서는 차량통행이 많은 晉州-馬山間의 調查地가 晉州-河東間의 調查地보다 그 함량이 대체로 많은 것으로 나타나 SO<sub>2</sub>가스와 Pb, Zn은 차량통행과의 밀접한 관계가 있음을 추측할수 있었다.
6. 土壤內에 함유된 重金屬과 葉에 함유된 重金屬과의 相關關係는 Pb만이 正의 相關을 나타내었으며 1%의 水準에서 有意성을 나타내었다.

### ABSTRACT

This study was performed to analyze the pollutants contaminated in the soils and leaves of ornamental trees along the Namhae Express way.

The results obtained were as follow :

1. The contents of total sulfur in soils were generally high in site 8 with slope way and site 9 having more traffic volume, as 87 ppm and 74 ppm, respectively.
2. The contents of heavy metals in soils were lower than those of industrial areas and urban roads, and Fe and Pb contents were higher in sites having much traffic volume.
3. The contents of soluble sulfur in leaves were in the range of 0.08%-0.25%, and those of *Pinus strobus* and *Cedrus deodara* were the highest as 0.25% and 0.23%, respectively, and that of *Euonymus japonica* was 0.08%, the lowest.

<sup>1</sup> 接受 1990年 6月 15日 Received on June 15, 1990.

<sup>2</sup> 慶尙大學校 農科大學 College of Agri. Kyeongsang National University, Chinju, Korea.

4. In the case of heavy metals concentration in leaves, the contents of Fe, Mn, Pb, Zn and Cu were in the range of 68-340 ppm, 101-463 ppm, 2.4-4.9ppm, 33-60 ppm and 1.8-5.1 ppm, respectively.  
Except Fe, there was not a wide difference between sites and species.
5. In the contents of soluble S, Pb and Zn in leaves, the sites between Jinju and Masan having generally much traffic showed more contents than between Jinju and Hadong.  
Therefore, it is inferred that contents of S, Pb, and Zn are positive related to the traffic volume.
6. Only for Pb, there was significant correlation between the heavy metals in soils and the leaves at 1% level.

Key words : The contents of heavy metals ; soils ; soluble sulfur ; traffic volume .

### 緒 論

최근 環境汚染으로 인하여 農作物이나 水産物은 끊임없이 被害를 받고 있으며 각종 植物과 인간 또한 직접간접으로 많은 影響을 받고 있는 實情이다. 이러한 環境汚染에 대한 관심도는 세계적으로 높아가고 있으며 國內外的으로 많은 研究가 이루어지고 있다.

더우기 최근 급격히 증가한 交通量으로 인하여 環境汚染이 道路邊의 樹木에 많은 影響을 미치고 있다는 研究報告<sup>11,14)</sup>가 많다.

특히 최근에는 重金屬汚染으로 인한 문제가 심각해지고 있는데 도심지 道路邊의 重金屬汚染으로는 Pb, Fe, Mn, Zn, Cu등이 있으며 이들 重金屬物質의 濃度는 交通量과 관계가 깊다.<sup>11,12,14)</sup>

그러므로 앞으로 계속적으로 증가될 交通量에 따라 環境汚染도 비례하여 증가될 것으로 思料되며 道路邊街路樹에 미치는 影響이 클것이다.

다라서 本 研究은 南海高速道路 주변에 植栽되어 있는 街路樹를 중심으로 土壤과 葉에 함유되어 있는 汚染物質을 分析하여 현재의 汚染狀態를 분석하고 앞으로의 高速道路 주변 造景植栽計劃 및 汚染防止對策에 대한 기초자료를 제공하고자 실시 되었다.

### 材料 및 方法

#### 1. 調查地域

본 연구를 위한 시료채취 장소와 수종은 Fig. 1 과 Table 1에서 보는바와 같이 남해고속도로(馬山--河東) 주변에 식재되어 있는 街路樹를 중심으로 9개지점에서 常綠樹 7樹種을 선택하여 土壤 및 葉에 대한 汚染物質을 分析하였으며 시료채취는

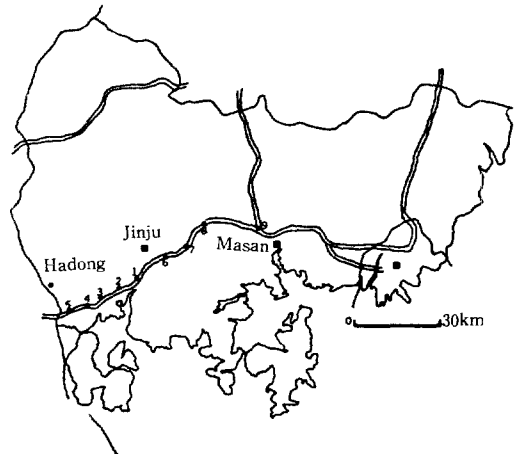


Fig. 1. The location map of the studied sites.

1990.1.19-20일에 하였다.

한편 각 수종 선택은 고속도로 건설과 동시에 식재된 樹種으로 하였으며 최근에 식재된 樹種은 제외하였고 주로 平地 및 簡易停留所, 傾斜地 등으로 구분하여 調查地域을 設定하였다.

#### 2. 土壤分析

土壤은 地表層을 걷어내고 10-15cm 깊이에서 채취하였으며 채취한 土壤은 實驗室에서 陰乾하여 60mesh로 쳐서 分析試料로 사용하였으며 Total Sulfur는 試料 0.5g을 炭化하여 ZN-HCl 1ml, BaCl 0.5g을 添加한 후 Vis-Spectroic Photometer로 測定하였으며 Fe, Mn, Cu, Zn은 土壤 10g을 D.T.P.A 浸出液 20ml를 첨가하여 2時間동안 振蕩한후 whatman No. 24 여과지로 여과한후 원자흡수분광기로 測定하였으며 Pb는 土壤 10g에 0.1N-HCl 20ml를 첨가한후 浸出し켜 DDTC-MIBK法<sup>2,13)</sup>으로 前處理하여 원자흡수분광기로 測定하였다.

Table 1. Sampling sites and characteristics of the experimental species

Site No.	Sites	Species	Mean D. B. H.	Mean H.	Ages
1	Chookdong	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	9.5cm	7.3m	25-30
2	Konyang ticket office	<i>C. obtusa</i>	7.4cm	7.1m	20-25
		<i>Pinus rigida</i>	7.8cm	8.2m	16-20
		<i>Thuja orientalis</i>	4.2cm	3.1m	
3	Jingyu stop	<i>T. orientalis</i>	4.1cm	3.8m	
4	Hadong observatory	<i>Euonymus japonica</i>		1.2m	
5	Hadong Jundo	<i>C. obtusa</i>	6.7cm	6.2m	20-25
		<i>P. thunbergii</i>	6.8cm	7.8m	20-25
6	Munsan tunnel	<i>T. orientalis</i>	7.8cm	4.8m	25-30
7	Namgang Service Area	<i>T. orientalis</i>	3.1cm		
8	Haman uphillroad	<i>P. strobus</i>	2.7cm	3.2m	20-25
9	Masan interchange	<i>Cedrus deodara</i>	10.5cm	7.6m	20-25

### 3. 葉分析

葉은 7樹種 (*Chamaecyparis obtusa*, *Thuja orientalis*, *Pinus thunbergii*, *P. rigida*, *Euonymus japonica*, *Cedrus deodara*, *P. strobus*)을 선정하여 각지점에서 3-5주를 선택하여 도로변쪽으로 뻗어 있는 중간부위의 2년생가지(사철나무는 1년생葉)에서 500g정도를 채취하여 實驗室로 운반하여 異物質이 완전히 제거되도록 수도물과 증류수로 깨끗히 씻어 건조기에서 80°C로 48時間 건조시켜 粉碎機로 粉碎하여 60mesh로 쳐서 分析用試料로 사용하였다.

分析은 水溶性硫黃은 重量法<sup>2)</sup>으로 그의 重金屬은 試料 3g을 濕式分解하여 여과 한후 DDTC-MIBK法<sup>2,13)</sup>으로 前處理하여 역시 원자흡수분광기로 測定하였다.

### 結果 및 考察

#### 1. 調査地 環境

南海高速道路는 1973년에 건설되어 최근에는 하루의 평균 차량통행대수가 晉州-馬山間은 18,000-20,000대이며 晉州-河東間은 10,000여대 정도로 건설초기보다는 8-9배 정도가 증가되었고 앞으로는 더욱 증가될 것으로 추측되었다.

현재 南海高速道路에 植栽되어 있는 街路樹로는 편백, 측백, 향나무, 해송, 리기다소나무, 소나무, 히말리야시다, 스트롭갓나무, 메타세코이아, 사철나무, 배롱나무, 능수버들, 진달래, 연산홍, 개나리, 쥐똥나무 등으로 調査되었으며 晉州-河

東間에는 편백 및 측백 등의 樹種들이 비교적 많이 植栽되어 있었으나 馬山-晉州間에는 휴게소와 인터체인지를 除外하면 대체적으로 街路樹가 적은 편이었다. 이는 街路樹는 高速道路주위의 景觀造成이나 汚染된 공기의 淨化에 크게 기여할 뿐만 아니라 道路 주위의 耕作地에 대한 汚染을 줄이는데 도움을 주고 있으므로 앞으로 景觀造成을 이루어야 할 곳에는 樹種선택을 하여 많은 造景樹木이 植栽되어야 할 것으로 思料되었다.

한편 調査地 6은 터널입구로서 주위에 植栽되어 있는 편백에서는 많은 분진이 관찰되었으며 調査地 8은 함안군과 의창군의 경계지역으로 30°C내외의 傾斜地이었는데 주위의 각종 樹木은 많은 분진으로 生長이 매우 불량하였다.

또한 調査地 9는 南海高速道路와 邱馬高速道路의 交叉地域으로 차량통행은 다른 調査地보다 많은 편이었다.

본 調査地에 대한 土壤의 理化學的 分析值를 살펴보면 Table 2와 같이 pH는 5.0-6.7인데, 調査地 2, 3, 4, 6, 8, 9는 5.5-5.0으로 弱酸性을 나타내고 있었으며 유기물함량도 一般耕作地가 2.0%내외인데 반해 本 調査地는 1.59-4.49%로 대체적으로 높은 편이었다. 전질소함량은 비교적 낮은 편이며 調査地 5와 9가 가장 낮았다. 치환성 이온용량도 工團地域의 調査報告<sup>7,9)</sup>보다 모두 대체적으로 높았으며 AI의 함량도 비교적 낮아 식물에 有害할 정도는 아니었다.

그리고 土壤속의 總硫黃含量은 45-87ppm으로 全調査地에서 비슷한 경향을 보였으며 調査地 8, 9가 높은 편이었는데 이는 동행차량과의 영향때문

**Table 2.** Soil characteristics of experimental sites

Sites	pH (1:5)	O.M (%)	T-N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch		Cation		(me/100g) Na <sup>+</sup>	C.E.C (me/100g)	Al (ppm)	T-S (ppm)
					Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>					
1	5.8	2.28	0.11	23	5.3	1.6	0.85	1.34	10.2	3.1	61	
2	5.5	3.34	0.18	27	5.1	1.5	0.49	1.24	8.4	25.3	67	
3	5.0	4.49	0.22	49	4.8	1.2	0.69	1.61	9.1	112.1	74	
4	6.7	2.27	0.14	22	6.3	1.6	0.67	1.20	9.3	12.5	45	
5	5.4	1.72	0.09	14	2.7	1.8	0.61	1.24	7.9	76.4	53	
6	5.5	2.73	0.13	25	4.2	1.8	0.58	1.22	8.7	49.9	56	
7	6.5	3.93	0.19	16	6.8	1.9	0.76	1.34	10.8	11.9	53	
8	5.3	2.79	0.15	15	3.5	1.7	0.55	1.20	8.4	32.2	87	
9	5.4	1.59	0.08	10	3.7	1.0	0.37	1.15	9.5	12.3	74	

인 것으로 추측되었다.

土壤의 總硫黃含量은 土壤의 pH와 相關이 있다는 研究報告<sup>7,9)</sup>와 도로변 森林土壤은 차량통행에 심한 영향을 받는다는 研究結果<sup>14)</sup>를 볼때 앞으로 차량통행량의 증가와 더불어 계속적인 調査가 있어야 할 것으로 생각되었다.

**2. 土壤의 重金屬**

總 9個地域에서 採取한 土壤의 重金屬含量을 살펴보면 Table 3과 같다.

Table 3에서 보는바와 같이 Fe은 21-176ppm으로 調査地 9에서 가장 많이 함유되어 있었으며 調査地 7에서 가장 낮게 조사되었고 그의 지역은 비슷하였다. 이같은 結果는 金<sup>5)</sup>이 慶南의 주요도시 道路邊의 Fe함량과는 調査地 9를 제외하면 비슷한 경향이었고 柳<sup>19)</sup>가 調査한 蔚山市內의 Fe함량보다는 매우 적은 수준 이었다.

Mn함량도 17-27ppm으로 全調査地에서 비슷한 경향이었으며 柳<sup>18)</sup>의 蔚山市內 調査보다는 적은 경향이였다.

Pb함량은 6.7-19.8ppm으로서 調査地 9에서 가장 많이 함유되어 있었으며 調査地 4인 하동전망

대부근에서 가장 낮았다.

Smith는<sup>14)</sup> 도로변 森林土壤의 Pb함량은 交通量에 비례한다고 報告하였으며 Tatsumi<sup>16)</sup>도 Pb汚染은 자동차의 증가에 따른 영향은 매우 크다고 研究報告하였고 柳<sup>18)</sup>의 調査에서도 Pb는 交通量이 많은 지역과 석유화학단지 주변에서 최대값을 나타내었다고 報告하였는데 本 調査에서도 비교적 交通量이 많은 馬山 인터체인지 주변에서 가장 많은 함량을 나타내고 있어 이같은 결과를 뒷받침하고 있었다.

한편 이와 같은 結果는 金<sup>5)</sup>의 慶南地方의 都市 道路邊 調査(0.08-3.70ppm)보다는 많은 편이었으나 柳<sup>18)</sup>의 蔚山市 調査(11.8-73.9ppm)보다는 적은 편이었다.

Zn함량도 4.9-12.4ppm으로 Pb함량과 비슷한 경향이였으며 남강휴게소부근 편백나무 植栽地에서 가장 높았다. 이는 蔚山市內 및 慶南의 주요 都市地域調査<sup>6,18)</sup>보다는 모두 낮은 값이었으며 또한 Tatsumi<sup>16)</sup>에 의하면 日本의 非汚染 耕作地의 평균 Zn함량은 13.9-17.6ppm이었으며 工業都市인 Sakai市는 143ppm으로 나타났다고 報告한바 있어 이와 비교해 볼때 本 調査地는 아직 낮은 수준으로 평가되었다.

Cu는 0.3-5.6ppm으로 調査地 6에서 가장 많이 함유되어 있었으나 金<sup>5)</sup>의 調査報告(0.8-9.2ppm)와 柳<sup>18)</sup>의 調査報告보다는 적게 나타났으며 Yamakami<sup>19)</sup>의 日本 耕作地에 있어서 Cu의 함량(0.5-2ppm)보다는 약간 많은 것으로 調査되었고 Tatsumi<sup>16)</sup>의 Sakai市の 土壤調査(11.9ppm) 보다는 적었다.

이와같은 결과는 本 調査地域은 都市의 交通量 보다는 적기 때문인것으로 思料되었다.

**Table 3.** Heavy metals in the soils of experimental sites (Unit : ppm)

Sites	Fe	Mn	Pb	Cu	Zn
1	31	19	8.7	0.8	7.1
2	73	21	10.4	1.4	10.0
3	72	22	7.6	1.3	7.5
4	47	20	6.7	2.5	7.4
5	24	27	6.8	0.3	4.9
6	48	24	12.8	5.6	11.4
7	21	24	11.5	2.3	12.4
8	50	25	16.1	2.2	7.9
9	176	17	19.8	3.1	9.0

### 3. 葉의 分析

각 調査地에서 葉에 대한 汚染物質 含量의 分析은 Table 4에서 보는바와 같다.

水溶性硫黃含量은 0.09-0.25%이며 調査地8, 9의 스트롭갓나무와 히말리아시다가 각각 0.25%, 0.23%로 가장 많이 함유되었다. 이는 權<sup>10)</sup> 등의 釜山高速道路邊의 향나무 葉의 水溶性硫黃含量 0.25-0.42%에 비하면 낮은 값이나 汚染의 被害로 인한 생육에 지장을 초래할 것으로 판단되었다. 또한 히말리아시다의 경우 金<sup>6)</sup>의 三浦市(0.13%)와 1986年 金<sup>5)</sup> 등의 釜山市(0.18%)의 히말리아시다와 비교하면 본 調査地域이 높았다.

한편 金<sup>8)</sup>의 研究報告에 의하면 리기다소나무는 大氣汚染에 대한 耐性이 약한 것으로 평가했으며 은행나무 및 무궁화는 大氣淨化木으로 적합하다고 평가하였는데 본 調査에서도 리기다소나무는 생육상태가 불량한 것으로 관찰되어 交通量이 많은 道路주위에는 부적합한 것으로 생각되었다. 반면 井上<sup>3)</sup>는 편백은 SO<sub>2</sub>에 대한 耐性이 강한 것으로 평가하였는데 본 調査地의 편백은 모두 생장이 양호한 것으로 나타나 이를 뒷받침하고 있었으며 南海高速道路주위에는 景觀造成 및 大氣淨化木으로 편백을 植栽하는 것이 좋을 것으로 판단되었으며 또한 주의 耕作地에 대한 汚染의 被害도 경감시킬수 있을 것으로 평가되었다.

한편 重金屬의 汚染調査에서는 Fe과 Mn은 각각 68-340ppm, 101-463ppm으로 조사되었는데 이는 金<sup>6)</sup>과 柳<sup>18)</sup>가 研究報告한 활엽수의 경우보다는 대체적으로 많이 함유되어 상록수가 비교적 많이 함유되어 있음을 알수 있었으나 Fe의 경우 金<sup>6)</sup>의 서울 시내 버즘나무의 葉함량보다는 적었는데 이는

交通量뿐만 아니라 복합적인 주위 환경의 영향인 것으로 판단되었다.

또한 Fe의 경우 편백과 스트롭갓나무가 비교적 많이 함유되었으며 수종간의 차이가 심했다.

Pb함량은 2.4-4.9ppm으로서 조사지 8, 9의 스트롭갓나무와 히말리아시다에서 가장 많이 함유되었는데 이는 오르막길에서 차량의 배기가스의 과다노출 및 차량동행이 비교적 많은 곳이었기 때문인 것으로 추측되었다. 그러나 Smith<sup>14)</sup>가 하루 평균 24,000대 이상의 차량이 통행하는 美國의 한 高速道路부근에서 측정한 스트롭갓나무 針葉 및 가지내의 Pb함량이 대체로 100ppm에 가까운 것으로 報告하였는데 이에 비하면 본 조사지는 매우 낮은 값으로 아직까지 Pb汚染으로 인한 문제는 없는 것으로 평가되었다.

한편 1979년 任<sup>17)</sup>의 서울 시내 闊葉樹의 Pb함량조사에 있어서 Pb함량은 地域, 樹種, 個體에 따라 차이가 크며 時期的으로도 많은 변화를 보인다고 報告하였으며 車<sup>等</sup>의 大邱시내 플라타너스의 Pb함량조사에서도 住居地域과 商業地域간의 차이가 많이 나타났다고 報告하였는데 본 調査地에 있어서는 調査地 8, 9를 제외하면 地域別, 樹種別 차이가 크게 나타나지 않았으나 비교적 交通量이 많은 晋州-馬山간 調査地가 晋州-河東간의 調査地보다 약간 많은 것으로 나타나 交通量과 깊은 관계가 있음을 알수 있었다.

Zn과 Cu에서는 각각 33-60ppm, 1.8-5.1ppm으로 나타났으며 樹種別, 地域別 큰차이는 없는 것으로 판단되었다. 유<sup>18)</sup>의 蔚山지역 조사에서 Zn은 12.0-360.8ppm으로 많은 차이를 나타냈으나 工業團地부근 지역을 제외하면 본 조사지도 이와

Table 4. Pollutants in the leaves of experimental sites

Sites	Species	Soluble-S (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
1	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	0.14	327	240	2.9	47	4.0
2	"	0.18	333	283	4.2	46	2.7
	<i>Pinus rigida</i>	0.16	86	387	3.1	48	2.3
	<i>Thuja orientalis</i>	0.14	191	114	2.4	37	2.8
3	"	0.13	235	109	3.5	34	2.4
4	<i>Euonymus japonica</i>	0.09	147	152	2.6	40	1.8
5	<i>C. obtusa</i>	0.15	270	427	3.3	46	3.7
	<i>P. thunbergii</i>	0.16	68	463	2.5	35	2.7
6	<i>T. orientalis</i>	0.18	126	101	4.1	33	5.1
7	"	0.13	187	350	3.2	60	3.1
8	<i>P. strobus</i>	0.25	340	316	4.8	54	3.7
9	<i>Cedrus deodra</i>	0.23	73	309	4.9	51	3.6

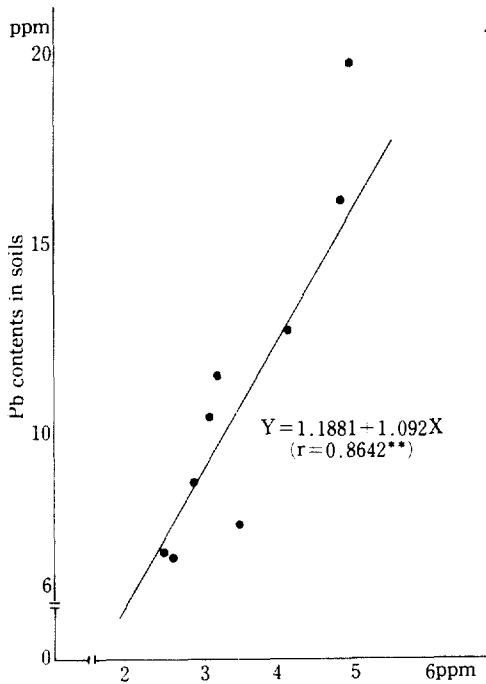


Fig. 2. The relationship between Pb concentration in soils and leaves.

비슷한 경향이었으며, Cu 또한 4.22-15.30ppm으로 나타났다고 보고한바 있어 본 조사지역이 약간 낮게 나타났으나 이는 樹種 및 地域간의 차이인 것으로 추측되었다. 또한 Suzuki<sup>15)</sup>의 삼나무 葉의 Zn 함량조사에서 제련소 인근지역은 141-231 ppm으로 그의 지역은 27-76ppm으로 나타났다고 보고한바 있어 제련소 인근지역을 제외한 하면 본 조사지와 비슷한 경향이였다.

한편 土壤에 함유된 重金屬含量과 葉에 함유된 重金屬간의 相關에서 Pb만이 正의 相關이 있었으며 相關係數는  $Y = 1.1881 + 1.092X$  ( $r = 0.864$ )로서 1%수준에서 높은 有意性을 나타내어 土壤속의 Pb함량은 葉에 영향을 미치고 있음을 알수 있었다(Fig.2) 그러나 그의 다른 重金屬汚染物質들은 有意的 相關을 나타내지 않았다.

結 論

本 調査를 통하여 南海高速道路邊에 植栽되어 있는 樹木들은 차량통행으로 인한 環境汚染의 被害는 아직 걱정할 정도는 아니었으나 스트릅잣나무와 리기다소나무는 生長이 매우 불량하며 街路

樹로는 부적당한 것으로 思料되었으며 또한 高速道路 周邊의 造景樹가 필요한 地域에서는 景觀造成 및 道路주위의 일반 耕作地에 대한 汚染物質의 被害를 輕減시킬수 있도록 편백 및 측백, 사철나무 등으로 景觀造成을 하는 것이 좋을 것으로 생각되었다.

한편 土壤 및 葉에 대한 重金屬의 함량은 工團 주변이나 都市道路邊보다 적은 경향이어서 重金屬으로 인한 汚染被害는 염려할 정도는 아니지만 交通量이 많은 인터체인지주변 및 傾斜地域 등에서는 앞으로 계속적인 調査研究가 있어야 할것으로 思料되었다.

引 用 文 獻

1. 車相殷·李盛鎬·姜會洋. 1988. 地表植物을 이용한 大氣汚染度の 比較研究. 啓明大 基礎科學研究論文集 7(1): 101-107.
2. 千葉盛人·黑田雅之. 1974. 公害分析指針, 水·土壤編 2-b. 84pp.
3. 井上敏雄. 1972. 大氣汚染と樹木被害— SO<sub>2</sub>による樹木被害の測定—. 林業技術 365: 16-19.
4. 金炳宇. 1985. 道路邊 植栽植物의 重金屬含量에 關한 研究. 尙志大論文集 6: 241-250.
5. 金在鳳外 7人. 1986. 都市綠化樹의 耐煙性에 關한 研究(II). 國立環境研究院報 8: 317-329.
6. 金點秀. 1990. 都市 街路樹의 環境汚染에 關한 研究. 慶尙大碩士論文.
7. 金鍾甲. 1989. 大氣汚染地域의 森林植生構造와 葉內汚染物質含量에 關한 研究. 韓林誌 78(4): 360-371.
8. 金泰旭. 1976. 大氣汚染이 造景樹木의 生育에 미치는 影響. 韓林誌. 29: 20-53.
9. \_\_\_\_\_ 1984. 麗川工團周邊 樹木被害 調査研究. 80pp.
10. 權肅杓 外 5人. 1981. 高速道路의 大氣汚染이 樹木成長에 미치는 影響. 韓國造景學會誌 9(1): 29-43.
11. Lagerwerff, J.V. and A.W. Specht. 1970. Contamination of roadside soil vegetation with cadmium, nickel, lead and zinc. Environ. Sci. and Tech. 4: 583-586.

12. Page, A.L. and T.J. Genje. 1970. Accumulation of lead in soils for regions of high and low motor vehicle traffic density. *Environ. Sci. and Tech.* 4 : 140 - 142.
13. 辛正來·金榮煥. 1986. 重金屬測定分析法. 綠苑出版社. 121pp.
14. Smith, W.H. 1971. Lead Contamination of Roadside White Pine. *For. Sci.* 17(2) : 195 - 198.
15. Suzuki, T. 1974. The contents of heavy metal in soil of Sugi forests. *J. Jap. For. Soci.* 56(11) : 404-407.
16. Tatsumi, Y., K. Yoda and A. Ikeda. 1983. Effects of Soil Pollution by Heavy Metals on Annual Plants in Sakai City. *Jap. J. Ecol.* 33 : 193-303.
17. 任慶彬 外 5人 1979. 環境汚染이 都市樹木의 生育에 미치는 影響(I). 서울農大 演習林報告 15 : 80-102.
18. 유광식. 1985. 도로변의 아카시아와 土壤에 포함된 金屬成分含量에 관한 調査研究. 울산대研究論文集 16(2) : 319-325.
19. Yamakami, M. 1973. Soil pollutants. "Soil pollution, Pollution and its preventive measures". Hakyu Shobo, Tokyo.