

익산 제 1공단 토양의 중금속 함량 분포 조사

김성조, 백승화¹⁾, 문광현, 장광호, 김수진
원광대학교 생명자원과학대학 농화학과, ¹⁾충청북도립 옥천대학 식품공업과

Distribution of Heavy metals in Soil at Iksan 1st 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 Science and Natural Resources, Wonkwang University, Iksan, Chonbuk, 570-749, Korea, ¹⁾ Department of Food Engineering, Chungbuk Provincial Okcheon College, Okcheon, Chungbuk, 373-800, Korea)

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 1st Industrial Complex that has started since 1975. Soils sampled in 0-3 cm and 3-6 cm soil depth, respectively were analyzed for content of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn.

Change of heavy metal content in soil of the industrial complex were more accumulated 16 to 25% of Cd and Cu, 93% of Pb and Zn, respectively in samples compared with natural soil uncontaminated. But there was no different in Ni content between two soil. Distribution of Cd in soil layer of 0 to 3 cm was the highest concentration of 5 ppm more at the textile industries, and then higher at the chemicals and the food processing industries. In 3 to 6 cm soil layer Cd content was the highest concentration of 5 ppm more at the metal processing industries, and then higher at the textile industries. Cd accumulation in soil was different according to a kind of industry and soil depth. Cu content was the highest value of 400 ppm more in soil layer of 0 to 3 cm at the manufacturing electric wires industry area and showed the accumulation phenomenon in soil layer 3 to 6 cm at the ohmmeter, machines and electric wires industry area. Ni content was 35 ppm more in soil of the metal plating and processing industries regardless of soil sampling layer. Then it was 25 ppm more in soil of the building stones and semiconductor industries. Pb content was from 400 to 1000 ppm in soil of the chemicals and textiles industries regardless of soil sampling layer. Zn content was 1200 ppm more in soil of the chemicals and silk fabrics industries regardless of soil depth, and then lower in order to soil of leather processing < metal processing ≤ metal plating industries. In conclusion, changes of heavy metal kinds and content in soil of this industrial complex area were caused by the type or kinds of industrial activities. Changes of Pb and Zn content in soil were dominated at this area.

Key word : Iksan 1st Industrial Complex, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, distribution of heavy metal, Soil depth(0-3, 3-6 cm)

서 론

산업발달은 환경에 많은 영향을 끼치게 되어 대기 및 수질은 물론 토양 중에서도 환경오염물질의 농도가 높아져 가고 있다¹²⁾. 중금속물질의 경우도 그 정도의 차이는 있지만 토양 중에서의 함량 변화가 계속되고 있고¹²⁾, 산업형태에 따라 서로 달라지는 것으로 보고되고 있다. 특히 분진 및 매연에 의한 토양 중 중금속 함량 변화는 주로 토양표면에 집적되고, 이러한 중금속들은 유기물이나 무기염류와는 달리 쉽사리 자연조건에 의해서 제거되지 않은 채 토양에 흡착, 축적되며, 토양 중에서 일어나는 모든 반응에 관여하게 된다³⁻⁹⁾. 이들 중금속의 특성 또한 이동성이 작아 0 내지 수 cm의 토양 깊이에 축적되는 경향이 있다.

이와 같은 현상은 우리 나라에서도 일어나고 있어서 1985

년 온산공단과 1994년 여천공단 내 토양 중 여러 오염물질의 농도가 심각한 수준에 이른 것으로 보고된 바 있다¹⁰⁻¹⁴⁾. 공단 내 토양 중의 중금속 함량이 높아지는 원인으로는 산업활동에 따른 분진 또는 에너지로 사용되는 연료의 연소 시 매연 등에 의한 축적형태로 알려져 있다.

본 연구는 산업활동에 의한 토양 중 중금속물질의 동태 및 함량 변화를 구명하여 지속적인 산업활동의 원인으로 발생할 수 있는 공단 내 토양 중 중금속동태의 지표자료를 얻기 위하여, 1975년부터 산업활동이 시작된 익산 제1공단¹⁵⁾ 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 제1공단지역 내 도로변 81지역을 임의로 선정하여 토양을 0~3 cm와 3~6cm 깊이로 162점의 시료를 1996년 8월 7일~8월 13일 일주일에 걸쳐 채취하였다. 시료 채취지점은 그림 1과 같다.



Fig. 1. Sampling sites in Iksan 1st industrial complex area.

시료의 분석¹⁶⁾

채취된 토양시료를 음건 후 500 μ m에 통과시킨 것을 분석 시료로 사용하여, 4M-HNO₃으로 70°C에서 24시간 환류추출 후 정용한 여액을 AAS(Model spectrAA 300, Varian, Australia)로 Cd, Cu, Pb, Ni, Zn를 분석하였다.

결과 및 고찰

공단 내 토양 중 중금속 물질의 분포

익산 제1공단 내 중금속별 함유량을 분포범위, 중앙치, 평균치와 Lindsay¹⁷⁾가 보고한 비오염지 토양 분포범위와 Angelone 등¹⁸⁾이 조사한 세계와 미국의 비오염지 중금속 평균 함량을 비교한 결과는 table 1과 같다.

공단 내 토양 중의 중금속 평균함량은 세계토양 중 평균치에 비하여 Cd는 1.37~1.90, Cu는 1.47~1.63, Pb는 8.86~9.28, Zn은 4.25~4.43배 높았고, 중앙치를 비교한 경우 Cd는 1.03~1.06배, Cu는 17.00, 15.66ppm으로 세계토양 중 Cu 평균치 20ppm 보다 낮아 공단활동에 의한 Cd 및 Cu의 토양 중 축적을 보기 어려웠으나, Pb는 5.00~5.46, Zn 3.28~3.36 배로 공단지역토양이 높았으며, Ni은 세계 평균치의 거의 1/5 수준이었다.

또한 이들 공단 내 토양 중 중금속 평균함량을 미국의 비오염지 중금속 평균함량과 비교할 경우 Cd와 Ni는 미국의 비오염지 토양 중 함량 평균치 0.5, 및 20ppm이하였으나, Cu, Pb 및 Zn의 경우는 미국토양평균치의 각 1.18~1.30, 4.43~4.64, 및 3.94~4.10배로 높았다. 세계 및 미국 토양 중 중금속 평균치와 비교한 결과로 볼 때 Lindsay¹⁷⁾가 보고한

비오염지 토양에서의 최고치 범위 내에는 들어갔지만, 이 지역이 공단으로 된 뒤에 Pb과 Zn의 토양 중 축적현상이 뚜렷하였음을 알 수 있었다. 또한 Cu와 Cd의 경우에 있어서도 그 축적현상이 서서히 일어나고 있다는 것을 알 수 있었으며, Ni의 토양 중 함량증가는 볼 수 없었다.

Table 1. Concentrations of total heavy metals extracted with 4M-HNO₃ in soil from the Iksan 1st Industrial Complex Area (ppm)

Heavy metals	Iksan Industrial Complex				Uncontaminated World U.S.A ⁱ			
	Range	Median	Average		Range			
----soil depth, 0-3 cm----								
Cd	0.03-	5.98	0.31	0.41	0.01-	0.7	0.3	0.5
Cu	0.18-	450.39	17.00	32.52	2.00-	100.0	20.0	25.0
Ni	0.80-	39.29	6.85	8.12	5.00-	500.0	40.0	20.0
Pb	14.50-	1036.20	54.60	88.64	2.00-	200.0	10.0	20.0
Zn	44.45-	1259.70	168.40	221.59	10.00-	300.0	50.0	54.0
----soil depth, 3-6 cm----								
Cd	0.01-	5.58	0.32	0.57				
Cu	0.03-	450.61	15.66	29.40				
Ni	0.28-	44.43	6.87	8.21				
Pb	9.40-	1726.65	49.95	92.83				
Zn	28.90-	1227.20	164.05	212.66				

Data from Lindsay, 1979

§ Data from Angelone and Bini, 1992

Table 2. Distribution of Cd concentration according to soil at the Iksan 1st Industrial Complex Area.

concentration interval	depth soil (cm)						
	0-3 (A)		3-6 (B)		0-6 (A+B)		A/B
	Average	Frequency	Average	Frequency	Average	Frequency	
0.01-0.10	0.06	9	0.05	10	0.058	19	1.152
0.11-0.20	0.15	17	0.15	14	0.150	31	1.054
0.21-0.30	0.25	14	0.27	14	0.259	28	0.957
0.31-0.40	0.36	16	0.35	11	0.357	27	1.055
0.41-0.50	0.47	13	0.46	14	0.463	27	1.031
0.51-0.60	0.53	5	0.56	5	0.546	10	0.950
0.61-1.00	0.74	4	0.78	4	0.755	8	0.948
1.01-5.00	1.62	2	1.94	7	1.867	9	0.833
5.01-10.00	5.98	1	5.30	2	5.527	3	1.128
Total	0.41	81	0.57	81	0.494	162	0.719

Table 3, 4, 5, 6 및 7은 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. Table 2의 Cd 분포는 토양 0~3cm 깊이에서 채취한 시료 수의 85%가, 토양 3~6cm에서는 78%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 Cd의 농도에 따라 토양의 Cd 분포가 달라짐을 알 수 있었다.

이는 김과 백¹⁹⁾의 부엽토 처리가 수도의 Cd흡수를 억제하였던 사실에 비추어 보아 Cd의 농도가 높으나 토양 중에 함유된 유기물 또는 점토 함량이 상대적으로 낮은 경우 Cd²⁺이 이들과 결합하고도 남아 이온상태 또는 이동이 쉬

은 킬레이트 화합물로 되어진 결과로 추정되었다.

(Table. 3) Table 3의 Cu 분포는 0~3cm 깊이에서 채취한 시료 중의 75%가, 3~6cm에서는 82%가 30ppm 이하의 농도 분포를 나타내고 있었고, A 토양과 B 토양 중의 분포비가 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타났다. 이는 김 등²⁰⁾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 등²¹⁾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 것으로 생각된다.

그러나 토양 중 Cu의 설정 농도 범위가 10.01~20.00, 40.01~50.00 ppm의 경우는 B 토양 즉 3~6cm의 토양 깊이에서 높아 토양 중 Cu의 농도에 따라 토양의 Cu 분포가 달라짐을 알 수 있었는데 이는 토양 중 Cu가 여러 가지 형태의

화합물과 착염이나 킬레이트 화합물을 형성하여 이동성이 증가되었기 때문으로 생각되었다.

Table 4의 Ni 분포는 0~3cm 깊이에서 채취한 시료 수의 96%가, 3~6cm에서는 93%가 20ppm이하의 농도 분포를 나타내고 있어서 이 지역 분진 중에는 토양 중 Ni의 축적을 가져오는 원인이 없거나 미미한 것을 알 수 있었다.

A 토양과 B 토양 중의 분포비에서는 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타나 표토중에서 농도가 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 특이한 것은 토양 농도 20 ppm 이상인 경우 B 토양 즉 3~6cm의 토양 깊이에서 높아 토양 중 Ni의 농도에 따라 토양의 Ni 분포가 달라짐을 알 수 있었는데, 이는 Cd²⁺ 및 Cu²⁺와 마찬가지로 Ni²⁺등이 토양 중에서 이동성이 큰 킬레이트 화합물을 형성할 기회가 큰 때문이 아닌가 생각되었다.

Table 5의 Pb 분포는 토양 0~3cm 및 3~6cm 깊이에서 채취한 시료 중의 각각 6 %만이 미국 비오염 토양 중 Pb의 평균치인 20ppm이하의 농도 분포를 나타내고 있어 채취 시료 대부분에서 Pb축적량이 많음을 알 수 있었고, A 토양과 B 토양 중의 분포비가 일반적으로 표토인 A 토양에서

Table 3. Distribution of Cu concentration according to soil depth at the Iksan 1st 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	-	(1)	-	(1)	-
0.01-1.00	0.45	4	0.32	3	0.394	7	1.406
1.01-10.00	5.29	21	5.27	29	5.274	50	1.004
10.01-20.00	14.98	24	15.69	17	15.274	41	0.955
20.01-30.00	24.56	12	24.27	14	24.407	26	1.012
30.01-40.00	33.59	6	33.17	6	33.379	12	1.013
40.01-50.00	43.64	6	44.92	3	44.063	9	0.972
50.01-100.00	68.41	4	66.32	6	67.152	10	1.032
100.01-300.00	145.31	2	-	0	145.31	2	-
300.01-400.00	389.39	1	-	0	389.39	1	-
400.01-500.00	450.39	1	430.16	2	436.90	3	1.047
Total	32.52	81	29.40	81(80)	30.970	161(162)	1.106

Table 4. Distribution of Ni concentration according to soil depth at the Iksan 1st 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	-	(1)	-	(1)	-
0.01-3.00	2.16	5	1.50	8	1.753	13	1.446
3.01-5.00	4.12	21	4.08	13	4.107	34	1.010
5.01-7.00	6.08	16	6.20	20	6.144	36	0.981
7.01-9.00	7.99	13	7.96	20	7.974	33	1.004
9.01-10.00	9.50	9	9.24	4	9.421	13	1.027
10.01-13.00	11.23	8	10.89	6	11.084	14	1.031
13.01-15.00	14.15	3	13.85	3	14.002	6	1.021
15.01-20.00	18.16	3	16.79	1	17.818	4	1.082
20.01-50.00	28.84	3	29.64	5	29.339	8	0.973
Total	8.12	81	8.21	80(81)	8.113	161(162)	0.988

Table 5. Distribution of Pb concentration according to soil depth at the Iksan 1st 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	
0.01-20.00	16.64	5	16.27	5	16.455	10	1.023
20.01-40.00	31.62	23	29.92	25	30.738	48	1.057
40.01-60.00	50.28	18	49.82	17	50.057	35	1.013
60.01-80.00	69.28	13	68.84	15	69.044	28	1.006
80.01-100.00	87.96	8	90.11	9	89.098	17	0.976
100.01-150.00	127.75	7	123.70	4	126.277	11	1.033
150.01-200.00	159.17	2	160.00	2	159.583	4	0.995
200.01-600.00	402.88	4	485.96	3	438.483	7	0.829
1036.20	1036.20	1	-	0	1036.20	1	-
1726.65	-	0	1726.65	1	1726.65	1	-
Total	88.64	81	92.83	81	90.738	162	0.955

Table 6. Distribution of Zn concentration according to soil depth at the Iksan 1st 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	-	(3)	-	0	-	(3)	-
0.01-80.00	67.72	6	57.83	6	62.771	12	1.171
80.01-140.00	112.11	23	109.54	19	110.948	42	1.023
140.01-200.00	169.33	18	163.16	27	165.625	45	1.038
200.01-250.00	217.32	11	218.45	6	217.722	17	0.995
250.01-300.00	277.01	8	274.51	9	275.683	17	1.009
300.01-400.00	346.71	4	339.76	6	342.539	10	1.020
400.01-500.00	433.78	2	457.88	5	450.993	7	0.947
500.01-1000.00	626.14	5	527.63	2	597.993	7	1.187
1000.01-1500.00	1259.70	1	1227.20	1	1243.450	2	1.026
Total	221.59	78(81)	212.66	81	217.34	159(162)	1.042

높은 것으로 나타났다. 그러나 토양 농도가 150.01ppm 이상의 B 토양 즉 3~6cm의 토양 깊이에서 높아 토양 중 Pb의 농도에 따라 토양의 Pb 분포가 달라짐을 알 수 있었다. Table 6의 Zn 분포도 Zn과 함께 이 지역에서 함량이 높았던 Pb의 경우와 비슷하게 토양 0~3cm 및 3~6cm 깊이에서 시료채취수의 각각 7%만 80ppm이하의 농도이어서 세계 및 미국토양의 비오염지 평균치를 훨씬 넘는 토양 중 Zn 분포를 나타내고 있었다. A 토양과 B 토양 중의 분포 비 역시 200.01~250.00, 400.01~500.00ppm범위의 경우의 예외는 있었지만 일반적으로 표토인 A 토양에서 높은 것으로 나타났다.

산업활동과 토양 중 중금속물질과의 관계

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

토양 중 중금속의 함량은 산업의 종류에 따라 달라지고 있었으며 Cd의 평균함량이 금속가공지역에서 0.67ppm, 화학약품관련 지역에서 0.53ppm, 섬유산업 지역에서 0.51ppm으로 세계토양평균치 0.30ppm¹⁷⁾보다는 1.70~2.23배가 높았고, 미국토양평균치 0.50ppm보다는 0.01~0.17ppm이 더 높았다. Cu는 금속가공 지역에서 75.35ppm, 피혁가공 지역에서 31.40ppm, 섬유산업 지역에서 25.21ppm, 귀금속산업 지역에서 24.22ppm으로 세계토양평균치 20ppm보다는 1.21~3.77배가 높았고, 미국토양평균치 25ppm으로 금속가공, 피혁가공 및 섬유산업 지역에서 0.21~50.35ppm이 더 높았다. Ni의 경우 세계토양평균함량 40ppm, 미국토양평균치 20ppm을 기준으로 하면 공단의 모든 산업지역 지역에서 6.35~17.28 ppm 범위로 비교적 낮은 함량을 보였으나 그 중에서 금속가공 및 석재가공 지역이 다른 지역보다는 다소 높았다.

Pb의 토양 중 함량은 산업별 평균함량 범위가 42.87~216.55ppm으로 세계토양평균치 10ppm의 4.3~21.65배에 이르고, 미국토양평균치 20ppm의 20.14~10.83배가 되어 이 지역의 Pb함량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 특히 식품가공 및 화학약품생산 지역에서 평균함량이 각각 216.55ppm과 123.79ppm으로 월등히 높게 나타났다.

상대적으로 토양 중 함량이 높은 Zn은 전지역에서 고르게 분포하고 있었고, 평균함량으로 볼 때 산업별로 큰 차이를 나타내지 않았다. 분포범위를 세계평균치 50ppm과 비교할 때 3.60~6.09배 미국평균치 54ppm과는 3.33~5.64배를 나타

냈으며, 그 중에서도 식품산업>피혁가공>화학약품>금속가공에서 4.87배 이상의 토양 중 Zn함량을 나타내고 있었다.

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.

적 요

1975년부터 산업활동이 시작된 익산 제1공단내 토양 중의 중금속함량을 비오염지 자연토양 중의 이들 함량과 비교하고 산업활동의 종류에 따른 토양 중 중금속 함량 변화와의 관계를 구명하기 위하여 주로 표층토를 중심으로 0~3 및 3~6 cm 토양층에 있는 Cd, Cu, Ni, Pb 및 Zn의 함량을 조사 분석한 결과는 다음과 같다. 공단 내 토양 중 중금속별 함량변화는 Cd와 Cu는 시료의 16~25%, Pb와 Zn은 93% 이상이 비오염지 자연토양 중 이들 중금속함량 평균치 이

Table 7. Effect of the industrial activities on content of heavy metals in soil at the Iksan 1st Industrial Complex Area.

Industries	Cd		Cu		Ni		Pb		Zn	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Precious metals	0.01 - 0.53	0.26	0.32 - 91.82	24.22	3.74 - 13.71	7.66	14.95 - 145.25	42.87	28.90 - 486.40	205.38
Textile	0.03 - 5.98	0.51	0.03 - 450.61	25.21	0.28 - 19.97	6.35	9.40 - 482.85	74.58	45.30 - 523.70	187.06
Electronics	0.08 - 1.09	0.40	0.18 - 46.97	16.22	0.77 - 25.17	7.99	17.55 - 166.80	64.98	71.50 - 321.05	180.04
Building stones	0.04 - 0.47	0.24	12.29 - 23.33	15.66	7.10 - 32.05	17.28	51.75 - 140.55	78.34	57.00 - 335.95	219.52
Metal processing	0.05 - 5.58	0.67	0.18 - 450.61	75.35	3.08 - 44.43	11.96	19.05 - 139.40	64.05	71.50 - 961.40	243.58
Food processing	0.01 - 1.75	0.45	4.12 - 123.94	15.38	0.28 - 14.86	7.66	14.95 - 1726.85	216.55	44.45 - 1259.70	304.61
Chemicals	0.03 - 1.75	0.53	1.67 - 46.06	17.92	3.00 - 9.06	6.96	22.55 - 591.73	123.79	65.60 - 536.80	248.22
Leather processing	0.04 - 0.38	0.42	10.40 - 48.79	31.40	4.12 - 14.21	9.12	22.11 - 151.53	85.67	21.60 - 36.80	280.49

(ppm)

상의 토양 중 축적현상을 보였고, Ni함량은 산업활동에 의한 토양 중 변화를 인정할 수 없었다. Cd의 분포는 0~3cm 토양층은 섬유산업지역에서 5ppm이상의 최고치를 나타내었고, 그 다음이 화학약품 및 식품산업지역에서 높은 것으로 나타났다. 3~6cm 토양층에서는 금속가공지역에서 5ppm 이상의 최고치를 보였고, 다음이 섬유산업지역에서 높은 것으로 나타나 토양층위에 따라 Cd의 축적분포가 조금씩 달랐다. Cu함량은 0~3cm의 토양층에서는 전선류를 제조하는 지역에서 400ppm이상의 최고치를 나타냈으며, 3~6cm 토양층에서는 전기 저항기, 기계제작 및 전선류 제

조지역에서 400ppm이상의 토양축적현상을 보였다. Ni은 도금 및 금속가공지역에서 시료채취 토양층과 관계없이 35ppm이상의 함량을 보였고, 그 다음으로 석재 및 반도체 산업지역에서 25ppm이상의 토양 중 함량을 나타냈다. Pb는 화학약품 및 건직물공장에서 시료채취 토양층과 관계없이 400~1000ppm이상의 토양 중 함량을 보였다. Zn은 화학약품과 건직물공장지역에서 토양 깊이와 관계없이 1200ppm 이상의 가장 높은 함량분포를 보이는 곳도 있었으며, 그 다음이 도금 및 금속가공, 그리고 피혁공장순으로 Zn함량이 많은 것으로 나타났다. 결과적으로 산업활동의 형태 및 중

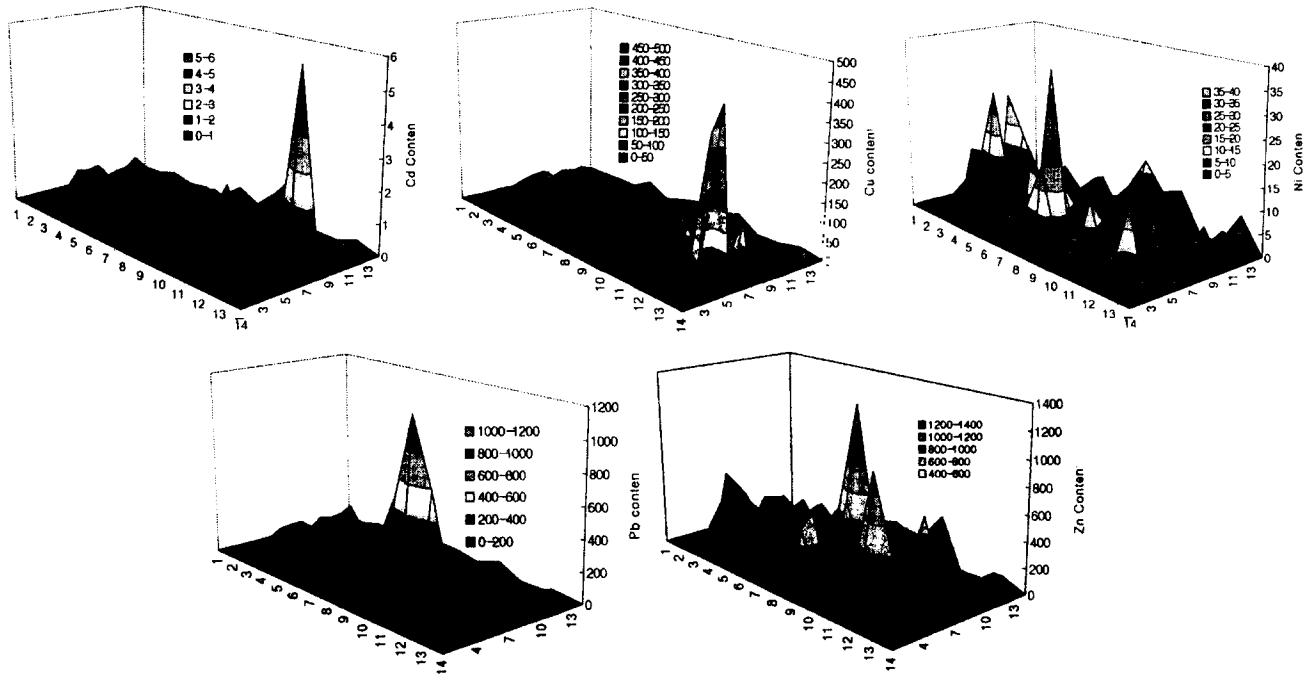


Fig. 2. Distribution of heavy metal content in 0 to 3 cm soil depth according to industrial activities.

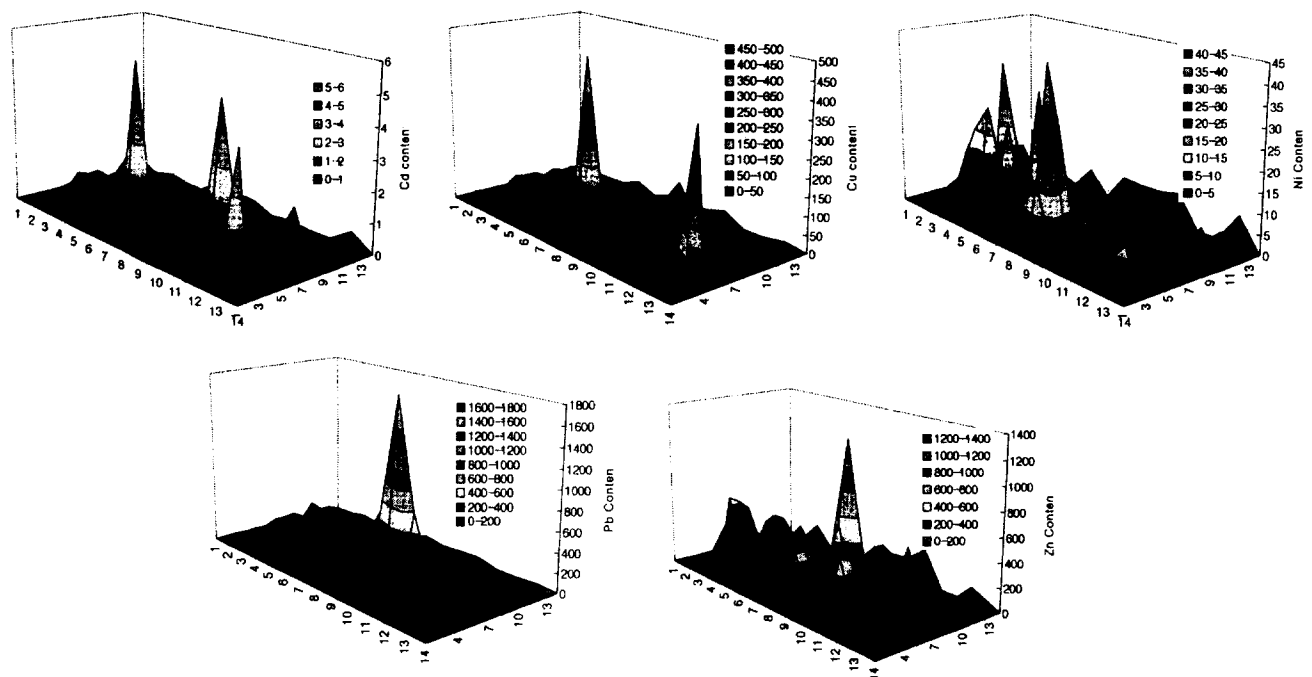


Fig. 3. Distribution of heavy metal content in 3 to 6 cm soil depth according to industrial activities.

류는 토양 중의 중금속의 종류 및 함량변화의 원인이 되고 있었고 이 지역에서는 Pb 및 Zn 토양중 함량변화가 뚜렷하였다.

감사의 글

본 연구는 1997년도 원광대학교 교내 연구비 지원으로 수행된 결과로써 감사를 표합니다.

참고 문헌

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. Lee, Jin-Ha, Park, Gi-Hark and Young-Do Jeong (1996). Relation between the Pollution Level of the Atmosphere and that of the soil in the vicinity of Roads, Korean J. Environ. Agriculture 15(4), 494-500
4. Yang, Jae-E, Shin, Yong-Keon, Kim, Jeong-Je and Park, Jeong (1992). Application of Principle in Metal-Ligand Complexation to Remove Heavy Metals: Kind and Concentration Effects Organic Ligands, Korean J. Environ. Agriculture, 11(3), 243-252
5. Yang, Jae-E, Lee, Ki-Won, Kim, Jeong-Je and Lim, Hyung-Sik(1995) Changes of chemical species in soil solution Induced by Heavy Metals, Korean J. Environ. Agriculture 14(3), 263-271
6. Lim, Soo-Kil, Lee, Young-Jum and Choi, Ho-Jin(1991). Effects of soil solution pH on adsorption and desorption of Cd, Cu and Zn by soils, Korean J. Environ. Agriculture 10(2), 119-127
7. 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.
8. Thomas H. Christensen. (1989). Cadmium soils sorption at low concentrations. VII: effect of stable solids waste leachate complexes, Water, Air, Soil Pollution, 44 (1/2, March) : 43.
9. Thomas H. Christensen. (1989). Cadmium soils sorption at low concentrations .VIII: Correlation with soil parameters, Water, Air, Soil Pollution, 44 (1/2, March) : 71.
10. Shin Nam-Chul(1985). The Effect to Agricultural Crop Yield and sulfur content in leaves by sulfur Dioxide Gas Emission from Onsan Nonferic Metal Industrial complex, Korean J. Environ. Agriculture, 4(1), 52-56
11. Lee, Su-Rae, Song, Ki-Joon(1986). A Survey on the Heavy Metal Concentrations of Soil near Onsan Industrial complex, Korean J. Environ. Agriculture, 4(2), 88
12. Lee, Su-Rae, Song, Ki-Joon(1986). A Survey on the Heavy Metal Concentrations of Crop Materials Grown near Onsan Industrial complex, Korean J. Environ. Agriculture, 5(1), 43-47
13. Yu, Jung-Hwan, Ka, Kang-Hyun and Park, Hyun(1995). Air pollution effects on soil chemical properties, lichens, lichens, denitrifying and sulfur-reducing bacteria around the yeochun industrial estate, Journal of the Korean Forestry Society 84(2), 178-185
14. Kim, Dong-Yeob, Ryu, Jung-Hwan, Chae, Ji-Seok and Cha, Soon-Hyung(1996). Deposition of Atmospheric Pollutants Ecosystems and Changes in Soil Chemical Properties, 85(1), 84-95.
15. Social and Environmental Newspaper(1993). State relative Environment, Environment Year Book, 841.
16. National Agricultural Science and Technology Institute, RDA,(1990), Method of Analysis Chemistry soil : soil, plant, soil Microbial
17. Lindsay, W. L.(1979). Chemical equilibria in soils, Wiley-Interscience, New York.
18. 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.
19. Kim, Seong-Jo, Baek, Seung-Hwa (1985). Effect of Leaf mold on Cd Uptake in paddy soil by Rice plant, Journal of Korean Society of Soil science and Fertilizer, 18(1), 99-104
20. Kim, Seong-Jo, Baek, Seung-Hwa and Han, Goang-Lae(1989). Long-term sludge Application on Extractable contents of copper in soils, Journal of Korean Society of Soil science and Fertilizer, 22(2), 116 - 121.
21. Lundblad, K., Svanberg, O. and Ekman, P.(1949). The availability and fixation of Cu in Swedish soils. Plant Soil, 1 : 277.