

## 익산 제 2공단 토양의 중금속 함량 분포 조사

김성조 · 백승화<sup>1)</sup> · 문광현 · 장광호 · 김수진 · 이승현  
원광대학교 생명자원과학대학 농화학과, <sup>1)</sup>충청북도립옥천대학 식품공학과

### Distribution of Heavy metals in Soil at Iksan 2nd Industrial Complex Area

Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek, Kwang-Hyun Moon, Kwang-Ho Jang and Su-Jin Kim (Department of Agricultural Chemistry, College of Life Engineering, Wonkwang University, Iksan, Chonbuk, 570-749, Korea, <sup>1)</sup>Department of Food Science and Technology, Chungbuk Provincial Okchon College, Okchon 373-800, Korea)

**ABSTRACT** : Abstract : The purpose of this study was to compare heavy metal concentrations in uncontaminated soil with those in soil influenced by industrial activities, and to investigate the relationship between change of heavy metal content and the kind of industry at the Iksan 2nd Industrial Complex that has started since 1995. Soils sampled in 0-3 cm and 3-6 cm soil depth, respectively were analyzed for content of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn. The content of Cd in soil layer of 0 to 3 cm was 0.07-4.37ppm range, average concentration was 0.516ppm and 3-6 cm was 0.07-8.52ppm range, average concentration was 0.380ppm. Area of the chemicals, dyes and metal products manufacturing were higher than the other manufacturing area in Industrial Complex. The content of Cu in soil layer of 0 to 3 cm was 0.61-42.62ppm range, average concentration was 11.087ppm and 3-6 cm was 0.16-35.45ppm range, average concentration was 7.578ppm. Area of the metal products manufacturing were higher than the other manufacturing area in Industrial Complex. The content of Ni in soil layer of 0 to 3 cm was 0.19-15.93ppm range, average concentration was 5.525ppm and 3-6 cm was 0.39-15.59ppm range, average concentration was 5.310ppm. Area of the metal and chemical products manufacturing were higher than the other manufacturing area in Industrial Complex. The content of Pb in soil layer of 0 to 3 cm was 3.10-55.75ppm range, average concentration was 23.543ppm and 3-6 cm was 3.35-46.55ppm range, average concentration was 19.198ppm. Area of the chemicals and metal products manufacturing were higher than the other manufacturing area in Industrial Complex. The content of Zn in soil layer of 0 to 3 cm was 26.50-943.00ppm range, average concentration was 158.329ppm and 3-6 cm was 35.45-882.45ppm range, average concentration was 127.914ppm. Area of the chemicals and metal products manufacturing were higher than the other manufacturing area in Industrial Complex.

As the result, this study was to compare Cd, Cu, Ni, Pb, Zn average concentration in uncontaminated soil of world with those in soil, that Cu, Ni were uncontaminated concentration level, Cd was somewhat higher compare with the concentration level of world, Pb and Zn were very higher. Soil contaminated degree of Iksan 2nd Industrial Complex was known a difference by type of industrial activities(chemical, dyes and metal of products)

Key word : Iksan 2nd Industrial Complex, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, distribution of heavy metal, Soil depth(0-3, 3-6 cm)

### 서 론

최근 산업화에 따른 공단조성이 날로 확대되어 가고 있다. 자연상태의 대지에 공단이 조성되면 자연이 공단내와 주변의 환경에 많은 변화를 가져오게 된다. 공단에서 배출되는 가스 또는 폐수 등은 대기와 수질은 물론 토양 중에서도 환경오염 물질의 농도를 높이는 결과가 되고 있다<sup>1-5)</sup>. 중금속의 경우도 그 정도 차이는 있지만 공단에서의 산

업활동이 계속되면 이들 물질의 농도가 증가될 우려가 있고, 산업의 형태, 공단활동기간 그리고 지역오염원으로부터의 거리에 의해서도 그 농도가 달라지게 된다<sup>6-9)</sup>. 특히 분진 및 매연에 의한 토양 중 중금속 함량 변화는 주로 토양 표면에 집적되고, 이러한 중금속들은 유기물이나 무기염류와는 달리 쉽사리 자연조건에 의해서는 제거되지 않은 채 토양에 흡착, 축적되며, 토양 중에서 일어나는 모든 반응에 관여하게 된다<sup>10-16)</sup>. 이들 중금속의 특성 또한 이동성이 작

아 0 내지 수 cm의 토양 깊이에 축적되는 경향이 있다.

이와 같은 현상은 우리 나라에서도 일어나고 있어서 1985년 온산공단과 1994년 여천공단 내 토양 중 여러 오염 물질의 농도가 심각한 수준에 이른 것으로 보고된 바 있다<sup>22)</sup>. 공단 내 토양 중의 중금속 함량이 높아지는 원인은 산업활동에 따른 분진 또는 에너지로 사용되는 연료의 연소 시 매연 등에 의한 축적으로 알려져 있다.

본 연구는 공단이 조성되어 산업활동을 하고 있는 지역의 토양 중 중금속 함량 변화를 구명하여 지속적인 산업활동과 산업형태에 의해 발생될 수 있는 공단 내 토양 중 중금속동태의 지표자료를 얻기 위하여, 1995년에 조성된 이후 산업활동이 시작된 익산 제2공단<sup>23)</sup>내 토양 중 중금속함량을 비오염지 자연토양 중의 함량과 비교하고 각 공장의 원료가공을 통하여 생산품목별에 따른 토양 중 중금속 함량 변화를 표층토(0~3 및 3~6 cm) 토양층을 중심으로 조사 분석한 결과이다.

## 재료 및 방법

### 시료의 채취

시료의 채취는 전라북도 익산 제2공단지역 내 도로변 81 지역을 임의로 선정하여 토양을 0~3 cm와 3~6cm 깊이로 156점의 시료를 1996년 8월 7일~8월 13일 일주일에 걸쳐 채취하였다. 시료 채취지점은 그림 1과 같다.

### 시료의 분석<sup>24)</sup>

채취된 토양시료를 음건 후 2mm체에 통과시킨 것을 분석시료로 사용하여, 4M-HNO<sub>3</sub>으로 70℃에서 24시간 환류추출 후 정용한 여액을 AAS(Model spectrAA 300, Varian, Australia)로 Cd, Cu, Pb, Ni, Zn을 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 공단 내 토양 중 중금속 물질의 분포

익산 제2공단 내 중금속별 함유량을 분포범위, 중앙치, 평균치와 Lindsay<sup>25)</sup>가 보고한 비오염지 토양 분포범위와 Angelone 등<sup>26)</sup>이 조사한 세계와 미국의 비오염지 중금속 평

Table 1. Concentrations of total heavy metals extracted with 4M-HNO<sub>3</sub> in soil from Iksan 2nd Industrial Complex Area

Heavy metals	Iksan Industrial Complex			Uncontaminated			
	Range	Median	Average	Range <sup>a</sup>	World <sup>b</sup>	U.S.A <sup>b</sup>	Korea <sup>c</sup>
----- Soil depth, 0~3cm -----							
Cd	0.06~4.52	0.35	0.52	0.01~0.7	0.3	0.5	0.13
Cu	0.61~42.62	6.46	11.09	2.00~100.0	20.0	25.0	4.52
Ni	0.19~15.93	4.50	5.53	5.00~5000.0	40.0	20.0	
Pb	3.10~55.75	20.45	23.54	2.00~200.0	10.0	20.0	4.62
Zn	26.50~943.00	105.71	158.33	10.00~300.0	50.0	54.0	3.90
----- Soil depth, 3~6cm -----							
Cd	0.05~8.52	0.38	0.58				
Cu	0.16~35.45	2.13	7.58				
Ni	0.39~15.99	4.39	5.31				
Pb	3.35~46.55	17.78	19.20				
Zn	35.45~882.45	102.53	127.91				

<sup>a</sup>Data from Lindsay, 1979

<sup>b</sup>Data from Angelone and Bini, 1992

<sup>c</sup>Journal of Korean Society of Soil science and Fertilizer, 1995. Vol. 28. No. 4, p.295~306

균 함량을 비교한 결과는 표 1과 같다.

공단 내 토양 중의 중금속 평균함량은 세계토양 중 평균치에 비하여 Cd는 1.73~1.93, Pb는 1.92~2.35, Zn은 2.56~3.17배 높았고, Cu는 0.38~0.55, Ni은 0.13~0.14배로 아주 낮았다. 중앙치로 비교한 경우 Cd는 1.17~1.27배, Cu는 6.46, 2.13ppm으로 세계토양 중 Cu 평균치 20ppm 보다 아주 낮아 공단활동에 의한 Cd 및 Cu의 토양 중 축적을 보기 어려웠고, Pb는 1.78~2.05, Zn 2.05~2.11배로 공단지역 토양이 다소 높았으며, Ni은 세계 평균치의 거의 1/9 수준이었다.

또한 이들 공단 내 토양 중 중금속 평균함량을 미국의 비오염지 중금속 평균함량과 비교할 경우 Cd, Cu 및 Ni은 각각 미국의 비오염지 토양 중 함량 평균치 0.5, 25 및 20ppm이하였고, Pb는 미국 비오염 토양평균치와 거의 같고, Zn은 미국의 비오염 토양평균치의 1.90~2.93배로 높았다. 세계 및 미국 토양 중 중금속 평균치와 비교한 결과로

볼 때 Lindsay<sup>24</sup>가 보고한 비오염지 토양 수준이었지만, 이 지역이 공단으로 된 뒤에 Pb와 Zn의 토양 중 축적현상이 어느 정도 진행되고 있음을 알 수 있었다. 또한 Cd의 경우에 있어서도 그 축적현상이 서서히 일어나고 있다는 것을 알 수 있었으며, Cu와 Ni의 토양 중 함량증가는 볼 수 없었다.

표 2 3, 4, 5 및 6은 Cd, Cu, Ni, Pb, Zn의 토양 중 분포 양상을 일정한 급간을 두어 분석하고 시료채취 토양의 0~3cm(A), 및 3~6cm(B) 깊이에서의 변화를 비교한 것이다.

표 2의 Cd 분포는 토양 0~3cm 깊이에서 채취한 시료수의 81%, 토양 3~6cm에서는 72%가 0.50ppm이하의 농도 분포를 나타내고 있었고, A 토양과 B 토양 중의 분포비가 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타났다. 그러나 토양 농도가 0.51ppm이상인 경우는 B 토양 즉 3~6cm의 토양 깊이에서 높아 토양 중 Cd 의 농도에 따라 토양의 Cd 분포가 달라짐을 알 수 있었다.

Table 2. Distribution of Cd concentration according to soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

concentration interval	depth soil (cm)						A/B
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
0.01-0.10	0.07	2	0.08	5	0.076	7	0.897
0.11-0.20	0.18	11	0.16	9	0.169	20	1.089
0.21-0.30	0.26	20	0.27	8	0.263	28	0.961
0.31-0.40	0.35	16	0.36	24	0.357	40	0.980
0.41-0.50	0.45	14	0.43	9	0.440	23	1.045
0.51-0.60	0.54	5	0.55	11	0.544	16	0.983
0.61-0.80	0.71	4	0.72	4	0.711	8	0.983
0.81-1.00	-	0	0.85	2	0.850	2	-
1.01-2.00	1.49	3	1.34	2	1.426	5	1.114
2.01-3.00	2.32	1	2.31	3	2.310	4	1.006
3.01-5.00	4.38	2	-	0	4.375	2	-
8.52	-	0	8.52	1	8.520	1	-
Total	0.52	78	0.58	78	0.547	156	0.890

Table 3. Distribution of Cu concentration according to soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

Concentration interval	Depth soil (cm)						A/B
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
nd	-	(54)	-	(59)	-	(113)	-
0.01-1.00	0.75	3	0.59	5	0.649	8	1.276
1.01-2.00	1.52	3	1.61	4	1.571	7	0.948
2.01-5.00	3.48	4	3.42	4	3.451	8	1.017
5.01-10.00	7.54	6	8.82	2	7.859	8	0.855
10.01-20.00	12.62	2	16.80	2	14.708	4	0.751
20.01-30.00	22.17	3	-	-	22.167	3	-
30.01-40.00	33.38	2	34.85	2	34.113	4	0.958
42.62	42.62	1	-	-	42.620	1	-
Total	11.09	78(24)	7.58	78(19)	9.536	156(43)	1.463

이는 김과 백<sup>26)</sup>의 Cd 25ppm 처리 후 부엽토를 0, 50, 100, 200g 되게 첨가한 Pot에서 이양 130일 후에 수확한 수도중 엽신의 경우 부엽토 무처리구가 6.99ppm, 50g 첨가구 3.44ppm, 100g 첨가구 2.48ppm, 200g 첨가구는 1.71ppm, 줄기의 경우 부엽토 무처리구가 9.02ppm, 50g 첨가구 4.81ppm, 100g 첨가구 2.99ppm, 200g 첨가구는 2.20ppm, 엽초의 경우 부엽토 무처리구가 20.25ppm, 50g 첨가구 8.75ppm, 100g 첨가구 6.20ppm, 200g 첨가구는 4.46ppm, 현미의 경우 부엽토 무처리구가 0.59ppm, 50g 첨가구 0.25ppm, 100g 첨가구 0.17ppm, 200g 첨가구는 0.14ppm으로 Cd흡수를 억제하였던 사실에 비추어 보아 Cd의 농도가 높으나 토양 중에 함유된 유기물 또는 점토 함량이 상대적으로 낮은 경우 Cd<sup>2+</sup>이 이들과 결합하고도 남아 이온상태 또는 이동이 쉬운 킬레이트 화합물로 되어진 결과로 추정되었다.

표 3의 Cu 분포는 0~3cm 깊이에서 채취한 시료 중의 96%가, 3~6cm에서는 97%가 30ppm 이하의 농도 분포를 나타내고 있었고, A 토양과 B 토양 중의 분포비가 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타났다. 이는 김 등<sup>27)</sup>이 토양 중 Cu함량과 유기물 및 점토와의 상관관계를

인정했던 결과에서처럼 분진 중의 Cu화합물이 표토 중의 유기물 및 점토에 흡착된 결과임을 알 수 있었다. 또한 미사질 또는 점토질 토양에서의 이동성이 거의 무시될 정도일 뿐 아니라 사질 토양에서도 이동이 대단히 적다고 하였던 결과와 유사하였다. Lundblad 등<sup>28)</sup>은 이탄토에 Cu 250kg/ha를 시용 후 5년이 지나 Cu의 이동을 살펴본 결과 단지 0.2% 수준만이 표층으로부터 5cm 이동되었다고 보고한 바와 같이 유기물과의 결합이 이동성을 감소시켰을 것이다.

표 4의 Ni 분포는 시료를 채취한 토양의 깊이에 관계없이 분석시료의 100%가 20ppm이하의 농도 분포를 나타내고 있어서 이 지역 분진 중에는 토양 중 Ni의 축적을 가져오는 원인이 없음을 추정할 수 있었다.

A 토양과 B 토양 중의 분포비에서는 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타나 표토중에서 농도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

표 5의 Pb 분포는 토양 0~3cm에서 채취한 시료의 46%, 3~6cm 깊이에서 채취한 시료의 64%가 미국 비오염 토양 중 Pb의 평균치인 20ppm이하의 농도 분포를 각각 나타내고 있고, A 토양중 Pb의 전체평균치는 23.54ppm

Table 4. Distribution of Ni concentration according to soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

Concentration interval	Depth soil (cm)						A/B
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
nd	-	1	-	0	-	(1)	-
0.01-1.00	0.42	2	0.55	2	0.485	4	0.764
1.01-2.00	1.50	5	1.42	4	1.464	9	1.063
2.01-3.00	2.59	8	2.61	9	2.602	17	0.994
3.01-4.00	3.67	11	3.56	17	3.603	28	1.030
4.01-5.00	4.44	21	4.49	15	4.460	36	0.989
5.01-6.00	5.42	9	5.41	7	5.414	16	1.002
6.01-8.00	7.20	6	6.77	12	6.913	18	1.063
8.01-10.00	8.86	5	8.79	3	8.832	8	1.008
10.01-12.50	11.13	6	11.12	6	11.127	12	1.001
12.51-15.00	14.33	2	13.95	2	14.140	4	1.027
15.01-16.00	15.52	2	15.99	1	15.673	3	0.970
	5.52	78(77)	5.31	78	5.417	156(155)	1.040

Table 5. Distribution of Pb concentration according to soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

concentration interval	depth soil (cm)						A/B
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
0.01-10.00	7.20	4	5.97	6	6.436	10	1.215
10.01-15.00	12.57	10	13.30	16	13.020	26	0.945
15.01-20.00	17.34	22	17.12	28	17.213	50	1.013
20.01-25.00	22.12	14	21.74	16	21.917	30	1.018
25.01-30.00	26.83	15	28.03	4	27.086	19	0.957
30.01-40.00	32.10	1	35.19	5	34.673	6	0.912
40.01-50.00	43.48	8	44.67	3	43.800	11	0.973
50.01-60.00	52.08	4	-	0	52.075	4	-
0.01-60.00	23.54	78	19.20	78	21.371	156	1.226

이고 B 토양 중의 전체평균치는 19.20ppm이었다. 전체적으로 토양 중 Pb 함량은 비오염지 수준이었는데 이는 익산 제2공단의 산업활동 역사가 짧고, 오염발생원이 적었던 결과로 볼 수 있었다.

표 6의 Zn 토양중 분포는 토양 깊이 0~3cm에서 5%, 3~6cm 깊이에서 12%의 시료가 50ppm이하의 농도이어서 분석 토양의 88~95%가 세계 및 미국토양의 비오염지 평균치를 훨씬 넘는 토양 중 Zn 분포를 나타내고 있었다. A 토양과 B 토양 중의 분포비는 Zn 농도 125ppm 이하, 즉 시료수 64~69%가 B토양에서 높았고, 125~500ppm의 Zn 함량을 나타낸 토양에서는 A토양 즉 0~3 cm 층에서 함량분포가 높았으며 500~1000ppm범위에서는 3~6cm 깊이인 B토양에서 높았다.

**산업활동과 토양 중 중금속물질과의 관계**

산업활동이 토양 중 중금속 함량에 미치는 영향을 분석하기 위하여 산업의 종류와 중금속들의 토양 중 함량과의 관계를 나타낸 결과는 표 7과 같다.

토양 중 중금속의 함량은 산업의 종류에 따라 달라지고 있었으며, Cd의 평균함량이 섬유산업 지역에서 0.30ppm, 전자산업 지역에서 1.00 ppm, 금속가공지역에서 0.38ppm, 화학약품관련 지역에서 0.52ppm으로 세계토양평균치

0.30ppm<sup>24)</sup>보다는 1.00~3.33배가 높았고, 미국토양평균치 0.50ppm보다는 화학약품 및 전자산업 관련 지역이 0.02~0.50 ppm 높았을 뿐 그외는 낮았다. Cu는 섬유산업 지역에서 4.48 ppm, 전자산업 지역에서 26.04 ppm, 금속가공 지역에서 18.98 ppm, 화학약품 지역에서 7.15 ppm 으로 세계토양평균치 20ppm보다는 전자산업지역에서 만 1.302배가 높았고, 미국토양평균치는 25ppm으로 전자산업 지역에서만 1.04 ppm이 더 높았다. Ni의 경우 세계토양평균함량 40ppm, 미국토양평균치 20ppm을 기준으로 하면 공단의 모든 산업지역 지역에서 3.92~6.13 ppm 범위로 비교적 낮은 함량을 보였으나 그 중에서 금속가공 지역이 다른 지역보다는 약간 높았다. Pb의 토양 중 함량은 산업별 평균 함량 범위가 21.61~30.63 ppm으로 세계토양평균치 10 ppm의 2.16~3.06배에 이르고, 미국토양평균치 20ppm의 1.08~1.53배가 되어 이 지역의 Pb함량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

상대적으로 토양 중 함량이 높은 Zn은 전지역에서 99.03~335.40 ppm 범위로 분포하고 있었고, 평균함량으로 볼 때 산업별로 차이를 나타내 금속가공지역<섬유산업 지역<화학약품관련 지역<전자산업 지역순으로 함량이 높았다. 분포범위를 세계평균치 50ppm과 비교할 때 1.98~6.71배 미국평균치 54ppm과는 1.83~6.21배를 나타냈다. 이들 산

Table 6. Distribution of Zn concentration according to soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

concentration interval	depth soil (cm)						A/B
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
nd	-	0	-	2	-	2	-
0.01-50.00	38.03	4	41.66	7	40.341	11	0.913
50.01-75.00	63.40	14	63.83	16	63.631	30	0.993
75.01-100.00	87.70	14	90.20	13	88.904	27	0.972
100.01-125.00	108.47	18	109.78	16	109.085	34	0.988
125.01-150.00	135.60	5	135.48	11	135.520	16	1.001
150.01-200.00	185.34	7	178.69	8	181.791	15	1.037
200.01-300.00	245.18	9	242.10	1	244.868	10	1.013
300.01-500.00	346.52	3	310.53	2	332.120	5	1.116
500.01-1000.00	727.04	4	848.25	2	767.443	6	0.857
0.01-1000.00	158.33	78	127.91	78(76)	143.319	156(154)	1.238

Table 7. Effect of the industrial activities on content of heavy metals in soil at the Iksan 2nd Industrial Complex Area.

Industries	(ppm)									
	Cd		Cu		Ni		Pb		Zn	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Textile	0.13-0.55	0.30	0.72-8.95	4.48	2.76-11.49	5.66	15.60-40.90	24.60	54.95-295.60	135.46
Electronics	0.24-4.23	1.00	9.46-42.62	26.04	0.65-9.25	3.92	7.50-52.35	30.63	77.25-825.70	335.40
Metal processing	0.23-0.64	0.38	1.28-33.64	18.98	0.19-15.10	6.13	10.10-55.75	24.63	54.4-228.95	99.03
Chemicals	0.06-4.52	0.52	0.61-22.43	7.15	1.28-15.93	5.50	3.10-50.05	21.61	26.50-943.00	157.91

Fig 2. Distribution of heavy metal content in 0 to 3 cm soil depth according to industrial activities(Grid number is divide with 1cm interval of Iksan 2nd industrial complex map).

Fig 3. Distribution of heavy metal content in 3 to 6 cm soil depth according to industrial activities(Grid number is divide with 1cm interval of Iksan 2nd industrial complex map).

업종 Zn 함량이 상대적으로 낮았던 금속가공지역에 비하여 전자산업 지역의 토양 중 Zn 함량이 3.39배 이상 높음을 알 수 있어 전자산업지역에서 아연소재를 많이 이용하고 있는 것으로 추정되었다.

산업활동의 분포에 따른 중금속물질들의 함량을 0~3 및 3~6 cm 깊이의 토양에 대하여 그림으로 나타내면 그림 2 및 3과 같다.

0~3cm 토양층 중의 Cd의 분포를 보면 섬유산업지역에서 5ppm이상의 최고치를 나타내었고, 그 다음이 화학약품 및 식품산업지역에서 높은 것으로 나타났다. 3~6cm 토양층 중의 Cd의 분포는 금속가공지역에서 5ppm 이상의 최고치를 보였고, 다음이 섬유산업지역에서 높은 것으로 나타나 토양층위에 따라 Cd의 축적분포가 조금씩 달랐다.

Cu의 경우 0~3cm의 토양층에서는 전선류를 제조하는 지역에서 400ppm이상의 최고치를 나타내고 있었으며, 3~6cm 토양층에서는 전기 저항기, 기계제작 및 전선류 제조 지역에서 400ppm이상의 토양 중 높은 Cu의 함량을 나타내고 있어 Cd에서처럼 시료채취깊이에 따라 달라지고 있었다. 비교적 토양 중 함량변화와 이 지역산업활동의 영향을 적게 받은 것으로 나타난 Ni은 도금 및 금속가공지역에서 시료채취깊이와 관계없이 35ppm이상의 함량을 보였고, 그 다음으로 석재 및 반도체산업지역에서 25ppm이상의 토양 중 함량을 나타냈다.

Pb는 화학약품 및 건직물공장에서 시료채취 토층과 관계없이 1000ppm 이상의 토양 중 함량을 보였고, 그 주위 토양 중에서도 400ppm 이상의 Pb 분포를 나타내 산업의 종류와 밀접한 관계가 있음을 보여 주고 있었다.

Zn은 화학약품과 건직물공장지역에서 토양 깊이와 관계없이 1200ppm 이상의 가장 높은 함량분포를 보이는 곳도 있었으며, 그 다음이 도금 및 금속가공, 그리고 피혁공장순으로 Zn 함량이 많은 것으로 나타났다.

이상의 결과로 보아 산업활동의 형태 및 종류는 토양 중의 중금속의 종류 및 함량변화의 원인이 되고 있었다.

## 요 약

익산 제 2공단은 1995년에 조성 후 생산활동이 진행됨에 따른 토양의 중금속 함량을 비오염지의 자연토양 중 함량과 비교하고, 산업활동의 유형에 따른 토양중 중금속 함량 변화와의 관계를 구명하기 위하여 주로 표층토를 중심으로 0~3 cm, 3~6 cm 토양층에 있는 Cd, Cu, Ni, Pb 및 Zn의 함량을 조사·분석한 결과는 다음과 같다.

1. Cd의 함량의 경우 0~3 cm 층은 0.07 ~ 4.375 ppm 범위로 평균 0.516 ppm, 3~6 cm 층은 0.07~8.52 ppm 범위로 평균 0.380 ppm 이었으며, 화학제품, 염료 및 금속

제품을 생산하는 지역이 높았다.

2. Cu의 함량 분포의 경우 0~3 cm 층은 0.61 ~ 42.62 ppm 범위로 평균 11.087 ppm, 3~6 cm 층은 0.16~35.45 ppm 범위로 평균 7.578 ppm 이었으며, 금속제품을 생산하는 지역이 주로 높았다.

3. Ni의 함량 분포의 경우 0~3 cm 층은 0.19 ~ 15.93 ppm 범위로 평균 5.525 ppm, 3~6 cm 층은 0.39~15.59 ppm 범위로 평균 5.310 ppm 이었으며, 금속 및 화학제품을 생산하는 지역이 주로 높았다.

4. Pb의 함량 분포의 경우 0~3 cm 층은 3.10 ~ 55.75 ppm 범위로 평균 23.543 ppm, 3~6 cm 층은 3.35~46.55 ppm 범위로 평균 19.198 ppm 이었으며, 화학제품 및 금속 제품을 생산하는 지역이 높았다.

5. Zn의 함량 분포의 경우 0~3 cm 층은 26.50 ~ 943.00 ppm 범위로 평균 158.329 ppm, 3~6 cm 층은 35.45~882.45 ppm 범위로 평균 127.914 ppm 이었으며, 화학제품, 염료 및 금속 제품을 생산하는 지역이 높았다.

이상의 결과를 토대로 세계의 비오염 토양 함량수준과 본조사지역의 평균함량을 비교하면 Cu, Ni은 비오염 수준이었으나, Cd은 기준치를 약간 넘었고, Pb과 Zn은 기준치보다 훨씬 높아 익산 제2공단의 오염정도는 산업(화학제품, 염료 및 금속 제품을 생산)유형에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

## 참 고 문 헌

1. Ministry of Environment (1995). State of soil contamination ('93 ~ '94). Environment and statistics Year Book 8. 394.
2. Ministry of Environment (1994). State of soil contamination ('92 ~ '93). Environment and statistics Year Book 7. 386.
3. 이광호 (1982). 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도 산출에 관한 연구, KAIST 보고서 : 48.
4. 신용배 (1983). 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도 산출에 관한 연구, KAIST 보고서 : 46.
5. 신용배 (1984). 울산공업단지 지역의 대기오염에 따른 농작물 영향조사 및 기여도 산출에 관한 연구, KAIST 보고서 : 46.
6. Seong-Jo Kim, Man-Sang Lee, Taek-Kyu Ryu, Chang-Hyu Yang, Kwang-Hyun Moon, and Seung-Hwa Baek (1994). Variation of Copper Content in Paddy Soil and Rice from Janghang Smeltre Area. Korean J. Environ. Agric. Vol. 13, No. 1, p.1~9.
7. Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek (1994). Variation of Cadmium and Zinc Content in Paddy Soil and Rice from the Janghang Smelter



- Area. Korean J. Environ. Agric. Vol. 13, No. 2, p.131~141.
8. Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek and Kwang-Hyun Moon (1994). Fractionation of Heavy Metals and Correlation with Their Contents in Rice Plant Grown in Paddy near Smelter Area. Korean J. Environ. Agric. Vol. 15, No. 1, p.1~10.
  9. Seong-Jo Kim (1992). Variation of lead Content in paddy rice and soil of Janghang Smelter Area. Korean J. Environ. Agric. Vol. 11, No. 3, p.185~194.
  10. Jin-Ha Lee, Gi-Hark Park and Young-Do Jeoung (1996). Relation between the Pollution Level of Atmosphere and that of the Soil in the Vicinity of Roads. Korean J. Environ. Agric. Vol. 15, No. 4, p.494~500.
  11. Jae-E Yang, Yong-Keon Shin, Jeong-Je Kim, Jeong Park (1992). Application of Principle in Metal-Ligand Complexation to Remove Heavy Metals : Kind and Concentration Effects of Organic Ligands. Korean J. Environ. Agric. Vol. 11, No. 3, p.243~252.
  12. Jae-E. Yang, Ki-Woo Lee, Jeong-Je Kim and Hyung-sik Lim (1995). Changes of chemical Species in Soil Solution Induced by Heavy Metals. Korean J. Environ. Agric. Vol. 14, No. 3, p.263~271.
  13. H-Sookil Lim, Young-Jun Lee, Ho-Jin Choi (1991). Effects of soil solution pH on adsorption of Cd, Cu and Zn by soils. Korean J. Environ. Agric. Vol. 10, No. 2, p.119~127.
  14. Ferrari, G. M. and Ferrario, P. (1989). Behavior of Cd, Pb, and Cu in the marine deltaic area of the Po river(north adriatic sea), Water, Air, Soil Pollution, 43 (1/2, January) : 323.
  15. Thomas H. Christensen. (1989). Cadmium soils sorption at low concentrations. VI: effect of stable solids waste leachate complexes, Water, Air, Soil Pollution, 44 (1/2, March) : 43.
  16. Thomas H. Christensen. (1989). Cadmium soils sorption at low concentrations. VII: Correlation with soil parameters, Water, Air, Soil Pollution, 44 (1/2, March) : 71.
  17. N.-C. Shin (1985). The Effect to Agricultural Crop Yield and Sulfur Content in Leaves by Sulfur Dioxide Gas Emission from Onsan Nonferrous Metal Industrial Complex. Korean J. Environ. Agric. Vol. 4, No. 1, p.52~56.
  18. Su-Rae Lee, Ki-Joon Song (1989). A survey on the Heavy Metal Concentration of Soil near Onsan Industrial Complex. Korean J. Environ. Agric. Vol. 4, No. 2, p.88.
  19. Su-Rae Lee, Ki-Joon Song (1986). A survey on the Heavy Metal Concentration of Crop Materials Grown near Onsan Industrial Complex. Korean J. Environ. Agric. Vol. 5, No. 1, p.43~47.
  20. Jung-Hwan Yu, Kang-Hyun Ka and Hyun Park (1995). Air pollution effects on soil chemical properties, lichens, denitrifying and sulfur-reducing bacteria around the yeochun industrial estate. Journal of the Korean Forestry Society Vol. 84, No. 2, p.178~185.
  21. Dong-Yeob Kim, Jung-Hwan Ryu, Ji-Seok Chae and Soon-Hyung Cha (1996). Deposition of Atmospheric Pollutants Ecosystems and Changes in Soil Chemical Properties. Journal of the Korean Forestry Society Vol. 85, No. 1, p.84~95.
  22. Social and Environmental Newspaper (1993). State relative Environment, Environment Year Book, 841.
  23. National Agricultural Science and Technology Institute, RDA (1990). Method of Analysis Chemistry soil : soil, plant, soil Microbial.
  24. Lindsay, W. L.(1979). Chemical equilibria in soils, Wiley-Interscience, New York.
  25. Angelone, M. and Bini, C.(1992). Trace elements concentrations in soils and plant of Western of Europe : In Biogeochemistry of trace metals, Adriano, D.C.(eds), Lewis Pub., p. 19.
  26. Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Baek (1985). Effect of Leaf Mold on Cd Uptake in Paddy Soil by Rice Plant. Journal of Korean Society of Soil science and Fertilizer. Vol. 18, No. 1, p.99~104.
  27. Seong-Jo Kim, Seung-Hwa Beak and Goang-Lae Han (1989). Long-term sludge Application on Extractable contents of copper in soils. Journal of Korean Society of Soil science and Fertilizer. Vol. 22, No. 2, p.116~121
  28. Lundblad, K., Svanberg, O. and Ekman, P.(1949). The availability and fixation of Cu in Swedish soils. Plant Soil, 1 : 277.