

## 大氣汚染地域周邊 森林土壤의 汚染濃度 分析

金鍾甲\* · 金点秀\*

### Analysis of Polluting Concentrations in Forestry Soils in Air Polluted Areas

Jong-Kab Kim, Jeom-Soo Kim\*

#### Abstract

This study was performed to survey the pollution levels of *Pinus Thunbergii* forest soil surrounding. The Onsan industrial complexes of caused by the surrounding polluted air. The results are summarized as follows.

1. The forestry soil pH in the vicinity of the industrial complex showed severe acidity in the range of pH 4.2~4.8. And also the available Al was higher in the acidified soils.
2. The available S was in the range of 21ppm~638ppm, and was highest within 2km of the industrial complex and difference greatly depending on distance from the source.
3. Heavy metals soil, concentrations of Fe, Zn and Cu were 0.9ppm~73.7ppm, 0.09ppm~6.68ppm and 0.10ppm~62.10ppm, respectively and there were many site difference, especially high concentrations were observed in source nearest seaside. The sites and showed that soil pollution had been progressing in these sites.
4. The concentrations of Pb and Cd generally showed low contents as 0.06ppm~0.07ppm and 0.06ppm~0.24ppm respectively and Cd contents were also high in seaside sites near sources.
5. The results of correlation between soil factors were significant between soil pH and Al( $r=0.588$ ) at 1% and soil pH and S( $r=0.469$ ), Zn( $r=0.491$ ) and Cu( $r=0.475$ ) at 5% respectively.
6. In the correlations among the heavy metals, there were significant high correlations between Fe and Zn( $r=0.833$ ), Cu( $r=0.846$ ) and Pb( $r=0.583$ ), and Zn and Cu( $r=0.773$ ), Cu and Pb( $r=0.746$ ) at 1%, whereas correlations between Zn and Pb( $r=0.529$ ), and Zn and Cd( $r=0.457$ ) were relatively low at 5%.

---

\*경상대학교 농과대학 임학과

Department of Forestry, College of Agri. Kyeongsang Nat. University. Chinju 660-710. Korea.

## I. 緒 論

최근 주요 汚染源인 工場들의 급속한 증가와 交通量의 증가로 인하여 環境汚染의 문제가 심각해져 가고 있으며 이에 대한 憂慮의 소리가 높아져 가고 있다.

더군다나 석유화학공단 주변은 산업폐기물인 汚染物質의 방출이 심하여 이들이 森林 및 森林土壤에 누적적으로 축적되어 식물에 큰 피해를 주고 있으며 또한 이러한 汚染物質은 大氣중에서 다른 물질과 반응하여 2차汚染物質로 변하여 酸性雨와 같은 형태로 되돌아 오므로써 森林에 큰 피해를 준다.

특히 大氣汚染에 의한 酸性雨는 森林土壤을 酸性化시키고 있으며 森林土壤의 酸性化는 土壤내 微生物을 파괴시킴으로써 森林의 營養循環과정을 攪亂시켜 森林生態系의 균형을 파괴하는 원인이 되며 森林에 직접적인 피해를 가져다 준다.<sup>3)</sup>

土壤汚染은 大氣汚染과 밀접한 관계가 있으며 土壤汚染으로 문제가 되는 것은 Pb, Cd, Cu, Zn 등의 重金屬汚染이고 이들은 대부분 대기중에서 토양에 축적되는 것이며 이에 비해 Al은 토양에 대부분 존재하고 있지만 이것이 유해물질로 되는 것은 유황화되는 때이며 이것은 또한 토양의 산성화를 유발시킨다.<sup>3,4)</sup>

최근에는 공단주변 및 도시도로변의 重金屬汚染으로 인한 문제가 심각해지고 있으며 이들 重金屬汚染物質의 농도는 交通量과 관계가 깊다.<sup>5,13)</sup> 土壤에 잔류하고 있는 重金屬類는 비분해성이기 때문에 장기간에 걸쳐 잔류축적되어 거의 영구적으로 오염되므로 식물성장에 심각한 영향을 줄 것이다.<sup>3)</sup> 식물체에 토양중의 중금속이온이 다량으로 존재하면 白化現像 및 뿌리의 신장이 위축되며 독특한 표징색이 나타나고 Cu, Pb, Zn의 양이 많은 토양에서 자라는 植物群集들은 식물생장이 억제되고 특수한 형태를 지니는 사문암지대의 식물상과 유사한 점을 지닌다고 보고된 바 있다.<sup>12)</sup>

장기적으로 보면 축적된 오염물질의 잠재적 위험성은 매우 커서 그 실태를 계속 조사할 필요가 있으며 대기로부터 오염물질을 저장하여 중화시키는 주요 sinks가 되는 森林生態系<sup>1)</sup>의 보호 및 보존을 위해서도 토양오염물질의 분석조사는 중요한 자료가 될 것으로 믿는다.

武長<sup>15)</sup> 등은 아연제련소 주변지역의 중금속에 의한 경년변화를 조사하였으며 ikeda 등<sup>3)</sup>도 Sakai 시내의 重金屬에 의한 土壤汚染을, Suzuki<sup>14)</sup>는 제련소 주변 삼나무림의 토양에 대한 重金屬汚染을 조사한바 있다. 또한 Smith<sup>13)</sup>는 産業施設과 都市의 交通量, 각종폐기물등의 여러 汚染源에서 Pb, Hg, Cd, Zn 등의 重金屬汚染이 都市街路樹 및 森林에 피해를 준다고 보고하였다.

李等<sup>7, 8)</sup>은 溫山工團주변의(土壤 및) 農作物에 대한 重金屬의 濃度를 조사한 바 있고, 柳<sup>18)</sup>는 蔚山市와 인근지역의 道路邊에 植栽되어 있는 아카시아의 잎과 줄기, 土壤에 대한 重金屬의 含量을 조사하였으며 金等<sup>6)</sup>도 都市街路樹에 대하여, 金等<sup>5)</sup>은 高速道路邊의 植栽木에 대한 잎과 土壤의 重金屬含量을 조사 보고한 바 있다.

그러므로 앞으로 工團주변 및 都市주변에는 계속적으로 大氣汚染이 증가될 것으로 思料되며 이에 따른 重金屬汚染도 증가되어 森林에 미칠 영향을 것으로 본 조사는 날로 심각해지고 있는 土壤의 重金屬汚染에 대하여 비교적 重金屬汚染源이 많은 溫山工團주변 해송림의 森林土壤에 대하여 조사분석하여 앞으로 해송림의 성장과 식생조사를 위한 기초자료에 도움을 주고자 한다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 調査地域

본 조사를 위한 시료채취 장소는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 溫山工業團地 주변 해송림을 중심으로 工團인근 지역과 오염원에서 影響을 미칠 수 있는 地域을 거리별로 나누어 총 19개조사지를 설정하여 土壤을 採取하였으며 비교적 大氣汚染이 경미한 지역으로서 공단에서 10km 이상 떨어진 지역을 18, 19조사지로 하여 비교하였고 본 調査地는 森林의 구성상태가 비교적 양호하고 최근에 山火등의 人爲的 被害가 없는 지역으로 하였으며 방위는 주로 남동향이였으며 경사는 5°~30°이었다.

### 2. 土壤調査

土壤은 地表層을 걷어내고 10~15cm 깊이에서 採取하였으며 採取土壤은 實驗室에서 陰乾하여 60 mesh로 쳐서 分析用 試料로 사용하였다.

Available S는 비탁법으로 測定하였으며 Fe, Mn,

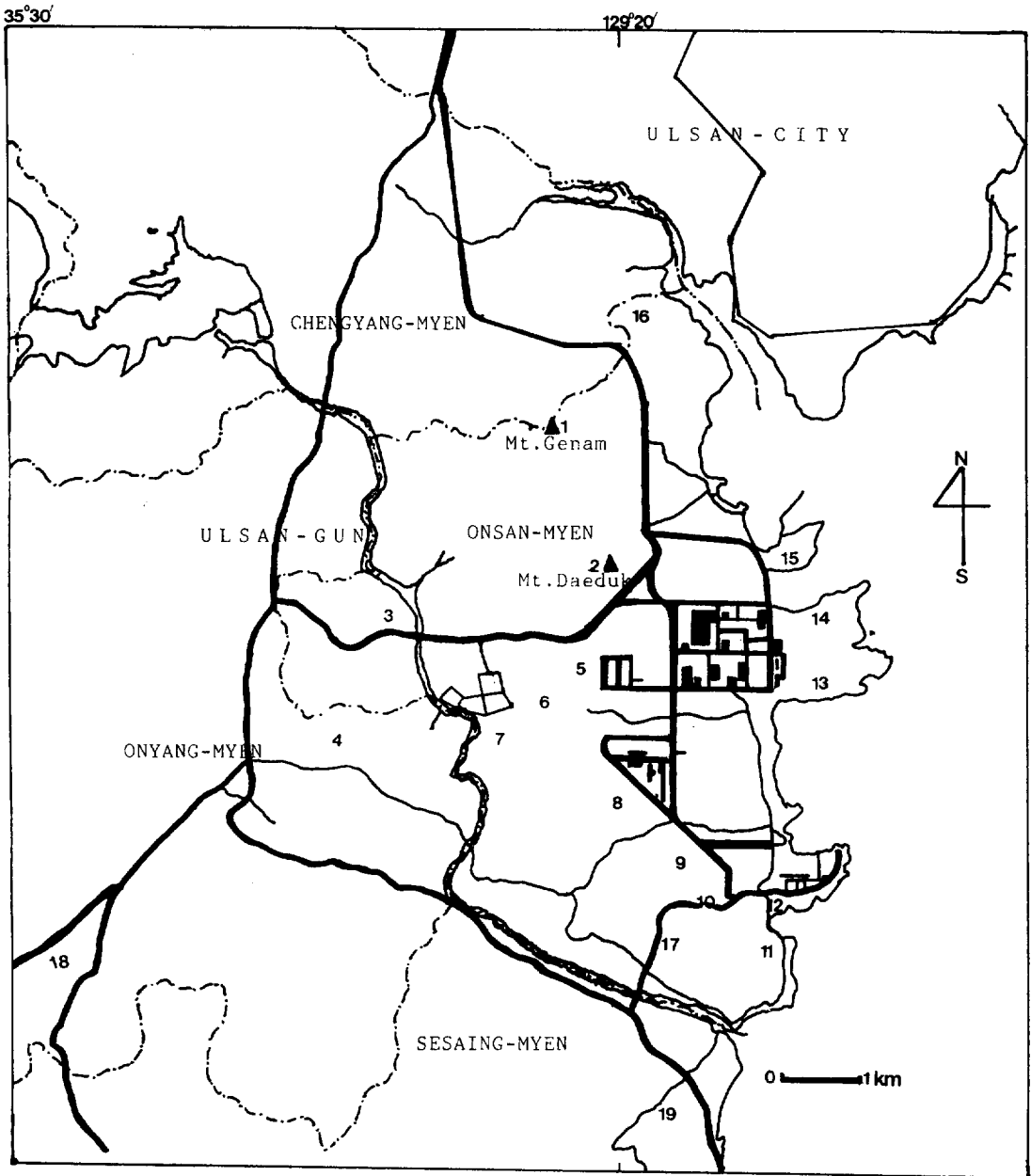


Fig. 1. Map showing the survey area and the sampling sites.

Cu, Zn은 토양 10g을 D.T.P.A침출액 20ml를 첨가하여 2시간동안 진탕한 후 whatman no. 42 여과지로 여과하여 원자흡수분광기로 측정하였고 Pb, Cd는

토양 10g에 0.1N-HCl sol. 20ml를 첨가한 후 침출시켜 DDTC-MIBK法으로 전처리하여 원자흡수분광기로 측정하였다.<sup>11)</sup>

### III. 結果 및 考察

#### 1. 土壤의 理化學的 性質

Table 1에서 보는 바와 같이 土壤酸度는 4.2~5.5로서 대체로 낮은 경향이며 汚染源에서 4km이내에는 4.2~4.8로 모두 强酸性을 나타내고 있었다. 또한 汚染源의 거리에 따른 차이는 거리별 약간의 차이는 있는 것으로 판단되나 그 차이가 크지 않으며 이는 汚染源의 증가에 따른 大氣汚染의 확산범위가 넓어지고 있는 것으로 생각되었다.

장동<sup>1)</sup>은 도심지에서 거리가 멀어질수록 pH가 증가한다고 하여 大氣汚染의 영향때문인 것으로 분석하였는데 본 조사에서도 汚染源에서 가장 가까운 곳이 pH가 가장 낮았다.

민<sup>2)</sup>은 森林土壤酸度가 1986년부터 1989년까지 계속 감소하고 있다고 보고한 바 있으며 蔚山工團 주변 조사에서는 pH4.3~4.9라고 보고한 바 있어 조사지 차이는 약간 있으나 본조사와 일치하고 있어

溫山工團 주변의 森林土壤도 계속 산성화되고 있음을 알 수 있었다.

한편 工團 주변 2km이내 지역에 대한 방위별 pH를 살펴본 결과 Fig. 2와 같이 工團의 동남쪽이 서쪽보다 낮은 경향을 나타내었다. 이는 서쪽방향에는 많은 산들이 둘러싸여 있고 산림이 비교적 양호한 때문인 것으로 판단되었다.

유기물함량도 매우 낮은 수준이나 汚染源의 거리별 차이는 나타나지 않았으며 土壤酸도에 영향을 주는 치환성이온인 Ca, Mg, K, Na도 18, 19조사지를 제외하면 낮은 경향으로 1988년도 조사<sup>3)</sup>보다 차츰 낮아지는 경향이었으며 이는 최근에 문제시되고 있는 酸性雨의 영향으로 양이온의 용탈에 의한 것이라고 思料되었으며 1989년도 조사<sup>4)</sup>보다도 K이온을 제외하면 낮아지고 있었고 Na이온은 매우 낮은 수준으로 많은 차이를 보였다. 이같은 결과는 토양의 酸性化가 계속될 것으로 憂慮된다.

Al은 토양의 酸性化에 의해 급격히 증가하는 경향이 있으며 용탈되어 식물에 매우 有害한 것으로

Table 1. Soil characteristics of experimental sites

Site	pH (1 : 5)	O.M (%)	PO (ppm)	Exchangable cation(me/100g)				C.E.C (me/100g)	available	
				Ca	Mg	K	Na		Al	S(ppm)
1	4.5	1.9	13	0.2	0.1	0.17	0.004	6.6	329	523
2	5.3	2.1	11	0.1	0.1	0.17	0.003	2.6	156	224
3	5.0	2.0	11	0.1	0.1	0.14	0.003	4.7	298	446
4	5.0	3.3	24	0.1	0.2	1.12	0.005	6.6	150	272
5	4.6	1.3	13	0.1	0.1	0.19	0.002	6.5	285	428
6	4.7	1.3	11	0.3	0.2	0.17	0.005	5.5	260	287
7	4.7	1.9	16	0.2	0.2	0.28	0.003	6.2	230	416
8	4.4	1.7	21	0.1	0.2	0.25	0.006	6.7	317	447
9	4.6	3.6	37	0.1	0.1	0.23	0.004	6.8	251	438
10	4.5	2.7	13	2.7	1.3	0.20	0.013	9.5	256	316
11	4.8	2.5	11	0.1	0.1	0.36	0.003	5.4	192	459
12	4.8	3.3	21	0.4	0.2	0.55	0.004	7.3	268	397
13	4.2	3.2	37	0.1	0.1	0.26	0.003	5.7	203	638
14	4.3	2.6	32	0.6	0.2	0.47	0.005	5.9	277	384
15	4.3	5.3	45	0.1	0.1	0.33	0.004	5.6	219	341
16	4.5	4.1	21	0.1	0.1	0.15	0.003	9.2	429	366
17	4.8	2.6	13	0.6	0.3	0.46	0.005	6.4	200	181
18	5.1	3.6	29	0.2	1.2	1.28	0.007	7.4	260	169
19	5.5	3.9	16	2.9	1.4	1.46	0.012	7.2	23	21

본 조사에서도 强酸性의 토양에서는 증가하고 있는 것으로 나타났다. Henrich등<sup>2)</sup>에 의하면 Al의 水化作用은 pH의 변화와 관계있다고 하였으며 민<sup>3)</sup>은 汚染源에서 거리가 멀어질수록 감소한다고 하였으며 Al의 거리에 따른 감소현상은 pH변화와 밀접한 관계가 있다고 보고하였으나 본조사에서는 19조사지를 제외하면 거리별 차이는 없었다.

토양속의 有效硫黃含量은 21ppm~638ppm으로 工團에서 2km내외에서 대체적으로 높았으며 1988년도 조사<sup>5)</sup>에서 보다는 많이 증가하였고 1, 13조사지가 가장 높았다. 13조사지는 1988년조사<sup>5)</sup>에서도 가장 높았는데 그당시 보다는 3배가량 증가되어 많은 차이를 보였으며, 이는 인접 화학비료공장의 영향 때문인 것으로 思料되며 가장 낮은 19조사지와는 많은 차이를 나타내었다.

또한 방위별 평균 유황함량은 Fig. 2와 같이 역시 동남쪽이 높았으며 서쪽이 약간 낮은 경향을 보였고 비교적 大氣汚染의 영향이 약한 지역인 18, 19조사지와는 많은 차이를 보였다.

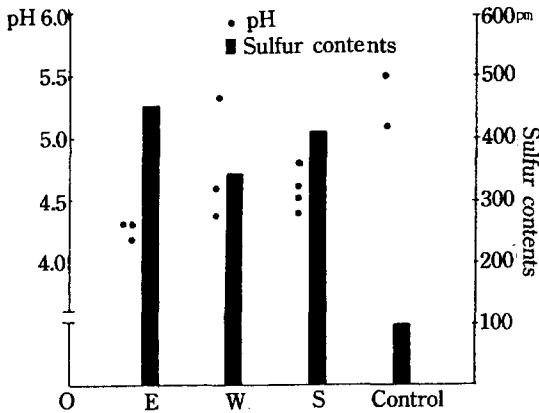


Fig. 2. Variation of pH and average sulfur contents by directions.

2. 土壤의 重金屬汚染

可溶性重金屬 함량은 Table 2에서 보는 바와 같이 Fe는 0.9ppm~73.7ppm으로 13,14조사지가 73.7ppm, 59.8ppm으로서 가장 높았으며 가장 낮은 5조사지(0.9ppm)와는 매우 많은 차이를 나타내었고 조사지간의 차이는 많았으나 汚染源 거리별 차이는 거의 나타나지 않았다.

Table 2. Heavy metals in the soil of experimental sites(unit : ppm)

Site	Soluble					
	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Cd
1	2.2	0.26	—	3.55	0.20	0.06
2	8.7	1.56	0.69	31.60	0.26	0.08
3	6.9	—	—	6.07	0.10	0.02
4	2.8	0.78	0.35	6.16	0.16	0.08
5	0.9	0.17	—	0.43	0.38	0.06
6	2.6	3.21	—	7.98	0.18	0.12
7	6.1	0.78	0.17	1.91	0.18	0.04
8	2.6	0.87	0.35	5.55	0.12	0.08
9	9.5	1.91	0.43	3.03	0.04	0.05
10	40.7	5.46	1.65	25.70	0.16	0.12
11	14.7	0.61	0.17	3.38	0.06	0.08
12	13.9	0.52	0.10	0.69	0.04	0.06
13	73.7	6.51	62.10	2.25	0.70	0.12
14	59.8	6.68	35.90	6.42	0.24	0.14
15	14.7	1.30	1.13	0.35	0.02	0.24
16	4.3	0.69	—	4.25	0.12	0.08
17	16.5	2.08	0.43	13.35	0.22	0.14
18	13.8	0.09	—	3.81	—	0.08
19	38.1	0.87	0.81	1.19	0.26	0.08

Zn는 0.09ppm~6.68ppm으로서 10, 13, 14조사지가 대체로 높은 편이나 일반적으로 매우 낮은 수준으로 念慮할 정도는 아니었으며, Cu는 0.10ppm~62.10ppm으로서 역시 13, 14조사지가 62.10ppm, 35.90ppm으로 가장 높게 나타나 상당히 汚染된 것으로 추측되었다. 그러나 그외 지역은 함유량이 거의 2ppm이하이거나 검출되지 않은 곳도 있어서 매우 낮은 수준이었다.

대체적으로 13, 14조사지가 Fe, Zn Cu등의 重金屬 함량이 타조사지보다 매우 높게 나타났는데 이는 汚染源에서 가장 가까울뿐만 아니라 주위 金屬工場의 영향 때문인 것으로 추측할 수 있었다. Ikeda등<sup>3)</sup>은 鎳해공업단지에서의 重金屬함량이 매우 높았으며 내륙으로 갈수록 감소하였다고 하였는데 본조사에서도 중금속간 약간의 차이는 있었지만 비슷한 경향으로 나타났다.

吉野 등<sup>17)</sup>의 조사에서는 일본 경작지에서의 重

金屬含量이 Zn은 3.1ppm~47ppm, Cu는 0.3ppm~15.3ppm으로 나타났다고 보고하였는데 본조사지는 산림토양으로서 비교적 낮은 함량을 나타내고 있으나 13,14조사지의 Cu함량은 매우 높아 앞으로 지속적인 관찰과 조사가 있어야 할 것으로 思料되었다.

Mn은 0.35ppm~31.ppm으로 비교적 낮은 함량을 보이고 있으며 2, 10조사지가 각각 31.8ppm, 25.7ppm으로 가장 높았는데 이는 汚染源과는 무관한 것으로 생각되며 토양자체의 특성 때문인 것으로 판단되었다.

Pb는 0.06ppm~0.70ppm으로 일반적으로 낮은 함량을 나타내고 있어 金 등<sup>5)</sup>의 高速道路邊의 토양중 Pb함량과 Tatsumi 등<sup>16)</sup>의 都市周邊의 토양중 Pb함량보다 훨씬 낮은 수준이었으며, Ikeda 등<sup>3)</sup>은 Pb汚染은 工團周邊보다도 오히려 자동차 排氣가스가 많은 도심지에서 높다고 하여 본조사를 뒷받침하고 있었다.

그러나 본조사는 삼림지역으로서 공단인근지역에서도 비교적 낮은 함량을 보였으나 Nicklow 등<sup>9)</sup>에 의하면 土壤속 Pb濃度の 비율에 따라 農作物에 미치는 영향이 크며 Pb는 알칼리토양보다 산성토양에서 더욱 빨리 분해된다고 하여 본조사지에서도 pH가 낮은 強酸性토양에서는 지속적인 조사가 있어야 할 것으로 생각되었다.

Cd은 0.06~0.24ppm으로 13, 14, 15조사지가 비교적 높은 傾向이었는데 이는 汚染源에서 가장 가까운 주변 공장의 영향일 것으로 思料되었다. Ikeda 등<sup>3)</sup>은 Sakai市の 北西部 臨海工業地域이 1μg/g이상으로 高濃度の 汚染地域으로 나타났다고 報告한바 있어 본조사에서도 汚染源에서 가까운 곳이 비교적 含量濃도가 높아 이곳은 앞으로 慢性的인 汚染地로 될 가능성이 높았다.

한편 본조사지의 Cd濃度は 金 등<sup>6)</sup>의 도시도로변의 토양중 함량과 비슷한 경향이어서 工團汚染源에서 많은 영향을 받고 있다고 판단되었으며 Fe, Zn, Cu 또한 汚染源에서 가장 가까운 곳에서는 金의 조사<sup>6)</sup>에서보다도 약간 높은 경향이었고, 그의 지역은 대체로 낮은 경향이였다. 또한 본조사지의 重金屬들의 含量은 柳<sup>18)</sup>의 蔚山市 일원의 土壤重金屬 함량보다는 대체로 낮은 수준이나 이는 森林地域이라는 環境的인 영향때문인 것으로 思料되었다. 그러나 13, 14조사지는 Fe, Cu에서 오히려 많은 것으로 조사되어 森林生態系에 미칠 영향이 클 것으로 추측되

었으며, 金<sup>5)</sup> 등의 高速道路邊의 重金屬含量보다도 대체로 낮은 경향이였으나 Cu, Mn은 본조사지가 오히려 높은 지역도 있어 森林生態系 植生調査도 병행할 필요가 있었다.

또한 李 등<sup>7)</sup>은 溫山工團이 정상으로 가동되기 전인 1978~1979년 사이에 工團內 과수원 및 논밭에 대한 重金屬을 조사하였던 바, Cu는 4~22 ppm, Pb는 6~43ppm, Zn은 27~93 ppm, Cd은 0.6 ppm이하로 나타나 重金屬 汚染은 전혀 인정할 수 없다고 보고한 바 있어 본조사와는 차이가 많았으나 이는 토양 중 총함량을 나타낼 것으로서 본보자의 가용성 함량과는 차이가 많으며 또한 공장 가동前의 함량으로 지금의 함량과는 많은 차이가 있을 것으로 판단되었고, 특히 13, 14 조사지의 구리 함량은 李 등<sup>7)</sup>의 전구리함량보다도 훨씬 많은 함량을 나타내고 있어 구리의 오염은 앞으로 계속될 것으로 사료되었다.

### 3. 土壤成分間的 回歸分析

土壤成分間的 相關關係를 알아보기 위해서 單純 回歸分析을 실시해본 결과는 Fig. 3, 4. 및 Table 3, 4.와 같다.

土壤 pH와 Al 間에는 1%水準에서 有意성이 인정되었으며 pH와 S, Zn, Cu 間에는 5%水準에서 有意성이 인정되었다. 이는 土壤pH와 Al은 高度의 相關이 있는 것으로 판단되었으며 그의 S, Zn, Cu는 낮은 水準이나마 相關이 있는 것으로 판단되었으나, pH와 Fe, Mn, Pb, Cd등은 본조사에서는 有意성이 인정되지 않았다.

이는 Ikeda 등<sup>3)</sup>의 Sakai市の 土壤重金屬調査에서는 土壤pH와 重金屬濃度間에는 有意적인 相關이 나타나지 않았다고 하는 研究報告와는 약간의 차이가 있는 것으로 판단되나 이것은 母材料가 다르거나 콘크리트의 사용등으로 都市化的인 정도 때문인 것으로 판단하여 본조사지와는 조사지의 차이 때문인 것으로 판단할 수 있었다.

한편 土壤 重金屬 濃度間的 相關은 Fig. 4와 Table 4.에서 보는 바와 같이 Fe과 Zn, Cu, Pb 間에는 1%수준에서 有意성이 인정되었고, Zn과 Cu도 1%수준에서, Zn과 Pb, Cd 間에는 5%수준에서 有意적인 相關이 있었으며 Cu와 Pb 間에도 1%의 수준에서 고도의 有意성이 인정되었으나 그의 重金屬 間에는 有意的인 相關이 나타나지 않았다. 이는 Ikeda 등<sup>3)</sup>의 조사에서 Zn과 Cu, Pb, Cd, 그리고 Cd와

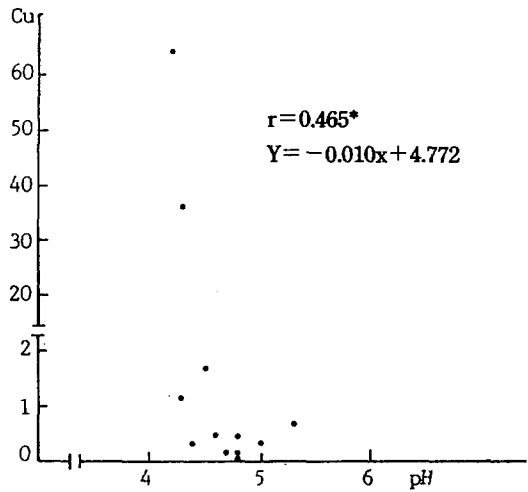
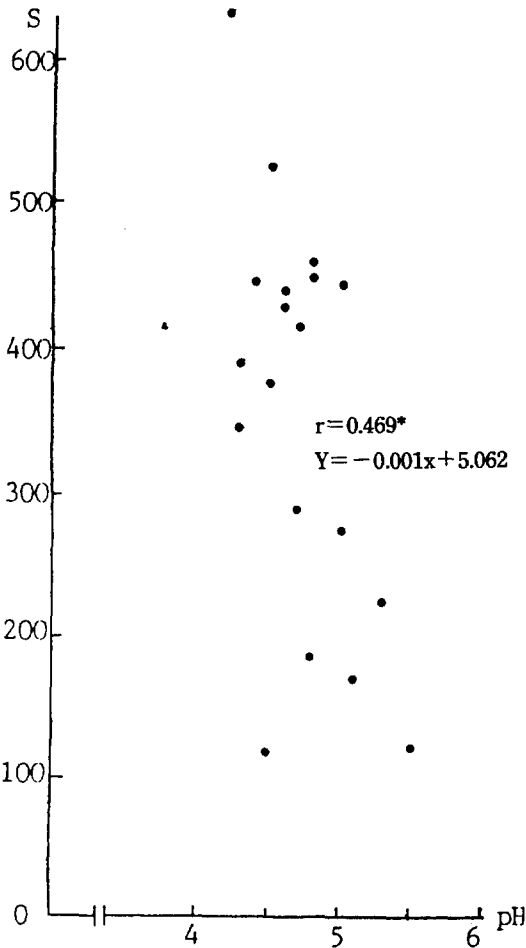
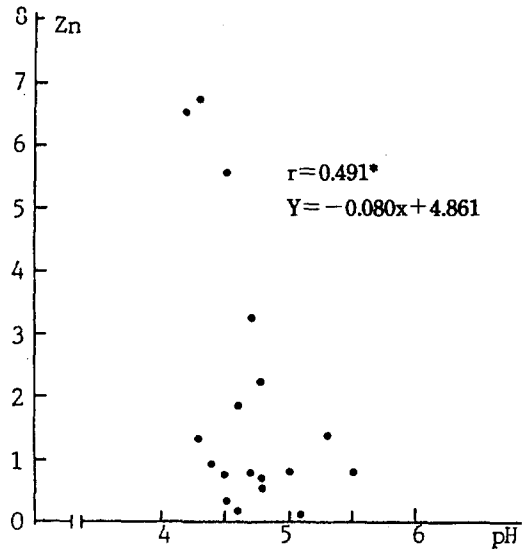
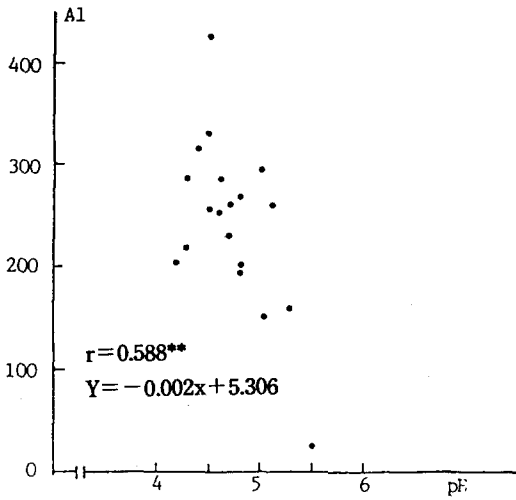


Fig. 3. The relationship between the soil pH and other soil factors.

Table 3. The correlation between pH and other soil factors

X	Y	r	Y=bx+a
pH	Al	0.588**	Y=-0.002x+5.306
pH	S	0.469*	Y=-0.001x+5.062
pH	Zn	0.491*	Y=-0.080x+4.861
pH	Cu	0.465*	Y=-0.010x+4.772

\*, \*\* : Significant at 5% or 1% level

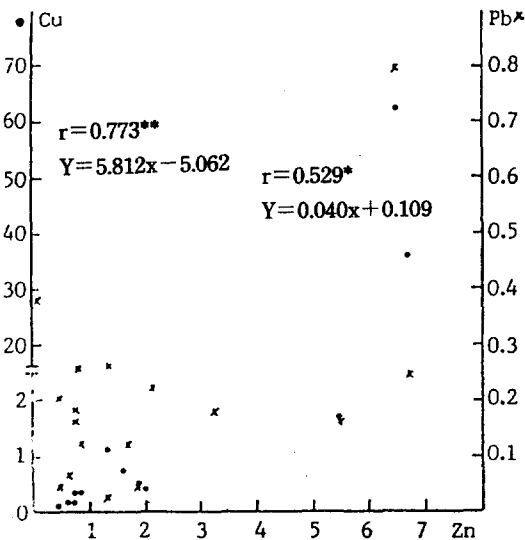
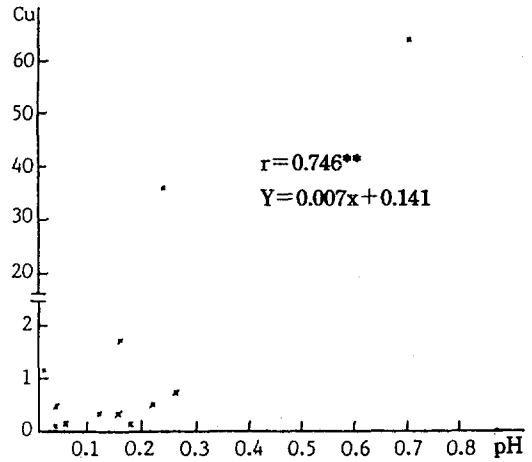
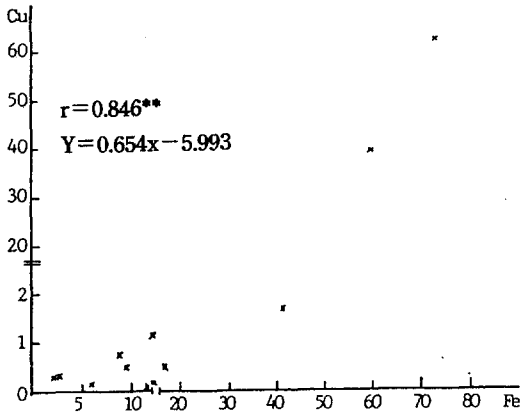
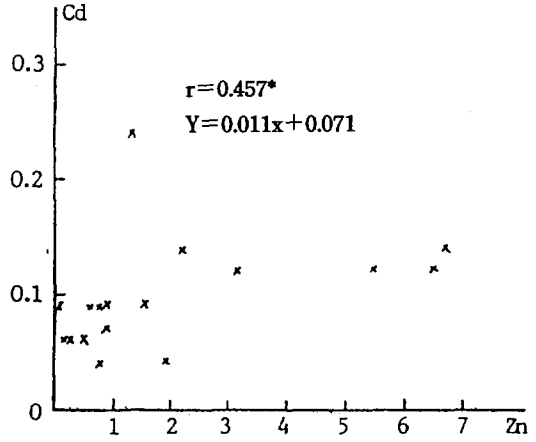
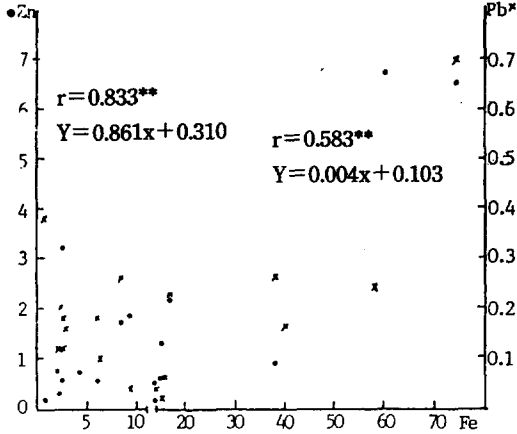


Fig. 4. The relationship between the concentration of various heavy metals.

Table 4. The correlation between various heavy metals in soils

X	Y	r	Y=bx+a
Fe	Zn	0.833 <sup>**</sup>	Y=0.861x+0.310
Fe	Cu	0.846 <sup>**</sup>	Y=0.654x-5.993
Fe	Pb	0.583 <sup>**</sup>	Y=0.004x+0.103
Zn	Cu	0.773 <sup>**</sup>	Y=5.812x-5.062
Zn	Pb	0.529 <sup>*</sup>	Y=0.040x+0.109
Zn	Cd	0.457 <sup>*</sup>	Y=0.011x+0.071
Pb	Cu	0.746 <sup>**</sup>	Y=0.007x+0.141

<sup>\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>: significant at 5% or 1% level



Cu, Pb, 또한 Cu와 Pb 間에는 높은 水準의 有意性이 인정되었다고하는 研究結果와 일치하였다.

摘 要

大氣汚染地域인 溫山團地 주변 해송림의 森林土壤에 대한 土壤분석을 실시하여 본 결과,

1. 溫山工團 인근의 森林土壤 pH는 4.2~4.8로서 强酸性을 나타내고 있었으며 available Al도 强酸性化의 土壤에서는 증가하고 있었다.

2. 有效硫黃含量은 21ppm~638ppm으로 공단에서 2 km이내의 지역이 가장 높았으며 汚染源에서 거리별 차이가 많았다.

3. 土壤重金屬含量중 Fe는 0.9ppm~73.7ppm, Zn은 0.09ppm~6.68ppm, Cu는 0.10ppm~62.10ppm으로 조사지간의 차이가 많았고 특히 汚染源에서 가장 가까운 海岸쪽이 가장 높아 토양내 이들 重金屬들이 많이 汚染되어 있음을 알 수 있었다.

4. Pb는 0.06ppm~0.70ppm으로 비교적 낮은 함량을 보였고 Cd은 0.06ppm~0.24ppm으로 역시 汚染源에서 海岸쪽이 비교적 높았다.

5. 토양성분간의 相關分析 결과 pH와 Al간에는 1%수준에서 有意性이 인정되었으며 pH와 S, Zn, Cu간에는 5%수준에서 有意性이 인정되었다.

6. 重金屬濃度간의 相關關係에서는 Fe과 Zn, Cu, Pb 그리고 Zn과 Cu, Cu와 Pb간에는 1%수준에서, Zn과 Pb, Cd간에는 각각 5%수준에서 有意性이 인정되었으나 그외는 相關關係가 나타나지 않았다.

引用文獻

1. Chang, K.S and Lee, S.W(1987) : Local Effects of Air Pollutants from Urban Area on Forest Ecosystem, Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Univ., 5(2) 74~82.

2. Heinrich, H. and Mayer. R.(1980) : The Role of Forest Vegetation in the Biogeochemical Cycle of Heavy Metals, J. Environ. Quality 9(1) 111~118.

3. Ikeda, A. and Yoda. K.(1982) : Soil pollution by heavy matals in Sakai city, J. Ecol., 32 241~249.

4. 龜山章, 三澤彰, 近等三雄, 輿水翠(1989) : 最先端 綠化技術, ソフトサイエンス社, 東京, 360 pp.

5. 金鍾甲, 金在生(1990) : 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, 韓國林學會誌, 79(4), 352~358.

6. 金点秀, 金在生(1990) : 都市道路樹의 環境汚染에 關한 研究, 慶尙大論文集 29(1) 325~333.

7. 李瑞來, 宋基俊(1985) : 溫山工團 주변 토양의 重金屬 농도조사, 韓國環境會誌, 4(2), 88~94.

8. 李瑞來, 宋基俊(1986) : 溫山工團周邊農作物의 重金屬濃度調査, 韓國環境農學會誌 5(1), 43~47.

9. 韓日식(1989) : 大氣汚染 및 酸性雨가 森林生態系내의 養料動態 및 土壤緩衝能에 미치는 影響. 忠南大學博士學位論文. 93 pp.

10. Nicklow, C. W., Comas-Haezebrouck, P. H and Feder, W. A(1983) : Influence of Varying Soil Lead Levels on Lean Uptake or Leaf and Root Vegetables, J. Amer. Soci. Hort. Sci., 108(2), 193~195.

11. 農村振興廳 農業技術研究所(1978) : 土壤化學分析法, 農村振興廳.

12. Park, B. K. and Kim O. K.(1983) : Ecological Effects of Zinc and Lead on Plants, Korean J. Ecology 6(2), 98~105

13. Smith, W. H.(1971) : Lead Contamination of Roadside White Pine, For. Sci. 17(2), 195~198.

14. Suzuki, T.(1974) : The contents of a heavy metal in soil of Sugi forest-The case of the area contaminated by Cd in Annaka city, J. Japan Forestry Soc. 56(11), 404~407.

15. 武長, 吉羽雅昭.(1984) : 群馬縣安中市の亞鉛製鍊所 周邊地域 重金屬による土壤汚染よその 經年變化, 日本土壤肥料學雜誌, 55(3), 225~234.

16. Tatsumi, Y., Yoda, K. and Ikeda, A. (1983) : Effects of soil pollution by heavy metals on annual plants in Sakai City, Japan J. Ecol., 33, 293~303.

17. 吉野實, 增島博, 松岡義浩(1979) : 環境保全, 日本土壤肥料學雜誌, 50(5), 474~485.

18. 유광식. (1985) : 도로변의 아카시와의 土壤에 포함된 金屬成分 含量에 關한 調査研究, 蔚山大研究論文集, 16(2), 319~325.