

# 우리나라 토양의 중금속 오염과 대책

서울대학교 농화학과 류 순 호, 한 광 현

## I. 서 론 (우리나라 토양의 특성과 중금속 오염)

오염된 토양이란 인간의 활동에 의하여 만들어 지는 여러 가지 물질들이 토양에 유입, 축적되어 토양의 조성이 변화되고 이를 이용하는 동·식물의 생육 및 인간의 생활에 위해를 유발하는 등 자연상태로서의 기대되는 수준을 초과해서 비정상적으로 악화된 토양을 말한다.

토양오염의 원인물질로는 유기물, 무기물, 중금속, 농약 등이 있지만, 이들 물질 중 유기물질들은 토양에 존재하는 미생물에 의해 분해되고 무기염류는 식물에 의해 흡수되거나 강우에 의하여 용탈, 유실되어 감소되나, 중금속류는 일단 토양에 유입되면 동식물에 독성을 나타내고 분해되지 않기 때문에 인위적으로 제거하지 않는 한 거의 영구적으로 잔존하게 됨으로써 그 오염의 심각성이 다른 오염물질들에 비해 매우 크다. 이렇게 토양에 유입되는 중금속류에는 주로 카드뮴(Cd), 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 크롬(Cr) 및 중금속은 아니지만 비소(As)를 포함하여 연구되고 있다.

또한 토양에 존재하는 중금속은 축적된 양상, 주변의 수질환경 및 동식물에 이행되는 정도 및 오염된 토양을 교정하는 방법에 이르기까지 그 토양의 모재, 물리화학적 성질 및 광물학적 조성에 따라 영향을 받게 된다.

우리나라의 토양은 산악이 많은 지형적 조건과 조립질이고 산성인 모재의 영향 및 하절기에 다량의 강우가 집중되는 몬순기후의 영향으로 토심이 얇고, 미세한 점토함량이 낮으며, 산성인 특성을 나타낸다. 또한 습윤온난한 기후가 유기물의 분해를 촉진함으로써 유기물함량이 낮다. 이러한 점토함량과 유기물함량이 낮은 토양은 낮은 양이온치환용량(Cation Exchange Capacity, CEC)와 토양완충능

(buffer capacity)과 관계됨으로써 원활한 작물의 생육을 위해서는 N, P 비료의 시용의 필수적이다. 따라서 토양에 유입되는 물질에 대한 보유력(retention capacity)이 낮은 특성으로 인해 우리나라의 토양은 과도한 영농자재 투입에 의한 환경오염이나 중금속과 같은 유해한 물질에 대하여 취약한 성질을 가지고 있으며, 주변 환경이나 동식물에 그 유해성을 전가시킬 가능성이 큰 것으로 볼 수 있다.

## II. 우리나라 토양의 자연함량

암석의 풍화산물인 토양은 각종 원소들을 미량 함유하고 있으며 이를 천연부존량 또는 자연함유량이라고 하며, 자연함유량 정도로 검출된 중금속은 문제가 되지 않는다. 즉, 검출된 토양의 중금속 함량이 자연함유량보다 많을 경우에 오염되었다고 판단할 수 있다.

비오염지역 토양의 자연함유량은 Table-1, 2와 같다.

Table-1. Mean background values(mg/Kg) of heavy metals in rice paddy soils and forest soils

Source	Year	No. of samples	As	Cd	Cu	Pb	Zn
ASI*	1980-1981	407	0.56	0.13	4.15	4.67	3.95
NIER**	1987-1988	330	0.56	0.14	4.00	5.38	4.36
Kim et al. (1995)***	1992-1993	240	-	0.01	1.98	5.52	4.08

\* ASI : Agricultural Science Institute, 1989

\*\*NIER: National Institute of Environmental Research, 1989

\*\*\*Undisturbed cultivated forest soil samples

Table-2. Mean background values(mg/Kg) of heavy metals in cultivated upland soils

Crop	No. of Samples	As	Cd	Cu	Hg	Pb
Barley	108	0.62	0.16	4.00	0.09	5.49
Soybean	56	0.26	0.15	2.05	0.09	2.23
Maize	51	0.43	0.16	2.15	0.09	3.34
Av.	215	0.49	0.16	3.06	0.09	4.16

(Source: ASI, 1989)

논토양은 작물의 재배를 위하여 많은 양의 관개수를 필요로하고 관개수에 포함된 유해물질이 토양에 집적될 가능성이 있다. NIER과 ASI가 분석한 논토양의 중금속 자연함유량은 큰 차이가 없었으며, 산림토양에 비하여 논토양의 Pb, Zn 함량은 큰 차이가 없었으나, Cd, Cu 함량이 높은 것으로 나타났다.

밭토양의 경우는 논토양에 비해 적은 관개수를 필요로 하지만 과수재배 등에서도 같이 과도한 영농자재의 투입에 의해 중금속의 유입가능성이 있으며, 침투수에 의한 용탈이 적고, 환원상태인 논토양에 비해 중금속들이 식물체로 이행될 가능성이 더 높다. 그러므로 같은 모재에서 형성된 같은 지역의 논토양과 밭토양일지라도 서로 다른 자연함유량을 보일 수 있다. 즉, 밭토양의 Cd 자연함량은 논토양에 비하여 높은 수치를 보였으며, Cu, Pb의 경우는 큰 차이가 없었다.

논, 밭토양에서 재배된 작물의 중금속 자연함유량은 Cd, As의 경우 큰 차이가 없었으나 Cu, Pb의 경우 밭작물에서 높은 수치를 나타내었으며, 다음 Table-3, 4와 같다.

Table-3. Mean heavy metal concentration(mg/Kg) in brown rice from uncontaminated soils

	Year	No. of Samples	As	Cd	Cu	Pb	Zn
ASI (1989)	1980-1981	407	-	0.05	3.31	0.44	20.05
NIER (1989)	1987-1988	50	0.09	0.06	2.31	0.43	16.56

Table-4. Mean background values(mg/Kg) of heavy metals in crops from cultivated upland soils

Crop	No. of Samples	As	Cd	Cu	Hg	Pb
Barley	108	0.115	0.050	4.49	0.044	0.54
Soybean	56	0.044	0.098	7.47	0.051	0.99
Maize	51	0.081	0.050	10.04	0.053	1.03
Av.	215	0.080	0.066	7.47	0.049	0.85

과수토양은 오랫동안  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{PbAsO}_3$ , Bordeaux Mixture와 같은 중금속이 함유된 농업화학물질들을 사용하여 왔기 때문에 자유함유량을 결정하기가 매우 어렵다. 과수토양의 중금속함량은 Table-5와 같고, 산림토양과 비교하면 Cd, Cu, Pb 함량이 매우 높음을 알 수 있다. 그리고 Table-6은 재배된 사과나무의 수령이 많을수록 토양에 집적된 Cu의 함량이 높음을 나타내고 있다.

Table-5. Heavy metal concentrations(mg/Kg) in 58 apple orchard soils

	Cd	Cu	Pb
Max.	1.77	214.73	107.32
Min.	0.04	0.20	1.77
Av.	0.34	53.88	18.53

(Source: Kim et al., 1989)

Table-6. Changes in Cu content(mg/Kg)in orchard soils with the age of trees

Age of Trees	Chungju	Yesan	Taegu
<5	2.1	2.4	-
6-10	6.9	20.5	15.5
11-15	14.1	39.4	37.6
16-20	52.3	61.8	63.8
21-30	99.7	97.6	105.8
50-60	136.1	171.3	134.6

### Ⅲ. 토양의 중금속 오염 기준 및 분석

과거에는 중금속 및 유해물질의 오염이 우려되는 지역의 재배를 제한하는 기준이 쌀의 경우 현미 중 Cd 농도가 1 mg/Kg을 초과하는 경우, 그리고 Cu는 0.1 M HCl로, As는 1 M HCl로 추출되는 토양 중 농도가 각각 125 mg/Kg 15 mg/Kg을 초과하는 경우로 한정 되었으나, 1996년 1월부터 시행된 토양환경보전법에서는 다른 중금속 및 유해한 유기물을 포함하여 보다 자세한 오염기준을 마련하였다.

Table-7. Criteria for contaminated soils(Soil Preservation Act, 1996)

Pollutant	Level for Concern		Level for Action	
	Agricultural Soils	Industrial area Soils	Agricultural Soils	Industrial area Soils
Cd	1.5	12	4	30
Cu	50	200	125	500
As	6	20	15	50
Hg	4	16	10	40
Pb	100	400	300	1000
Cr(VI)	4	12	10	30
Org. P	10	30	-	-
PCB	-	12	-	30
CN	2	120	5	300
Phenol	4	20	10	50

\* Heavy metal concentrations - 0.1 M HCl Extractable, mg/Kg

\*\* As - 1 M HCl Extractable, mg/Kg

아울러 토양 중 중금속함량을 결정함에 있어서 토양학자들은 0.1 M HCl로 침출가능한 함량을 식물이 흡수할 수 있는 양과 관련하여 선호하는 반면, 지질학자들은 전함량을 분석치로 제시하기 때문에 두 분석치를 비교하는 데 어려움이 있다.

토양시료의 중금속 분석에는 단일침출법과 연속침출법이 있으며, 단일 침출액에는 0.1 M HCl, 0.1 M HNO<sub>3</sub>, 0.001 M DTPA, 1.0 M NH<sub>4</sub>OAc, 0.1 M NH<sub>4</sub>Ox, 0.05 M EDTA의 6종이 있으며 각 단일침출액의 성질에 따라 침출되는 양 및 형태가 다르다. 연속침출법에 의한 형태별 함량 분석은 다음의 순서에 따르며 Table-8과 같다.

Table-8. Continous extaction of heavy metals

Extractant	Concentration(M)	Time(h)	Extractable form
H <sub>2</sub> O	55.5	0.5	Water soluble
KNO <sub>3</sub>	0.5	16	Exchangeable
NaOH	0.5	16	Organically bound
2Na-EDTA	0.05	16	Oxide/Carbonate
HNO <sub>3</sub>	4.0	16	Sulfide/residual

H<sub>2</sub>O → KNO<sub>3</sub> → NaOH → 2Na-EDTA → HNO<sub>3</sub>

#### IV 토양오염 현황

##### 1. 토양오염 측정망

환경부에서는 토양오염현황 및 추이를 파악하기 위하여 1987년부터 토양오염측정망을 운영하여 오고 있으며 전국을 주요하천을 기반으로 6개의 권역으로 구분하여 250여개 모니터링 지점을 갖추고 있고, 조사항목은 pH, Cd, Cu, As, Hg, Pb, Zn 으로 되어 있다. Table-9에서 보듯이 농경지토양은 자연함유량과 비슷한 수치를 보이며 전반적으로 낮은 수준이나, 금속광산, 제련소, 매립지 부근의 토양은 농경지 토양에 비하여 높은 오염도를 나타내고 있다.

Table-9. Heavy metal concentrations(mg/Kg) in the soils from the soil contamination monitoring sites

Area	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Agricultural area	0.20	1.15	6.68	0.17	2.27	6.83	11.90
Industrial complex	0.26	2.16	7.90	0.21	2.56	9.44	11.59
River side	0.20	0.92	4.56	0.16	1.63	6.48	11.34
Household waste Lf.	0.28	0.86	5.51	0.12	1.40	7.21	10.18
Industrial waste Lf.	0.29	0.97	7.06	0.17	2.28	13.54	14.58
Metal mining site	0.89	1.15	14.88	0.23	3.09	34.35	30.20
Road side	0.18	0.68	5.17	0.12	1.87	9.89	10.64
Metal smelting area	0.32	1.52	11.63	0.26	2.51	34.49	28.14

(Source: EA, 1989)

## 2. 폐수 및 하수 유입지 농토양의 중금속 함량

농토양은 작물재배를 위하여 많은 양의 관개수를 필요로 하고, 관개수에 포함된 유해물질의 양에 따라 토양에 축적되는 중금속의 양태가 달라질 수 있다. Table-10에서 보는 바와 같이 산업폐수와 생활하수가 유입되는 농토양은 일반농업용수가 관개되는 곳보다 Cr, As를 제외한 전 항목에서 높은 중금속 오염정도를 나타내고 있다.

Table-10. Heavy metal contained in rice paddy soils with various water sources (mg/kg)

Source	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr	As
Ag. Irrigation water	0.13	4.15	4.67	3.95	0.49	0.56
Industrial waste water	0.27	8.47	6.37	13.27	0.64	0.38
Municipal waste water	0.23	6.38	6.55	10.18	0.44	0.30
Coal mine waste water	0.13	4.50	2.87	3.64	0.55	0.02

(Source: Yoo, 1990)

### 3. 제련소 부근 농토양의 중금속 농도 분포

제련소 부근의 경우 제련소로부터의 거리와 토양 중 Cd, Cu, Pb, As 함량간의 상관관계가 높게 나타나고 있다. 즉, 가까운 거리에서는 중금속 함량이 매우 높고 거리가 멀어 질수록 낮아지는데 Cd의 경우 16-20 Km에서 자연함량과 유사하고, Cu, Pb, As는 20 Km에서도 자연함량보다 높은 수치를 보였다. Cu와 As는 1-2 Km 부근에서 규제농도에 육박하였다(Table-11).

Table-11. Heavy metal contained in rice paddy soils near smelters (mg/kg)

Distance from smelter	Cd	Cu	Pb	As
< 1 km	1.24	111.4	279.4	29.7
1 ~ 2 km	0.74	76.4	87.1	12.5
2 ~ 3 km	0.38	31.0	34.9	8.5
3 ~ 4 km	0.31	28.3	25.5	4.4
4 ~ 8 km	0.22	16.1	17.6	3.1
8 ~ 12 km	0.20	8.9	12.3	1.4
12 ~ 16 km	0.15	7.3	10.6	1.0
16 ~ 20 km	0.12	5.8	9.7	0.9
BG. level	0.13	4.2	4.7	4.0

(Source; Kim, 1982)

### 4. 폐광산 부근의 농토양과 현미증 중금속 함량

금속광산은 선광과정에서 금속성분을 가려내고 버려지는 광미가 다량 생성된다. 광미는 강우시 표면유출 등에 의해 농경지에 유입되거나 하천 저니토에 축적되어 중금속성분이 용해, 이동함으로써 주변 토양을 오염시킴은 물론 생산된 작물에 이동하여 위험이 가중된다.



Table-12. Heavy metal contents in soil and brown rice samples from areas around lead and zinc mines (mg/kg)

		No. of samples	Cd	Cu	Pb	Zn
Soil	796	Max.	17.90	69.93	434.21	868.14
		Min.	0.02	0.20	1.05	0.50
		Ave.	1.11	8.54	27.40	30.30
		BG.	0.13	4.15	4.67	3.95
Brown rice	679	Max.	2.82	12.15	4.65	62.10
		Min.	0.02	0.24	0.11	4.70
		Ave.	0.22	4.07	0.58	24.94
		BG.	0.05	3.31	0.44	20.55

(Source: Kim, 1980)

Table-12에서 보듯이 폐광산 주변의 농경지 토양은 자연함량에 비하여 매우 높은 농도로 Cd, Cu, Zn, Pb가 축적되어 있고, 일부 농경지는 재배제한 농도를 초과하고 있음을 알 수 있다. 거리에 따른 중금속 농도의 변화는 광미집적지에서 멀어질수록 그 농도가 감소하나 4Km 이상에서도 여전히 높은 농도를 보이고 있음을 알 수 있다(Table-13).

Table-13. Heavy metal contents in the soils near an old zinc mine (mg/kg)

Distance from mine waste(m)	Cd	Cu	Pb	Zn	As
15	11.01	0.39	15.25	136.50	2.50
400	5.64	69.86	159.69	116.10	1.55
1050	12.29	0.39	35.94	130.65	2.60
2000	6.83	63.63	207.50	112.80	1.10
4350	4.64	56.12	140.00	94.95	0.55
BG. level	0.14	4.00	5.38	4.36	0.56

전국의 주요 폐광산의 주변 농경지 토양 및 현미 중 중금속 농도는 다음 Table-14와 같다. 지역별로 중금속 오염정도의 차이가 있으며 경기도 시흥(현 광명시) 광산 인근이 가장 심각한 수준임을 알 수 있다.

Table-14. Cd content(mg/Kg) of brown rice and soils

Location	No. of Samples	Brown Rice			Soil(0.1 M HCl-extractable)		
		Min.	Max.	Av.	Min.	Max.	Av.
Siheung	6	0.47	1.63	0.88	4.00	14.67	7.68
Changwoen	8	0.19	1.57	0.56	0.35	2.86	1.25
Seongju	12	0.16	1.31	0.55	0.39	4.16	1.53
Uljin	9	0.12	1.13	0.43	1.06	3.61	2.16
Chilgog	10	0.04	1.11	0.31	0.21	3.21	0.79

(Source: Yoo et al., 1980)

Yoo et al.(1980)의 연구결과에 의하면 0.1 M HCl로 침출가능한 Cd 함량과 생산된 현미 중 Cd 함량간의 상관관계를 이용하여 다음 Table-15와 같은 현미 중 Cd 함량을 유추할 수 있다고 알려져 있다. 즉, 0.1 M HCl로 침출가능한 토양 중 Cd의 양이 5 mg/Kg 이면 생산된 현미의 Cd 함량이 1 mg/Kg을 초과할 확률은 40%인 반면, 일본 식량청 수거대상인 0.4 mg/Kg을 초과할 가능성은 100%로 파악하고 있다.

Table-15. Probability(%) of occurrences in excess of 1 ppm and 0.4 ppm of Cd content in brown rice with respect to 0.1 M HCl extractable Cd content in soil

Probability of Occurrence (%)	0.1 M HCl extractable Cd in soil (ppm)			
	Below 1	1 - 2	2 - 5	5 - 15
More than 1 ppm of Cd in brown rice	5	9	36	40
More than 0.4 ppm of Cd in brown rice	22	45	82	100

(Source: Yoo et al., 1980)

## V. 중금속 오염 토양에 대한 대책(사례연구, 광명시 가학광산)

경기도 광명시 소재 가학광산은 1973년경 폐광된 아연광산으로 주변 토양이 중금속으로 심하게 오염된 곳으로 연구대상 면적은 877,000 m<sup>2</sup>에 달한다. 연구지역의 토양의 80% 정도가 배수가 불량한 양토나 사질양토로 구성되어 있으며 주변에 두 하천(가학천과 목감천)이 흐르고 있다(Kwangmyong City, 1994)

야적된 광미와 하천 저니토의 중금속 함량은 다음 Table-16과 같다.

Table-16. 0.1 M HCl extractable heavy metal concentration(mg/Kg) of mine wastes and stream sediments.

Sample	As	Cd	Cu	Pb	Zn
Minewastes					
0-15 cm	0.75	10.8	7.39	10.6	130.8
15-30 cm	1.90	9.92	4.28	5.0	125.1
Stream sediment	-	6.28	8.39	65.6	134.8

각 중금속의 분포면적은 다음과 같다.

Table-17. Distribution of Heavy metal concentration around Gahack zinc mine

### A) Cu

	Conc.(mg/Kg)	Area(m <sup>2</sup> )	Portion(%)
Exceeding cultivation restriction level	>125	40,353	4.6
Exceeding 40% of growth inhibition level	50-125	546,525	62.3
Below 40% of growth inhibition level	<50	290,369	33.1
Sum	-	877,247	100

B) Zn

	Conc.(mg/Kg)	Area(m <sup>2</sup> )	Portion(%)
Exceeding cultivation restriction level	150-500	17,545	2.0
Exceeding 40% of growth inhibition level	60-150	663,190	75.6
Below 40% of growth inhibition level	<60	196,503	22.4
Sum		877,247	100

C) Pb

	Conc.(mg/Kg)	Area(m <sup>2</sup> )	Portion(%)
Exceeding cultivation restriction level	400-500	20,072	3.2
Exceeding 40% of growth inhibition level	160-400	205,276	23.4
Below 40% of growth inhibition level	<160	643,899	72.4
Sum	-	877,247	100

D) Cd

	Conc.(mg/Kg)	Area(m <sup>2</sup> )	Portion(%)
Exceeding cultivation restriction level	>25	0	0
Exceeding 40% of growth inhibition level	10-25	19,628	2.2
Below 40% of growth inhibition level	<10	857,619	97.8
Sum	-	877,247	100
Brown rice contamination risk			
High	>5	398,733	45.4
Low	2-5	239,257	27.3
None	<2	239,257	27.3
Sum	-	877,247	100

가학광산 주변의 토양의 중금속 오염도를 저감시키기 위해 여러 방안이 검토되었다. 오염된 토양을 제거하는 것은 또다른 지역의 오염을 유발할 수 있으므로 부적합하고, 경지정리에 의한 방법은 농업진흥지역이 아닌 관계로 사업비조달의 문제가 있어서 곤란하였다. 또한 토양 중 유해 중금속의 불활성화 방안은 토양의 작토층에 존재하는 유해 중금속의 용해도를 떨어뜨리는데 불과하며 영구적으로 작

토층으로부터 중금속을 제거하는 것이 아니므로 본질적인 개량책은 되지 못한다. 따라서, 농경지 개량방안으로 오염되지 않은 토양으로 객토하는 방법을 채택하여 현미 중 Cd 함량 0.4 mg/Kg을 초과할 가능성이 높은 지역(토양농도 5 mg/Kg)을 대상지로 선정하고 최소 20cm 이상 두께로 객토하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

$$\text{객토량} : 397,733 \text{ m}^2 \times 0.20 \text{ m} = 79,747 \text{ m}^3$$

또한 Cd 함량 0.4 mg/Kg 초과 가능성이 낮은 지역을 대상으로 토양 중 유해 중금속 불활성화 방안으로 석회, 규산질 비료, 용성인비 등을 사용하여 중금속의 용해도를 낮추어 작물이행을 경감시키는 것이 바람직하다.

$$\text{석회사용량: 석회사용기준 } 2.5 \text{ M/T(ha 당)} \times 239,257 \text{ m}^3(23.93 \text{ ha}) = 59.81 \text{ M/T}$$

광산 주변에서 농경지 오염을 방지하기 위한 한 방안은 하천의 저니토를 준설해 내고, 야적되 광미사를 제거하는 것이다. 이 방법은 오염원을 제거하는 확실한 방법이지만

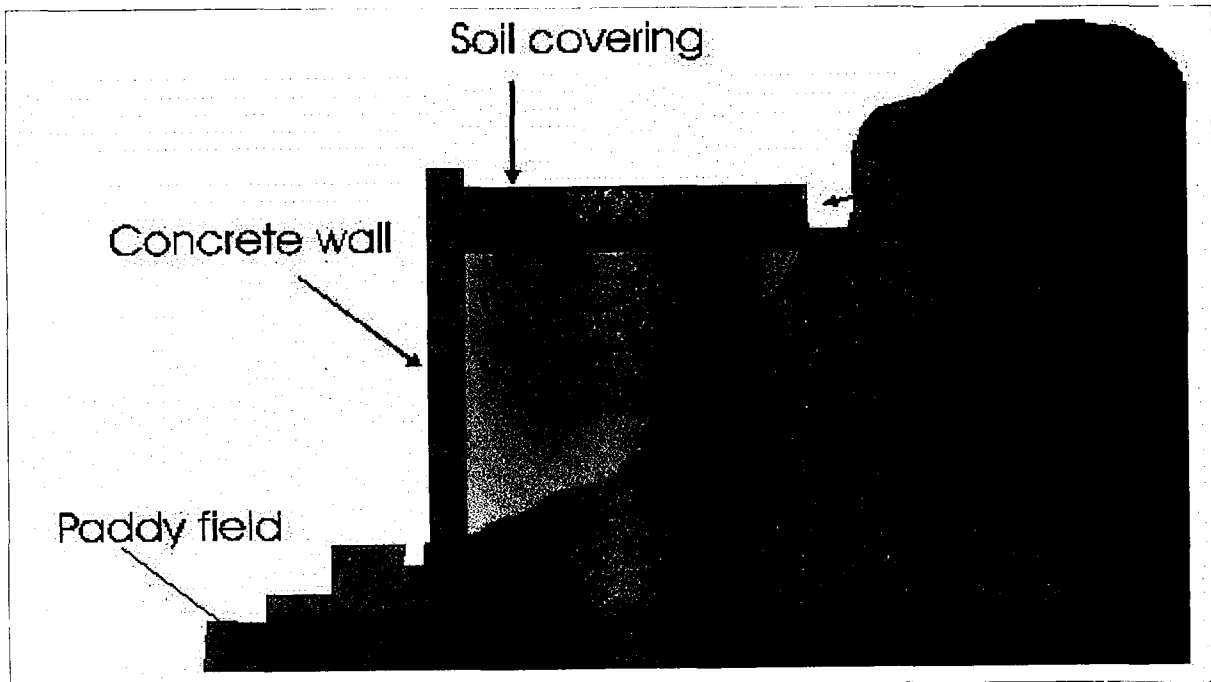
- 많은 물량을 운송하기 위하여 막대한 경비가 소요되며
  - 광미사는 유해한 중금속을 함유하고 있는 폐기물이라는 점과
  - 새로운 장소를 오염시키는 결과가 되며
  - 매립할 경우에는 새로운 부지를 확보하기가 곤란하다는 문제점을 가지고 있다.
- 그러므로 광미사를 현 위치에서 처리하는 경우 주변 농경지와 수질오염을 극소화하는 방법이 모색되어 져야 한다. 그리고 현 위치에서 처리할 때는 다음의 사항이 고려되어져야 한다.

- ① 광미사는 토야과 같은 입단구조를 형성할 수 없어 물에 대한 침식성이 높다.
- ② 광미사로부터 유해 금속이온이 지속적으로 용출된다.
- ③ 산성비가 내리거나 산성물질이 광미사에 가해질 때 용출량이 증가한다.
- ④ 광미사는 CEC가 낮아서 용출되는 유해중금속을 효율적으로 흡착할 수 없다.
- ⑤ 용출된 중금속은 하부로 용탈되어 지하수를 오염시킬 가능성이 높다.
- ⑥ 광미사의 침식 혹은 오염된 용출수의 농경지 유입을 방지하기 위하여 옹벽을

설치할 경우에는 만약의 경우에 대비하여 침사구를 설치하는 것도 고려되어야 한다.

이상의 조건들을 감안하여 현 위치에서 광미사를 처리할 수 있는 방안을 나타낸 개략도는 다음 Figure-1과 같다.

Figure-1. diagram for a possible treatment of mine wastes in situ.



## VI. 요약

우리나라의 토양은 지형적인 요인과 토양모재 및 기후적인 조건에 의해 토양에 유입되는 유해물질에 대한 보유력이 낮은 특성으로 인해 외부에서 유입되는 유해 중금속에 대하여 취약한 특성을 가지고 있다. 우리나라 토양의 중금속 자연 함유량은 논토양의 경우 Cd 0.13, Cu 4.15, Pb 4.17, Zn 3.95 mg/Kg의 수준이며 밭토양은 Cd 함량이 논토양보다 높은 수치를 보인다. 과수토양은 과거에 중금속이 함유된 영농자재가 투입된 결과로 자연함량을 결정하기 힘들며 매우 높은 중금속 농도를 보인다. 그리고 현재 토양환경보전법이 시행되어 중금속류 및 유해유기물에 대한 오염기준을 제시하고 있다.

토양의 중금속 오염현황은 환경부의 토양오염측정망에서 금속광산, 제련소, 매립지 부근에서 높은 농도를 나타내고 있으며, 산업폐수 및 생활하수가 관개수로 유입되는 논토양에서 중금속 오염이 우려되고 있다. 제련소 및 금속광산 부근의 토양은 거리에 따라 중금속 농도가 감소하는 경향을 보이고 있으나 인접지역에서는 규제농도에 육박하거나 초과하고 있다. 또한 폐광산 부근에서 생산된 현미 역시 전반적으로 작물재배제한 기준을 초과하지는 않으나 상당 지역이 이 기준을 초과하고 있으며 0.1 M HCl로 침출가능한 Cd 함량과 상관관계를 보인다. 이 상관관계에 의하면 0.1 M HCl로 침출가능한 토양 중 Cd의 양이 5 mg/Kg 이면 생산된 현미의 Cd 함량이 1 mg/Kg을 초과할 확률은 40%인 반면, 일본 식량청 수거대상인 0.4 mg/Kg을 초과할 가능성은 100%로 파악된다.

광명시 가학광산 인근 지역을 대상으로 한 중금속 오염에 대한 대책연구에서는 현미 중 Cd 함량이 0.4 mg/Kg을 초과할 가능성이 높은 지역(토양 농도 5 mg/Kg)은 최소 20 cm 이상 두께로 객토를 하고, 현미 중 Cd 함량이 0.4 mg/Kg을 초과할 가능성이 낮은 지역은 석회, 규산질 비료, 용성인비, 등을 사용하여 중금속의 용해도를 낮추어 작물이행을 경시키는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 그리고 광미사를 현위치에서 처리하는 방안이 제시되었다.

## VI. 참고 문헌

- Agricultural Science Institue, 1983, An Outline of Korean Soils, 10-39, RDA, Suwon Koea
- Agricultural Science Institue, 1989, Research Report of the Rural Development Administration, 89-91, Suwon Korea
- Agricultural Science Institue, 1990, Research Report of the Rural Development Administration, 28-30, Suwon Korea
- Environment Administration, 1986 A guide line for operating soil conservation network, EA., Seoul Korea
- Environment Administration, 1987, A survey for cleaning of the contaminated stream and rivers in Korea, EA., Seoul Korea
- Environment Administration, 1989, Korea Enviornmental Year Book, EA., Seoul Korea
- Institute of Agricultural Sciences and Development, 1994, Studies for prevention of the soils in the areas around an old zinc mine in Kwangmyong City from heavy metal contamination, 33-234, Institute of Agricultural Sciences and Development, SNU, Suwon Korea
- Kim B Y 1993 Status of soil contamination in Korea and methods for soil improvement, In Proceeding of a symposium on soil management for sustainable agriculture, Chungnam National University, Taejon, Oct.15, 1993.
- Ed. K H Han, 68-98, Korean Soc. of Soil Sci. and Fertilizer, Suwon, Korea



Kim D H, Lim S K and Kwon O K, 1989, Studies on the correlation between heavy metal concentrations of apple orchard lands and its leaves, Kor. J. Environ. Agric., 8, 1-6

Kim K H, Yun J Y and Yoo S H, 1995, Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean soils, J of Korean Soc. of Soil Sci. and Fertilizer, 28, 33-40

Kwangmyong City, 1994, Final Report for the project 'Counteracts for prevention of soil contamination', Kwangmyong City, Korea

Rural Development Administration, 1989, A comprehensive report of a 10 year project-Improvement of Korean soils, 255-286, RDA, Suwon Korea

Yoo S H and Lee C Y, 1980, Occurrence of Cd and Zn in paddy soils near zinc-mining sites and their uptake by rice, 255-266, A collection of the papers by the members of the National Academy of Sciences, NAS, Seoul Korea