

廢鑛山 周邊 土壤 및 植物體의 重金屬 存在形態와 含量調查

鄭相燮* · 朴和東 · 姜相載 · 朴愚喆

慶北大學校 農化學科
*慶尙北道 環境保健 研究院

Investigation on the Content and the Existential Form of Heavy
Metals in Plants and Soils surrounding Ruined Mine

Sang Sub JUNG* · Chang Dong PARK
Sang Jai KANG · Woo Churi PARK

Dept. of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University
*Institute of Health and Environment, Kyungpook province

Abstracts

We investigated in the existential forms of heavy metals and their distribution in plant and soil surrounding ruined mine in Daduk area.

The content of heavy metals in soils was more plentiful in A soil than that in another soil, excepting only Mn. The content of Mn in soils was greater in B soil than those in another soils. The content of each heavy metals, according to existential form, had different patterns on the comparison of each elements ; organic-form on Cd and As, Carbonate-form on Cu, Pb and Mn and Residual-form on Fe and Zn.

The popularity ratio of *M. senensis* and *J. decipiens* were about 65% and 72%, respectively, and which means that these plants had resistances to heavy metals. The contents of heavy metals absorbed in root was higher than those of stem except Mn. In *M. sinensis*, the contents of Zn in root was similar to that of stem.

To study the heavy metal contents in water, the highest content of heavy metal, mainly Fe, Mn and Zn, were calculated in extracting water.

Key Words : Existed form. Ruined mine. *M. sinensis*. *J. Decipiens*

緒 論

鑛山 地域에서 흘러나오는 물에는 各種 汚
染物質이 含有되어 있어서 이런 물은 水質을

惡化시키며, 또한 農耕地의 農業用水로 使用됨
으로서 農耕地를 荒廢化시키게 된다. 그러므로
人爲的 鑛業活動에 의해 汚染이 加重되어지고
있는것이 鑛山地域의 實態이다.²⁻⁴⁾

多德 廢鑛山의 主 污染源은 산 아래에 位置한 3千餘坪에 分布된 廢鑛石 및 製鍊土 堆積場이다. 이곳에는 最近까지도 有害金屬을 回收한 청, 황색의 製鍊土 무더기와 沈澱槽 및 웅덩이 등이 散在해 있으며 降雨時 多量의 有害金屬이 溶出됨으로 水中의 重金屬 含量이 다른 地域에 比해 相當히 높았으며, 周圍 農耕地 및 藥水터를 汚染시키는 것으로 報告되었다.¹⁻³⁾

pH가 2.7-4.0의 強酸性인 이 地域의 土壤에 棲息하고 있는 植物은 골풀과 참억새였으며, 이들은 堆積場 中央部에 自生하고 있으며, 골풀類가 70-80% 정도 棲息하고 참억새는 10-20% 棲息하며 기타 植物은 아주 드물었다.⁴⁾

重金屬으로 汚染된 土壤에서 植物을 利用하여 重金屬을 除去하는 方法이 많이 研究되고 있으며, 重金屬을 植物體가 吸收할 때에는 土壤中에 존재하는 重金屬의 化學的 形態와 移動性이 크게 影響을 미친다.⁴⁾

土壤內에 存在하는 重金屬의 作物內로의 吸收移行에 關해 많은 研究가 進行 되어왔으나 作物의 種과 環境要因에 따른 수 많은 變數가 있기 때문에 植物의 이온 吸收 메카니즘은 아직까지는 거의 밝혀져 있지 않다.⁵⁻⁷⁾

따라서 본 研究에서는 多德 廢鑛山 周邊의 土壤에 함유된 重金屬을 化學的 形態別로 含量을 조사하고, 또한 이곳에서 優點種으로 棲息하고 있는 골풀과 참억새가 이러한 重金屬을 어느정도 吸收하는지를 調査하였다.

材料 및 方法

1. 實驗 材料

1) 土 壤

본 研究에 使用된 土壤試料는 Fig. 1에 나타난 경북 봉화군 소재 多德 廢鑛山周邊의 土壤을 採取하여 試料를 使用하였다. 廢鑛山에서 200-500m 떨어진 地點에 있는 堆積場의 上流 쪽에 位置한 청동색을 띠고 있는 土壤을 A, 700-1000m 地點의 堆積場 下流에 位置하고 황갈색을 띠고 있는 土壤을 B, 500-700m 地點의 堆積場 中央部에 自生하는 골풀과 참억새가 成長하고 있는 土壤을 C, 對照區 土壤으로는 水

系를 달리하는 地點인 重金屬 汚染이 없다고 여기는 唱坪貯水池 周邊의 土壤으로 하였다.

2) 植 物 體

植物試料는 鑛尾 堆積場에서 棲息하는 골풀과 참억새를 줄기와 뿌리로 區分하여 採取하였고, 對照區 試料는 土壤試料와 같은 地點에서 採取하였다.

3) 물

周邊檢査用 用水는 堆積場에 고여 있는 물, 下流로 浸出될 것이라고 생각되는 것을 浸出水, 禹谷약수터, 唱坪貯水池 물과 堆積場에서 流出된 것과 合流되는 合流地點水, 唱坪貯水池 물을 對照區 試料로 하여 각기 2L짜리 폴리에틸렌병에 採取하여 現場에서 pH 測定 후, 環境汚染公定試驗法의 方法에 準하여 保存 처리 후 分析用 試料로 하였으며 試料採取地點은 Fig. 1과 같다.

2. 實驗 方法

1) 土 壤

各種 土壤 試料의 物理化學的 分析은 土壤學 實驗書에 準하였으며¹¹⁾ 土壤中, 總重金屬의 全含量은 試料 5g을 正確히 칭량한 다음 250ml Kjeldahl플라스크에 넣고 conc-HNO₃ 30ml를 加하여, Hot-Plate에서 100-120°C로 약 6時間 加熱하여 放冷 한 후, conc-H₂SO₄ 5ml를 加하여 分解液의 色이 거의 白色이 될 때까지 加熱 分解시킨 後 TOYO 濾紙 No. 5C로 濾過하여 그 여액을 Perkin Elmer 3030型 原子吸光度計로 測定하였다.

土壤中 重金屬의 形態別 含量分析은 McLaren과 Crawford¹²⁾의 方法을 利用 하였다. 形態別 分析過程은 風乾土壤 5g을 取하여 各種 浸出液으로 浸出した 후 遠心分離하여 上澄液의 重金屬 濃度를 測定하였다. 蒸溜水에 浸出된 重金屬을 水溶態, 1.0M KNO₃에 浸出된 重金屬을 置換態, 0.1M Na₂P₂O₇에 浸出된 重金屬을 有機態, 0.1M EDTA에 浸出된 重金屬을 Carbonate態, 1.0M HNO₃에 浸出된 重金屬을 Sulfide態로 區分하여 Perkin Elmer 3030型 原子吸光度計로 測定하였다.¹²⁻²⁰⁾ 비소는 各 段系別

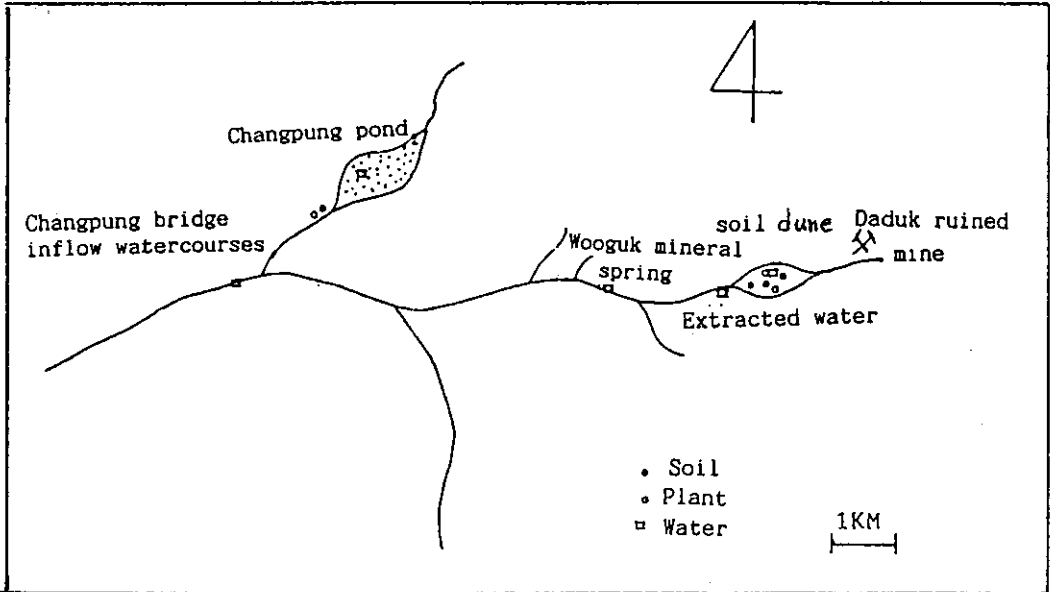


Fig. 1. Sampling site

浸出液의 上澄液을 取하여 環境汚染公定試驗法에 따라 dimethylthiocarbamic 酸銀法을 使用하여 UV-Vis spectrophotometer(shimazu model 2020)로 측정하였다.

2) 植物(참억새,골풀)

植物體의 줄기 및 뿌리는 5g씩 250ml 킬달플라스크에 秤取한 다음 conc-HNO₃ 30ml를 加하여 Hot-Plate 上에서 100-120°C로 6時間 加熱하여 放冷한 후 conc-H₂SO₄ 5ml를 加하여 分解液의 色이 거의 白色이 될 때까지 加熱分解시킨 후, TOYO 濾紙 No. 5C로 濾過하여 濾液을 分析하였다¹⁹⁾.

3) 周邊 用水

檢査用 用水는 500ml씩 取하여 環境汚染公定試驗法에 따라 有機物을 분해 한 후 稀釋 또는 濃縮하여 100ml로 하여 各種 重金屬을 A. A. spectrophotometer로 分析하였다.

結果 및 考察

1. 土壤 中 重金屬 含量 및 化學的 形態別 含量

廢鑛山 周邊 A土壤, B土壤, C土壤, 對照區土壤의 重金屬 含量은 Table 1과 같다.

Table 1. The content of heavy metals in soils (unit:ppm)

Element	Soil			
	A	B	C	D
Cd	6.48±0.2	0.98±0.1	1.53±0.2	0.05±0.1
Cu	582.85±12.2	84.25±2.7	35.86±1.5	3.44±0.1
Pb	4375.73±90.1	1541.26±64.7	120.67±3.8	5.43±0.2
Mn	48.76±2.1	145.34±4.6	75.15±3.2	7.89±0.3
Fe	46193.27±103.2	25878.87±88.2	8725.79±91.6	43.38±1.4
Zn	475.88±14.0	377.44±15.8	157.96±3.3	7.46±0.3
As	168.66±3.5	75.87±1.6	38.47±0.8	4.64±0.2

A* : 200-500m B : 700-1000m C : 500-700m D : Control soil

* The distance of sampling site from the ruined mine

Table 1에서와 같이 重金屬 含量은 Mn을 除外한 모든 重金屬에서 A土壤 > B土壤 > C土壤 順序로 A土壤에서 가장 많이 含有하는것으로 나타났으나, Mn의 境遇 B土壤 > C土壤 > A土壤 順序로 C土壤에서도 75.15ppm으로 A土壤

보다는 약 1.5배, 對照區 土壤보다는 약 9배나 많은 것으로 나타났다. 다른 土壤에 비해 A土壤의 重金屬 含量이 많은것은 上流에 位置하여 加水分解와 風化作用을 적게 받아서 다른 土壤에 비해 重金屬 濃도가 높은 것으로 생각된다.

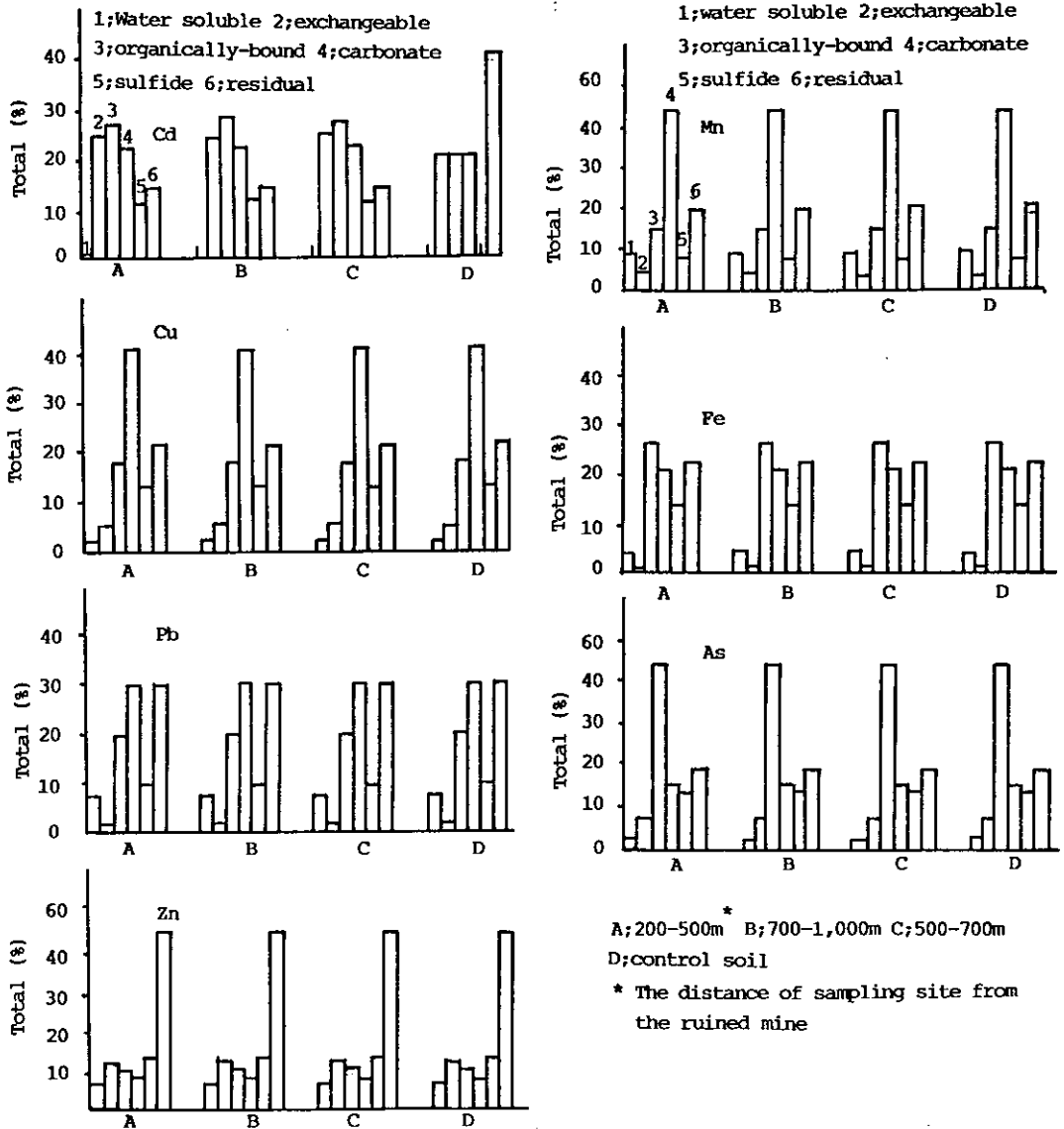


Fig. 2. The distribution of each fraction in soil

Fig 2에서 보는것과 같이 모든 重金屬은 각 土壤에서 存在形態상의 分布比率은 거의 差가

없었으나, 각각의 重金屬에서 土壤中 存在形態에는 個個 重金屬의 特性에 따른 差異가 있었

다. 이는 Miller와 McFee등¹⁵⁾이 調査 報告한 것과 같이 浸出液의 種類에 따라 重金屬 含量에 差異가 난다는 것과 비슷하였다. Cd의 土壤中 形態別 含量은 有機態 > 置換態 > Carbonate態 > 殘渣態 > Sulfide態 順序였고 그 중 置換態, 有機態, Carbonate態가 全體含量의 약 68%을 含有하였으며, 水溶性 Cd은 거의 檢出되지 않았다. 이는 柳등²⁰⁾이 調査 報告한 結果와 類似한 傾向을 보이고 있다.

Cu의 形態別 含量은 Carbonate態, 殘渣態 > 有機態 > Sulfide態 > 水溶態 > 置換態 順序였으며 그 중 Carbonate態, 殘渣態가 全體含量의 약 56%을 含有 하는것으로 나타났다. 또 Pb의 形態別 含量은 Carbonate態 > 殘渣態 > 有機態 > Sulfide態 > 置換態 > 水溶態 順序였으며 그 중 Carbonate態가 全體含量의 약 40%를 나타냈다.

Zn의 形態別 含量은 殘渣態 > Sulfide態 > 置換態 > 有機態 > Carbonate態 順序였으며 그 중 殘渣態 含量이 약 44%를 나타냈다. 그리고 Mn의 形態別 含量은 Carbonate態 > 殘渣態 > 有機態 > 水溶態 > Sulfide態 > 置換態 順序였으며 그 중 Carbonate態, 殘渣態, 有機態가 全體含量의 약 76%을 含有 하는것으로 나타났으며, 다른 重金屬에 비해 水溶態가 많은 것으로 나타났다. 그리고 As의 形態別 含量은 다른 形態에 비해 有機態가 많은 것으로 나타났고, 全體含量의 약 41%를 나타냈다.

이렇게 土壤中에서 重金屬의 存在樣相이 다

른 理由는 土壤의 pH, 有機物含量, 양이온치환 용량, 酸化還元電位, 土壤의 物理化學的인 性質 등이 복합적으로 作用한 것으로 推定된다.⁶⁾

各 重金屬의 形態別 分布比率은 Stover등²⁰⁾이 調査한 廢水 Sludge속의 重金屬 形態別 含量과는 다소 差異가 났다. 또, Hickey와 Kittrick은¹⁰⁾ Sludge를 處理한 土壤에서 殘渣態 重金屬 比率이 매우 적다고 하였으나, 본 研究에서 殘渣態 重金屬의 含量은 다른 形態의 重金屬보다 높게 나타났다. 그 理由는 Sludge에는 有機物이 많기 때문에 殘渣態로 되기 전에 有機物과 結合하지만 有機物이 적은 土壤에서는 쉽게 土壤입자와 反應하여 殘渣態으로 되기 때문이라고 사료된다. 또 한가지 理由는 본 研究의 試料採取 地域이 廢鑛山 周邊이므로 重金屬 含量이 많아 이들이 토양의 치환위치 및 有機物과 結合 할 수 있는 위치를 飽和시키고도 남기 때문이라고 생각되어 진다.

2. 植物(참억새, 골풀)의 生育調査

重金屬 汚染이 심하고 土壤이 酸性인 場所에서도 耐性을 갖고 生育하는 참억새와 골풀의 生育調査를 91년 6, 8, 11월에 調査한 結果는 Table 2와 같았다. Table 2와 같이 이 地域의 참억새와 골풀의 生育을 對照區와 比較하면 참억새는 對照區의 약 65%, 골풀은 對照區의 약 72%로 成長率이 다소 低下하였다.

Table 2. The growth investigation of *M. sinensis* and *J. decipiens*

unit : cm

Plant	Area	stem			root		
		June	August	November	June	August	November
Chaneksae	Polluted	10±4	42±6	49±3	8±2	17±3	18±2
	Control	15±3	65±21	114±30	12±3	21±5	22±4
Goolpul	Polluted	10±4	30±7	34±3	12±2	15±4	16±1
	Control	14±2	37±5	42±2	16±4	20±7	21±2

± : standard deviation

車등⁷⁾이 調査한 報告에 의하면 植物의 種類에 따라 重金屬에 의한 生育障害는 多少 차이 가 나지만 일반적으로 園藝植物은 耐性이 強

하고 水稻와 밭作物은 耐性이 弱하였다. 따라서 참억새와 골풀은 土壤이 척박하고 重金屬으로 汚染된 場所에서 耐性을 갖고 成長한다

는 것을 알 수 있으며 골풀이 참억새보다
 性이 강한 것으로 나타났다. 이는
 内 棲息植物中 골풀이 70-80%
 으로 優點種이며, 참억새

는 10-20%만 棲息 한다는 박동¹⁾이
 調查 報告와 一致한다.

Table 3. The content of heavy metals in root of *M. sinensis* on growth-time unit:ppm

Growth-time	Cd	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	As
June	2.35±0.1 ^{a)}	26.40±0.3	79.23±0.8	28.00±0.3	2758.70±13.4	41.20±0.7	6.79±0.1
	0.03±0.1 ^{b)}	5.80±0.2	7.72±0.3	9.98±0.2	65.16±0.8	8.90±0.4	0.14±0.1
August	2.99±0.1	34.32±0.3	91.11±0.9	41.45±0.4	3586.31±18.5	53.56±0.8	8.83±0.1
	0.05±0.1	7.55±0.2	8.88±0.2	12.97±0.2	84.71±0.8	11.57±0.5	0.18±0.1
November	3.27±0.1	34.96±0.3	95.07±0.9	44.25±0.4	3862.18±18.5	57.68±0.8	9.51±0.1
	0.07±0.1	8.13±0.3	9.20±0.3	13.07±0.2	91.23±0.8	12.46±0.5	0.19±0.1

^{a)} polluted ^{b)} control

Table 4. The content of heavy metals in stem of *M. sinensis* on growth-time unit:ppm

Growth-time	Cd	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	As
June	0.50±0.1	3.90±0.4	52.00±0.8	55.73±0.7	338.20±12.4	39.10±0.5	1.65±0.1
	N. D	2.10±0.2	4.30±0.2	14.30±0.5	52.10±0.6	6.40±0.3	N. D
August	0.53±0.1	5.07±0.5	59.80±0.8	92.36±0.9	439.66±13.6	50.83±0.6	2.14±0.1
	N. D	2.73±0.2	4.95±0.2	18.59±0.4	67.73±0.7	8.32±0.3	0.07±0.1
November	0.54±0.1	5.46±0.5	62.40±0.8	97.91±1.0	473.48±13.9	54.74±0.6	2.31±0.1
	0.01±0.1	2.94±0.2	5.17±0.2	20.02±0.4	72.94±0.8	8.96±0.	0.09±0.1

^{a)} polluted ^{b)} control ± standard deviation

Table 5. The content of heavy metals in root of *J. decipiens* on growth-time unit:ppm

Growth-time	Cd	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	As
June	1.28±0.1	67.48±0.8	67.08±0.7	25.43±0.4	1190.30±6.8	127.20±1.8	7.24±0.1
	0.75±0.1	4.62±0.3	7.13±0.3	4.39±0.2	56.29±0.7	30.10±0.6	0.44±0.1
August	1.90±0.1	87.72±0.9	77.14±0.8	33.06±0.5	1547.39±10.3	138.93±2.4	9.41±0.1
	0.94±0.1	6.01±0.3	8.20±0.3	5.70±0.3	73.18±0.7	32.02±0.5	0.57±0.1
November	2.06±0.1	94.47±0.9	80.49±0.8	35.60±0.6	1666.42±10.6	142.84±2.5	11.72±0.1
	0.98±0.1	6.47±0.2	8.56±0.4	6.14±0.3	78.81±0.7	32.66±0.8	0.61±0.1

^{a)} polluted ^{b)} control ± standard deviation

Table 6. The content of heavy metals in stem *J. decipiens* on growth-time unit:ppm

Growth-time	Cd	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	As
June	N. D	8.40±0.3	36.26±0.6	101.07±1.5	493.40±15.3	51.20±0.6	4.57±0.1 ^{a)}
	N. D	3.60±0.2	3.78±0.3	7.60±0.5	44.85±0.7	18.70±0.4	0.19±0.1 ^{b)}
August	0.03±0.1	10.92±0.3	41.70±0.7	131.39±1.0	641.42±11.2	66.56±0.7	5.94±0.1
	0.01±0.1	4.68±0.2	4.35±0.4	9.88±0.6	58.31±0.8	24.31±0.4	0.25±0.1
November	0.04±0.1	11.76±0.4	43.51±0.7	141.50±1.2	690.76±11.6	71.68±0.7	6.40±0.1
	0.02±0.1	5.04±0.2	4.54±0.4	10.64±0.6	62.80±0.8	26.18±0.5	0.27±0.1

^{a)} polluted ^{b)} control ± standard deviation

Table 3과 같이 참억새 成長時期別 뿌리내 重金屬 含量은 6월에서 8월까지는 모든 重金屬 含量이 增加하나, 8월에서 11월까지는 크게 增加하지 않는 것으로 나타났다. 이는 吸收된 重金屬의 量과 植物生育과 密接한 關係가 있기 때문으로 생각된다. 뿌리중의 重金屬 含量은 汚染地의 境遇 Fe>Pb>Zn>Mn>Cu 順序이고 對照區의 境遇 Fe>Mn>Zn>Pb>Cu 順序로 Fe가 가장 많은 것으로 나타났다. Table 4와 같이 참억새 줄기의 成長時期別 重金屬 含量은 Cd를 除外하고 모든 重金屬에서 6월에서 8월까지 重金屬 含量이 增加하나 8월에서 11월까지 重金屬 含量 變化가 거의 없는 것으로 보아 다른 重金屬에 비해 줄기로 吸收移行이 잘 되지 않는 것으로 사료된다. 줄기중의 重金屬別 含量은 汚染地의 境遇 Fe>Mn>Pb>Zn>Cu 順序이고, 對照區의 境遇 Fe>Mn>Zn>Pb>Cu 順序로 Mn을 除外하고 뿌리와 비슷한 樣相을 보였으나, Mn의 境遇 뿌리에서보다 줄기에 많은 것으로 나타났다.

Table 5와 같이 崙풀 뿌리의 成長時期別 重金屬 含量은 6월에서 8월까지 增加하나, 8월에서 11월까지 重金屬 含量이 增加하지 않는 것으로 나타났다. 뿌리중의 重金屬別 含量은 汚染地의 境遇 Fe>Zn>Cu>Pb>Mn 順序이고, 對照區의 境遇 Fe>Zn>Pb>Cu>Mn 順序로 Zn, Mn

을 除外하면 참억새와 비슷한 樣相을 보였으나, Zn의 境遇 崙풀이, Mn의 境遇 참억새가 뿌리에 많이 含有하는 것으로 나타났다. 이는 植物의 種에 따라 重金屬 含量이 다소 차이가 나기 때문으로 생각된다. Table 6과 같이 崙풀 줄기의 成長時期別 重金屬 含量은 Cd를 除外하고 모든 重金屬이 6월에서 8월까지 重金屬 含量이 增加하나 8월에서 11월까지 重金屬 含量 變化가 거의 없는 것으로 보아 다른 重金屬에 비해 吸收移行이 잘 되지 않는 것으로 사료된다.

5. 참억새, 崙풀의 部位別 重金屬 含量

참억새, 崙풀의 部位別 重金屬 含量 結果를 全體含量 百分率로 했을 때의 값은 Fig 3, 4와 같다.

Fig 3, 4와 같이 참억새와 崙풀의 部位別 重金屬 含量은 重金屬의 種類에 따라 다소 차이가 나지만 대부분 뿌리에 많이 吸收되나 줄기로 移行 되는 量은 얼마되지 않는 것으로 나타났다. 그러나 다른 重金屬과는 달리 Mn의 境遇 뿌리보다 줄기로 많이 移行 되는 것으로 나타났다는데, 참억새의 境遇 뿌리에 약 31%, 줄기로 약 68%의 移行되는 것으로 나타났다. 崙풀의 境遇, 뿌리에 약 20%, 줄기에 약 79%의 吸收移行 되는 것으로 나타났다. 이 結果로

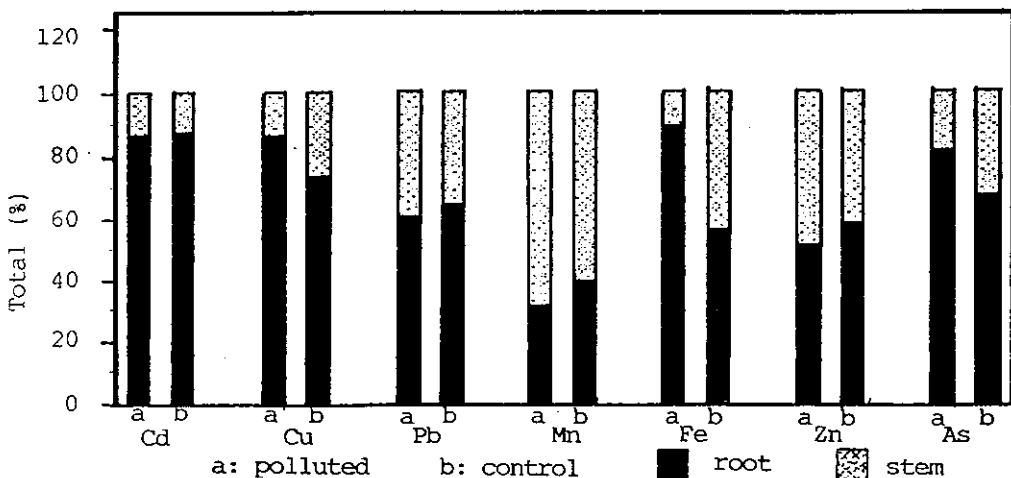


Fig. 3. the content of heavy metals for a part-steps in *M. sinensis*

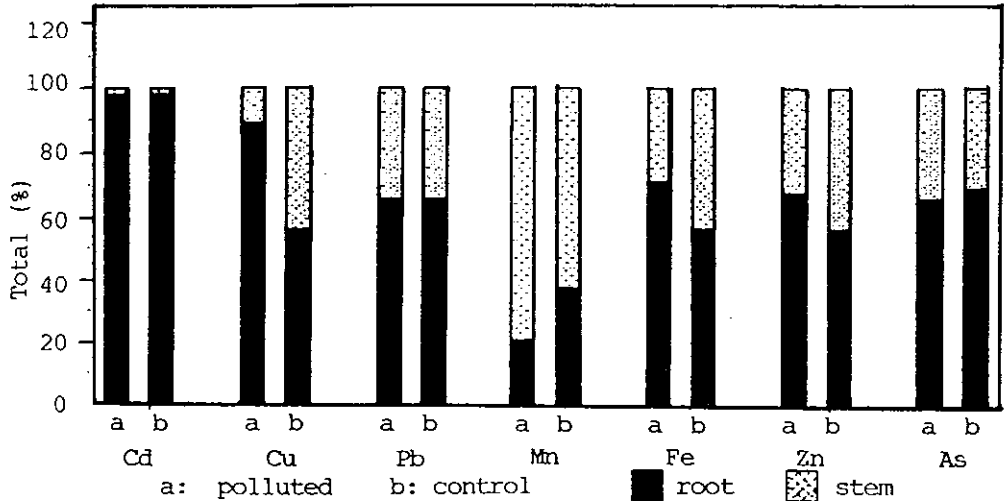


Fig. 4. The content of heavy metals for a part-steps in *J. decipiens*

Mn이 다른 重金屬에 비해 줄기로의 移動이 良好한 것으로 나타났으며, 참억새의 境遇 Zn은 뿌리와 줄기에 골고루 吸收移行 되는 것으로 나타났다. 對照區에서도 각 重金屬의 部位別 分布比率는 汚染地에서 成長한 참억새, 골풀과 비슷한 傾向을 보였으며, 참억새의 境遇 Fe가, 골풀의 境遇 Cu가 對照區의 뿌리에서 吸收含量이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 Fe, Cu가 汚染地에 過量으로 存在하기 때문에 다소 차이가 난다고 생각되어진다.

이상의 結果로 참억새와 골풀을 봄철에 移植하여 9월경에 뿌리채 뽑아 除去 한다면 重金屬으로 汚染된 土壤을 淨化하는 效果的인 方法이라고 사료된다.

6. 周邊 用水의 時期別 重金屬 含量

鑛尾 堆積場에 고여있는 물을 댐내 고인물, 下流로 浸出되는 물을 浸出水, 禹谷 약수터, 唱坪橋 옆 流入河川, 水系를 달리하는 唱坪貯水池물을 對照區으로 하여 6, 8, 11월로 區分하여 分析한 結果는 Table 7과 같다.

Table 7에서 보면 分析地點別로는 浸出水에서 重金屬 含量이 가장 높게 나타났는데 이는 3000坪에 달하는 鑛尾堆積場에서 有害金屬이 容出되어 浸出水로 容脫되었기 때문이라 생각되며, 時期別로는 Cd를 除外하고 6, 11월에서

는 모든 重金屬이 비슷한 傾向을 보였으나, 8월에는 重金屬의 含量이 높게 나타났는데 이는 장마와 集中豪雨로 댐내에 散在해 있는 鑛尾가 加水分解와 風化作用을 받아서 鑛尾속의 有害金屬을 많이 溶出했기 때문이라 생각되어진다.

鑛尾堆積場에 고인물의 pH는 3.40으로써 모든 植物이 자라기 어려운 液性을 나타내었고, 浸出水의 pH는 3.20으로써 댐내 고인물과 비슷하였다. 禹谷약수터의 pH는 6.8로써 거의 中性을 나타내었고 기타 有害成分은 檢出되지 않았으나 Fe와 Mn이 飲用水 基準을 超過하였으며 이는 鑛尾堆積場에서 流出되고있는 것으로 보아 주위 農耕地의 主 汚染源으로 생각되어진다.

다른 重金屬에 비해 Mn과 Fe는 浸出水에 많이 含有하였는데 이는 Mn은 水溶性이 높기 때문이고, Fe는 全體含量이 높기 때문이라고 思料된다.

摘 要

廢鑛山 周邊의 土壤 및 植物體에 存在하는 重金屬과 그들의 土壤에서의 存在形態에 따른 分布를 調査하였다.

土壤 中 重金屬 含量은 Mn을 除外하고 A土壤에서 제일 많았고, Mn은 B土壤에서 含量이

Table 7. The content of heavy metals in the water

unit:ppm

Element Time Area	pH	Cd	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	As	
I	6	3.40	0.10±0.1	0.14±0.1	0.37±0.1	1.30±0.2	0.88±0.2	1.48±0.2	0.20±0.1
	8	3.30	0.08±0.1	0.27±0.1	0.63±0.2	6.90±0.3	3.00±0.2	4.29±0.2	0.77±0.1
	11	3.50	0.12±0.1	0.15±0.1	0.38±0.1	1.30±0.2	0.89±0.2	2.88±0.2	0.42±0.1
II	6	3.20	0.18±0.1	0.76±0.2	0.36±0.1	10.71±0.4	77.07±2.8	2.29±0.2	0.60±0.1
	8	3.10	0.28±0.1	3.28±0.3	0.52±0.2	30.00±1.2	143.25±4.3	27.84±4.3	1.08±0.1
	11	3.30	0.08±0.1	0.88±0.2	0.33±0.1	10.73±0.4	78.02±2.9	2.30±0.2	0.83±0.1
III	6	6.80	ND	0.01±0.1	ND	0.26±0.1	0.89±0.2	0.20±0.1	ND
	8	5.70	ND	0.08±0.1	0.09±0.1	0.38±0.1	1.23±0.2	0.48±0.1	0.11±0.1
	11	6.40	ND	0.04±0.1	0.04±0.1	0.23±0.1	0.92±0.2	0.32±0.1	0.08±0.1
IV	6	6.10	0.03±0.1	0.01±0.1	ND	0.11±0.1	0.42±0.2	0.12±0.1	0.24±0.1
	8	5.80	0.05±0.1	0.08±0.1	0.03±0.1	0.24±0.1	0.73±0.2	0.53±0.2	0.42±0.1
	11	6.20	0.04±0.1	0.05±0.1	0.02±0.1	0.13±0.1	0.45±0.1	0.15±0.1	0.13±0.1
V	6	6.20	ND	0.08±0.1	0.08±0.1	0.73±0.2	0.28±0.1	0.23±0.1	0.05±0.1
	8	6.10	ND	0.10±0.1	0.23±0.1	2.53±0.4	1.52±0.3	0.75±0.2	0.13±0.1
	11	6.10	ND	0.06±0.1	0.10±0.1	0.82±0.2	0.43±0.1	0.41±0.1	0.08±0.1

I : dam-water II : extracted water III : spring water IV : Changpung bridge inflow-water
V : Changpung pond ± : standard deviation

제일 높았다. 存在形態에 따른 각 重金屬의 含量은 각 元素別로 차이가 있었는데, 즉 Cd와 As는 有機態, Cu와 Pb 및 Mn은 Carbonate態, Fe와 Zn은 殘渣態가 다른 形態보다 더 높게 나타났다.

참억새와 꿀풀은 각각 75%와 15% 程度로 棲息하고 있었으며, 이는 이들 植物들이 重金屬에 대해 耐性을 가지고 있음을 보여주었다. 참억새와 꿀풀에 分布되어 있는 重金屬은 Mn을 제외하고 줄기보다는 뿌리에 더 많이 含有되어 있었다. 참억새의 경우 Zn은 줄기와 뿌리에 비슷하게 分布하는 것으로 나타났다.

周邊 用水의 分析 結果 浸出水에서 重金屬 含量이 높게 나타났으며, Fe와 Mn 및 Zn이 많이 檢出되었다.

參 考 文 獻

1. 박영규, 이철희, 박갑성: 휴, 폐광대책을 위한 조사연구보고서(1988)
2. 이항교, 신현수: 폐광산 지역 주변의 중금속 오염도 실태조사보고 경상북도 보건환경연구소보 p. 45-54(1989)
3. 정병걸 외 5인: 잡초를 이용한 중금속 오염지 환경개선, 경상북도 보건환경연구소보 제3권 p. 185-191(1990)
4. Sequential extraction of soil heavy metals following a sludge application. J. Environ. Qual. 13:33-38(1984)
5. 이민효, 임수길, 김복영: 토양중 비소의 행동과 수도의 비소흡수 위한 피해생리, 생태에 관한 연구, Korean J. Environ, Agric. 5: 35-41(1986)
6. 김복영, 김규식, 조재현: 토양중 카드뮴 제거를 위한 식물의 재배이용 연구 한국토비학회지 22(2):111-115(1987)
7. 차종환, 김병우: 환경오염 방지를 위한 식물생태학적인 연구(IV) Cd 처리 토양에 위한 여러식물의 생장반응, Korean, J. Botany 18(1), 23-30.
8. Emmerich W. E., Lund L. J., Page A. 1. and Chang A. C.: Soil phase forms of heavy met-

- als in sewage sludge treated soil, *J. Environ. Qual* 11:178-182(1982)
9. Gould M. S. and Genetelli E. I.: Heavy metal complexation behavior in an aerobically digested sludges. *Water Res.* 12:505-510 (1978)
 10. Hickey M. G. and Kittrick J. A.: Chemical partitioning of Cd, Cu, Ni and Zn in soils and sediments containing high levels of heavy metals. *J. Environ. Qual.* 13:372 (1984)
 11. 최정, 김정재, 신영오: 토양학 실험서, 형설 출판사
 12. McLaren R. G. and Crawford D. V.: Studies on soil copper. I. The fractions of Copper in soils. *J. soil sci.* 24:172-177(1973)
 13. Miller W, P and McFee W, W: Distribution of Cadmium, Zin Copper, and Lead in soil of industrial northwestern. Indiana. *J. Environ. Qual.* 12:29-34(1983)
 14. Schalscha E, B et al : Chemical fractionation of heavy metals in waste water affected soils. *J water poll control Fed* 54:75-180 (1982)
 15. Silveira D. J. and Sommeres L. E. : Extratability of Copper, Zinc, Cadmium and Lead in soils incubated with sewage *J. Environ. Qual.* 6:47-52.
 16. Soon Y. K. and Bates T. E.: Chemical pools of Cd, Ni and Zn in polluted soils and some preliminary indications of their availability to plant. *J. soil sci.* 33:477-482(1982)
 17. Stover R. C., Sommers L. E. and Silveira D. J.: Evaluation of metals in wastewater sludge. *J. Water Pollut. control Fed.* 48:2165-2170(1976)
 18. Street L. J., Sabey R. R. and Lindsay W. L.: Influence of pH, phosphorus, Cd in sewage sludge and incubation time on the solubility and plant uptake of Cd. *J. Environ Qual.* 7 (2):286-291(1978)
 19. 김복진 : 수도의 중금속 흡수 경감에 대한 몇가지 개량제의 효과. *Korean J. Environ. Agric.* 6(1)(1987)
 20. Chaney R. L. and Glordono P. M.: Micro-elements as related plant deficiencies and toxicities p. 234-279, In L. F. Elliott and F. J. Stevenson(ed) soils for management of organic wasters and waste. *Soil Sci. Soc. Am Madison wis*(1976)
 21. Khalid R. A., Gambrell R. P. and Patrick W. H. : Chemical availability of Cd in Mississippi River sediment. *J. Environ Qual.* 10:523-528(1981)