

琴湖江流域 河床土壤中 重金屬含量

文 孝 釘 張 鳳 基 金 斗 熙*

慶北大學校 保健大學院

Contents of Heavy Metals in Soils of the Kum-Ho River Basin

Mun Hyo-Jung, Jang Bong-Ki, Kim Doo-Hie

*Graduate School of Public Health
Kyungpook National University
Taegu, Korea*

Abstract

This study was conducted to investigate the contents of heavy metals in soils of the Kumho river basin, by analysing soils according to the distance from edge of the river and to the soil layers.

The contents of heavy metals in soils showed highly in its downstream. Namely there was shown a remarkably high contents of these heavy metals in the Kum-ho bridge areas where Kongdan stream joins Dalseo stream, such as 39.52ppm for zinc, 35.92ppm for copper, 97.90ppm for iron, 102.45ppm for manganese, 13.92ppm for lead, respectively, and 0.48ppm for cadmium. However, the heavy metals contents in soils around Kangchang bridge tended to gradually decrease in its contents, probably because its main soils consisting of sand.

Based on their soil layers, the average contents of these heavy metals in the surface soils were higher than one of the subsurface soil. Its contents according to the distance from the river edge indica-

ted some difference every individual area. Nevertheless, its contents showed lower contents in the area far away from the edge. And its contents tended to again increase in the outside bank. In addition, a remarkable positive correlation is shown between individual heavy metals, except correlation between iron and lead. Also cadmium just shows reverses correlation in the statistics.

With respect to comparison between soil layers, there was a remarkable positive correlation between surface layers and subsurface layers.

Considering the above results, it seems that the pollution of river bed's soil is in proportion to it of stream.

I. 서 론

오늘날 현대사회는 산업의 급속한 발전과 더불어 산업폐기물과 도시생활 폐기물의 과대한 배출로 인하여 하천과 토양이 날로 심화된 오염현상을 보이고 있다.

토양은 식물생육에 뿐만 아니라 인간을 포함한 모든 생물생존의 場으로서 다시없는 귀중한 존재이므로 토양의 오염은 식물의 생육을 저해함은 물론 먹이사슬을 통한 고등 생물체로의 오염농축 과정을 거칠 수 있기 때문에 토양의 파괴는 전생물의 생존의 場을 위협하게 된다.¹⁾

토양오염의 원인물질로는 유기물과 무기물로 나눌 수가 있으며, 토양에 유입된 유기물은 대부분 토양 자체의 회석, 확산, 분해작용 등에 의하여 자정되지만 중금속과 같은 무기물에 의한 오염일 때는 자연에 의한 정화작용을 거의 기대할 수 없을 뿐만 아니라 한번 토양에 축적된 중금속을 선택적으로 제거하기란 거의 불가능하다.²⁾

중금속은 자연상태에서 분해되지 않고 축적되며 한번 생명체에 흡수되면 대사작용이 매우 느리며 일정한 농도 이상으로

축적되면 해독작용을 일으키는 것이 특징이다.^{3,4)}

중금속의 토양오염 발생원으로는 분진 및 매연 등에 의한 대기오염 물질들의 강하에 따르는 경우와 도시하수 또는 산업폐수가 토양에 유입될 경우 그리고 도시쓰레기 및 산업폐기물 등을 비료로 사용하는 경우 등을 들 수 있다. 특히 수답재배에 있어서는 관개수와 함께 이들 물질들이 유입되어 토양에 축적될 기회가 많아질 것이며, 실제로 광산, 제련소, 공단 및 도시주변 토양에서 중금속 원소의 함량이 높다는 조사보고^{5~7)}가 많이 발표된 바 있다.

도시 및 공업단지에서 배출되는 오수에 의한 중금속류의 토양오염은 다양하여, 공업단지내 산업의 종류, 공정 및 폐수량 그리고 도시의 규모, 생활수준 등에 따라 각종 오염물질의 종류와 양은 조사자에 따라 각각 상이하게 보고되고 있다.^{8,9)}

이에 저자는 대구직할시 공업폐수 및 도시하천수가 유입되는 금호강물을 관개수로의 이용 및 풍수기에 이들 오수에 침수되는 토양 중 중금속원소의 오염실태를 파악하고 아울러 오염범위와 요인을 보다 다면적

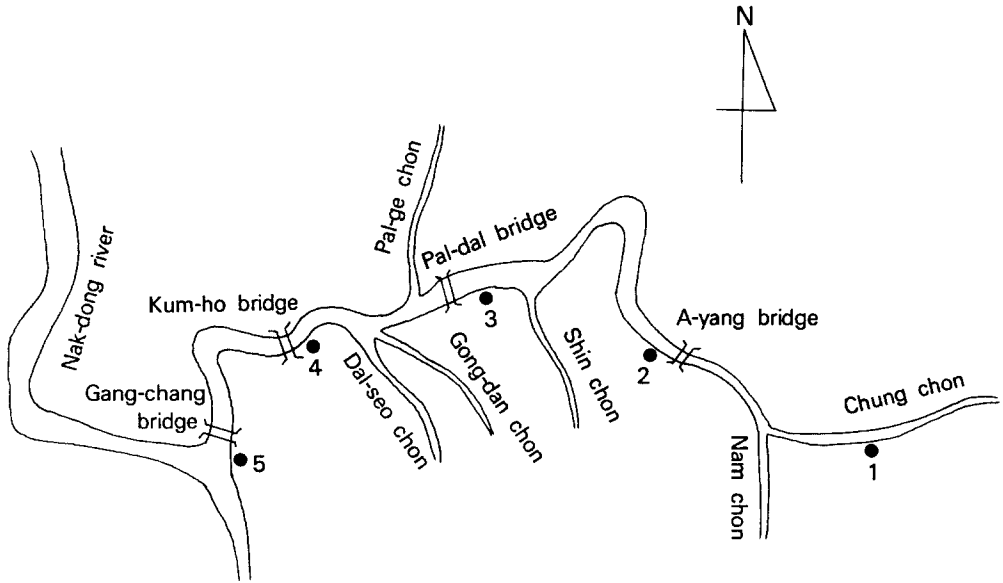


Fig. 1 Sampling sites of Kum-ho riverside

으로 추구하기 위하여 토층별, 강의 가장자리로부터의 거리별, 각 지류 유입에 따른 오염정도의 차이를 조사하여 다소의 성적을 얻었기에 발표하는 바이며 이 방면의 연구자에게 도움이 되기를 바란다.

II. 재료 및 방법

금호강의 본류인 청천에서 강창까지 5개 지역을 그림 1과 같이 선정하고 최대한 강우의 영향을 받지않는 날들을 택하여 1989년 9월 17일, 24일, 10월 3일의 3일간에 걸쳐 토양을 채집하였다.

선정된 지역은 비교적 오염이 덜 되었다고 생각되는 청천지역, 남천 합류후의 아양교 부근, 신천이 합류된 팔달교 부근, 팔계천과 공단천 및 달서천이 합류된 금호대교

부근 및 낙동강과 합류되기 직전 지역인 강창교 부근으로 하였으며 각 지역별로 강속 지점과 강의 가장자리로부터 강둑까지 거리별로 1/4 지점, 2/4 지점, 3/4 지점과 강둑 밖의 지점에서 각각 5군데씩 임의로 채취하고 또한 토층별로 표층(0~15 cm)과 심층(15~30 cm)으로 구분하여 총 225개의 시료를 채집하였다.

채집된 시료는 풍건후 2 mm의 망체로 쳐서 폴리에틸렌병에 보관하여 토양분석시료로 이용하였다.

토양중 중금속 함량은 환경오염공정시험법¹⁰⁾에 따라서 시료를 적당량 취하여 건조기에 넣고 약 110°C에서 2시간 가량 건조시킨 후 흡습기에 넣어 항온이 될때까지 방냉한 후 10 g을 0.1 mg 오차 범위내에서 정밀히 취하여 100 ml 용량의 광구병에 넣

Table 2 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river near Chung-chon

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	3.15	2.62	91.60	113.80	2.38	0.08
	± S.D	1.17	2.60	8.06	69.05	1.21	0.67
1/4	Mean	3.25	3.00	98.24	85.40	2.24	0.06
	± S.D	1.16	1.60	5.46	39.90	1.12	0.22
2/4	Mean	1.93	2.19	96.32	55.30	2.19	0.10
	± S.D	0.98	0.76	3.15	36.30	0.74	0.01
3/4	Mean	2.25	1.91	85.60	55.20	2.27	0.11
	± S.D	1.15	0.85	6.79	29.09	1.14	0.22
F-test		N.S	N.S	p<0.05	N.S	N.S	N.S
Total	Mean	2.65	2.43	92.94	77.43	2.27	0.09
	± S.D	1.18	1.56	7.54	49.17	0.99	0.04
outside bank	Mean	4.29	17.24	76.12	39.20	6.44	0.14
	± S.D	0.58	2.23	2.67	12.17	1.11	0.02
Significance *		p<0.01	p<0.01	p<0.01	N.S	p<0.01	p<0.01

N.S. : not significant

Significance * : t-test between inside bank and outside bank

낮게 나타났으며 강둑 밖의 지점에서 아연, 구리, 철, 망간, 납, 카드뮴 함량 모두가 가장 높게 나타났다. 강둑 안쪽에서 강의 가장자리로부터의 거리별 아연, 철, 카드뮴 함량은 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며(각각 $p < 0.01$), 강둑 안쪽과 바깥쪽의 평균 중금속 함량간에는 아연과 철을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의하게 높은 중금속 함량을 보였다(각각 $p < 0.01$)(표 3).

신천 합류후인 팔달교 부근 지역에서의 강의 가장자리에서부터 거리별 중금속 함량은 철과 구리는 강에서부터 강둑까지 거리가 멀어질수록 감소하였으나 아연, 망간, 납, 카드뮴 함량은 강의 가장자리에서부터 강둑까지의 2/4 지점에서 가장 높았고,

3/4 지점에서 낮아지다가 강둑 밖의 지점에서 다시 현저히 높게 나타났다. 강둑 안쪽에서의 거리별 중금속 함량은 철과 납을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, 강둑 안쪽 전체 평균과 강둑 바깥쪽의 평균 중금속 함량간에는 망간을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며 철 함량은 강둑 안쪽이 높았으나 나머지는 모두 강둑 바깥쪽이 높은 함량을 보였다(표 4).

공단천과 달서천 합류후인 금호대교 인근지역에서는 강의 가장자리에서부터 멀어질수록 대체로 각 중금속의 함량이 낮아지는 경향을 보였으며 강둑 밖의 지점에서 가장 낮은 함량을 보였고 강둑 안쪽의 거

Table 3 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river near A-yang bridge

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	4.02	1.79	100.88	42.50	2.55	0.05
	± S.D	1.04	0.92	2.57	12.74	0.67	0.07
1/4	Mean	1.96	1.53	74.40	33.10	1.90	0.05
	± S.D	1.07	0.75	11.87	19.29	0.61	0.01
2/4	Mean	2.40	1.98	81.72	35.30	2.59	0.05
	± S.D	0.34	0.48	4.80	15.64	1.02	0.01
3/4	Mean	1.88	2.24	85.51	44.74	2.16	0.12
	± S.D	0.63	0.30	4.03	17.33	0.50	0.03
F-test		p<0.05	N.S	p<0.05	N.S	N.S	p<0.05
Total	Mean	2.57	1.89	85.63	38.91	2.30	0.07
	± S.D	1.17	0.66	11.74	15.87	0.74	0.03
outside bank	Mean	3.69	25.68	91.76	92.40	15.34	0.23
	± S.D	0.83	8.59	5.54	15.26	6.10	0.03
Significance *		N.S	p<0.01	N.S	p<0.01	p<0.01	p<0.01

N.S. : not significant

Significance * : t-test between inside bank and outside bank

Table 4 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river near Pal-dal bridge

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	7.84	4.63	93.93	60.96	3.31	0.11
	± S.D	4.22	3.63	13.55	79.79	2.06	0.55
1/4	Mean	9.79	7.30	102.17	32.54	4.63	0.18
	± S.D	5.46	7.39	5.45	11.32	3.02	0.13
2/4	Mean	17.55	4.44	96.03	166.04	5.80	0.34
	± S.D	0.20	0.83	1.82	5.68	0.52	0.13
3/4	Mean	8.10	3.83	94.02	86.30	3.91	0.19
	± S.D	2.40	0.47	3.13	17.41	0.70	0.02
F-test		p<0.01	p<0.01	N.S	p<0.01	N.S	p<0.05
Total	Mean	10.82	7.55	96.53	86.46	4.41	0.21
	± S.D	5.27	5.73	7.72	63.57	1.97	0.12
outside bank	Mean	36.75	23.99	76.59	111.20	21.76	0.34
	± S.D	17.49	27.40	19.27	43.61	6.07	0.04
Significance *		p<0.01	p<0.05	p<0.01	N.S	p<0.01	p<0.05

N.S. : not significant

Significance * : t-test between inside bank and outside bank

리별 중금속 함량은 망간과 납을 제외하고는 통계학적으로도 유의한 차이를 보였으며 강둑 안쪽의 평균 중금속 함량이 바깥쪽의 평균 중금속 함량보다 납을 제외하고는 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다(표 5).

강창교 인근지역에서의 강의 가장자리에서부터의 거리별 중금속 함량은 망간과 카드뮴은 강으로 부터 거리가 멀어질 수록 높게 나타났으나 아연, 구리, 철 및 납 함량은 1/4 지점에서 낮아지다가 2/4 지점에서 높아졌고 3/4 지점에서 다시 낮아졌으며 강둑 밖에서 가장 높게 나타났다. 강둑 안쪽에서의 평균 중금속 함량은 거리별로 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으며 강

둑 안쪽과 바깥쪽간의 평균 중금속 함량은 안쪽 지점이 모두 더 높게 나타났으며 아연을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었다(표 6).

각 지역에서의 토층별 중금속 함량 및 토양 pH를 보면 대체로 표층이 심층보다 높은 중금속 함량을 보였으며 이중 청천 지역의 망간 함량, 아양교 부근 지역의 아연 함량, 금호대교 부근 지역의 철과 망간 함량은 표층이 심층보다 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다. 강창교 부근의 망간과 카드뮴은 심층이 더 높게 나타났으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 토양 pH도 대체로 표층이 높게 나타났으나 금호대교 부근 지역은 표층이 심층보다 통계

Table 5 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river near Kum-ho bridge

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	57.87	50.06	111.69	102.84	18.39	0.39
	± S.D	2.36	19.48	5.71	31.58	4.23	0.09
1/4	Mean	57.25	65.26	102.30	138.10	28.51	0.71
	± S.D	2.81	13.84	1.43	21.45	36.38	0.08
2/4	Mean	49.23	30.06	95.85	123.20	12.18	0.59
	± S.D	5.10	6.96	8.04	13.19	4.87	0.11
3/4	Mean	25.03	17.32	93.61	82.60	6.28	0.39
	± S.D	20.33	10.56	6.75	50.94	1.79	0.15
F-test		p<0.01	p<0.01	p<0.01	N.S	N.S	p<0.01
Total	Mean	47.34	40.69	100.86	111.69	16.34	0.52
	± S.D	16.80	22.55	9.08	36.76	18.96	0.17
outside bank	Mean	8.24	16.83	86.07	65.60	4.30	0.32
	± S.D	4.50	8.81	4.79	17.11	1.63	0.06
Significance *		p<0.01	p<0.05	p<0.01	p<0.05	N.S	p<0.05

N.S. : not significant

Significance * : t-test between inside bank and outside bank

Table 6 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river near Gang chang bridge

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	5.15	2.16	99.37	6.70	2.47	0.20
	± S.D	0.23	0.12	0.95	0.76	0.12	0.01
1/4	Mean	2.35	1.08	64.24	6.70	1.34	0.20
	± S.D	0.11	0.83	2.95	0.84	0.12	0.01
2/4	Mean	4.35	2.24	71.15	9.90	1.77	0.23
	± S.D	1.13	1.00	10.36	5.38	0.43	0.03
3/4	Mean	1.45	0.94	63.39	21.60	1.48	0.23
	± S.D	0.46	0.32	5.06	10.84	0.37	0.03
F-test		p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.05	p<0.01	p<0.05
Total	Mean	3.33	1.61	74.54	11.23	1.77	0.22
	± S.D	1.63	0.78	15.99	8.41	0.52	0.02
outside bank	Mean	3.89	4.14	105.59	73.80	4.03	0.35
	± S.D	2.22	0.12	1.71	13.13	0.17	0.00
Significance *		N.S	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.01	p<0.05

N.S. : not significant

Significance * : t-test between inside bank and outside bank

Table 7 Contents(ppm) of heavy metal and pH by soil layers in each area

Heavy metal		Chung chon		A-yang bridge		Pal-dai bridge		Kum-ho bridge		Gang-chang bridge	
		Surface	Sub-surface	Surface	Sub-surface	Surface	Sub-surface	Surface	Sub-surface	Surface	Sub-surface
Zn	Mean	2.97	2.29	2.79**	1.61	16.00	14.66	39.52	28.21	3.44	2.85
	± S.D	1.27	1.05	1.18	0.68	13.60	14.25	21.95	23.71	1.72	1.95
Cu	Mean	5.39	4.34	6.64	3.85	10.84	9.83	35.92	27.27	2.11	1.63
	± S.D	6.27	5.09	10.34	4.00	14.00	9.19	22.59	22.27	1.25	0.93
Fe	Mean	89.58	84.54	86.85	79.89	92.55	88.36	97.90*	90.52	80.75	73.91
	± S.D	9.66	14.66	10.97	12.34	13.24	18.06	10.27	11.19	19.07	16.43
Mn	Mean	69.78	41.95	49.61	38.55	91.41	87.70	102.45*	73.43	23.74	43.03
	± S.D	46.72	21.91	26.74	16.87	60.15	62.03	38.40	38.79	27.15	52.51
Pb	Mean	3.10	2.40	4.91	2.91	7.88	6.62	13.83	7.13	2.22	1.83
	± S.D	1.97	1.41	5.91	2.42	7.71	8.37	17.58	4.05	1.04	0.77
Cd	Mean	0.10	0.10	0.10	0.10	0.23	0.23	0.48	0.44	0.24	0.26
	± S.D	0.04	0.03	0.07	0.07	0.12	0.14	0.18	0.21	0.06	0.07
pH	Mean	6.26	5.96	6.35	6.28	6.04	5.93	5.40**	5.91	5.48	5.45
	± S.D	0.97	0.67	0.67	0.36	0.59	0.84	0.42	0.42	0.53	0.43

* : p<0.05, ** : p<0.01 t-test between surface and sub-surface in soil

학적으로 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.01$) (표 7).

강의 가장자리로부터 거리별 각 중금속 평균 함량을 보면 강에서 부터 멀어질 수록 대체로 낮은 중금속 함량을 나타내었으며 카드뮴은 비슷한 함량을 보였으나 분산 분석 결과 망간 함량과는 각 지점간에 통계학적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.01$). 강둑 안쪽 지점과 바깥 지점간의 각 중금속 함량은 강둑 바깥 지점에서 아연과 망간을 제외하고는 모두 더 높은 함량을 보였으나 납과 카드뮴 함량만이 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다(표 8).

각 중금속에서의 표층과 심층 및 pH 간의 상관성을 보면 표층과 심층간에는 각

중금속 모두 유의한 정상관성을 보였으며 (각각 $p < 0.01$) 토양 pH는 카드뮴 함량간에만이 유의한 역상관성을 보였다($p < 0.01$) (표 10).

각 중금속 함량간의 상관성을 보면 납과 철 함량간을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의한 정상관성을 보였다(표 9).

IV. 고 찰

하천수는 인간의 생활용수나 농업용수원으로 사용되므로 오염된 하천수는 토양 및 농작물을 오염시켜 직, 간접적으로 인체에 영향을 끼치게 되므로 공중위생상 매우 중요한 문제가 되는 것은 주지의 사실이다.

Table 8 Contents(ppm) of heavy metal by distances from edge of the river

Site		Zn	Cu	Fe	Mn	Pb	Cd
in the river	Mean	15.61	12.25	65.36	99.49	5.82	0.17
	± S.D	21.73	20.98	60.50	9.95	6.73	0.14
1/4	Mean	14.92	15.63	59.17	88.27	7.72	0.24
	± S.D	21.95	26.23	52.25	17.25	18.33	0.26
2/4	Mean	15.09	10.18	77.95	88.21	4.91	0.26
	± S.D	18.50	11.62	61.59	11.95	4.49	0.21
3/4	Mean	7.74	5.26	58.09	84.42	3.22	0.21
	± S.D	11.42	7.61	36.07	12.38	2.01	0.12
F-test		N.S	N.S	N.S	$p < 0.01$	N.S	N.S
Total	Mean	13.34	10.83	65.14	90.10	5.42	0.22
	± S.D	19.03	18.29	53.36	14.14	10.05	0.19
outside bank	Mean	11.37	17.57	76.42	87.23	10.38	0.28
	± S.D	15.03	14.53	32.83	14.02	8.03	0.09
Significance *		N.S	N.S	N.S	N.S	$p < 0.05$	$p < 0.05$

N.S. : not significant

Significance* : t-test between inside bank and outside bank

Table 9 Corelation of surface and sub-surface, soil pH in each heavy metals

	between surface and sub-surface	soil pH
Zn	0.91**	-0.04
Cu	0.91**	-0.17
Fe	0.86**	0.04
Mn	0.82**	0.13
Pb	0.51**	-0.03
Cd	0.92**	-0.33**
pH	0.87**	1.00

** : p<0.01

금호강은 전국 하천 가운데서도 오염이 가장 심한 하천으로 생활오수, 산업폐수 및 농약 등이 지류를 통해 유입됨으로써 심하게 오염되어 자정능력의 범위를 벗어나고 있는 실정에 있다.

금호강의 수질에 관한 조사보고^{11,12)}와 저니(底泥) 및 유역 토양의 중금속 함량에 대한 보고^{13~15)}는 다수 있으나 유역 토양중 중금속 함량을 강물로부터의 거리별로 조사한 것은 없는 실정이다. 따라서 본 조사는 금호강으로부터의 거리별, 토층별, 지역 간 등에 따른 토양중 중금속 함량을 환경오염공정시험법에 따라 분석하여 알아보았다.

본 조사에서 금호강 유역의 토양중 중금속 함량은 비교적 비오염 지역이라고 생각되는 청천 지역이 가장 낮았으며 신천이 합류된 팔달교 부근 지역에서부터 급격히 높아져서 달서천, 공단천 합류후인 금호대교 부근 지역에서 중금속 함량이 가장 높게 나타났다. 이는 대도시 생활하수와 공장폐수가 이 하천으로 많이 유입되기 때문이라

Table 10 Corelation matrix of heavy metals in soil

	Zn	Cu	Pb	Cd	Mn	Fe
Zn	1.00					
Cu	0.81**	1.00				
Pb	0.57**	0.64**	1.00			
Cd	0.86**	0.78**	0.52**	1.00		
Mn	0.67**	0.60**	0.40**	0.58**	1.00	
Fe	0.33**	0.39**	0.19	0.32**	0.58**	1.00

** : p<0.01

생각된다.

금호강 하천수의 수질을 지역별로 조사한 金斗熙와 宋亨達¹¹⁾의 보고에서 아양교 부근은 아연 24 ppb, 구리 24 ppb, 카드뮴 7 ppb, 납 2 ppb 였으며 팔달교 인근 지역에서는 아연 101 ppb, 구리 78 ppb, 카드뮴 8 ppb, 납 3 ppb 그리고 공단천, 달서천 합류 후 지역에서는 아연 942 ppb, 구리 348 ppb, 카드뮴 43 ppb, 납 24 ppb 로 가장 높게 나타났다고 보고하였으며, 李禎載와 崔 炬¹²⁾의 보고에서도 금호강 상류 지역에서는 아연은 0.024 ppm 이었으나 구리, 카드뮴 및 납은 검출되지 않았다고 하였으나 신천에서는 아연 1.624 ppm, 구리 0.282 ppm, 카드뮴 0.024 ppm, 납 0.01 ppm 그리고 공단천, 달서천 합류후 지역에서는 아연 1,946 ppm, 구리 0.566 ppm, 카드뮴 0.034 ppm, 납 0.026 ppm 으로 공단천, 달서천 합류후 지역이 현저히 높았다고 하였다.

이러한 보고들은 본 조사에서의 금호강 유역의 토양중 중금속 함량과 유사한 경향을 보이고 있으며 토양과 하천수간에는 각

중금속 공히 높은 상관성이 있다는 보고¹¹⁾에 비추어 볼 때 오염에 기인한 함량 증가가 아닌가 여겨진다.

한편 금호강 유역의 토양중 중금속 함량 조사보고는 金斗熙와 宋亨達¹¹⁾과 鄭載洙와 崔 炬¹⁴⁾등 다수 있으나 모두 강산 등에 의한 완전분해법으로 분석한 것으로서 본 조사의 0.1N-HCl로 추출한 가용성 중금속 함량과는 비교하기 어려우나 모두 공단천과 달서천 합류후 지역이 가장 높게 나타났고 그 다음이 신천 합류 후 지역으로 보고하여 본 조사결과와 유사하게 나타났다.

토양 시료중 중금속 분석법을 비교한 金成朝와 梁桓承¹⁶⁾의 보고를 보면 강산에 의한 추출 방법이 0.1N-HCl에 의한 추출법보다 약 5~10배 더 높은 중금속 함량을 나타내며 그 함량간에는 유의한 정상관 관계를 나타낸다고 하였다.

토양중 중금속 함량을 환경오염공정시험법¹⁰⁾에 규정된 0.1N-HCl 추출한 가용성 중금속 함량의 분석은 오염에 의한 토양중 중금속 함량을 더 명확하게 나타낼 수 있기 때문에 의의가 더 크다고 하겠다.

본 조사는 0.1N-HCl 추출법을 사용하였으며 절대적인 중금속 함량은 타 보고와 비교하기 어려우나 상대적인 비교는 가능하리라 생각된다.

본 조사에서 강창교 인근 지역에서 각 중금속 함량이 대체로 낮게 나타났는데 이는 타 지역은 모두 양토(壤土)로서 비슷한 토양 성상을 보이고 있으나 강창교 지역은 금호강 하류로서 사질토(沙質土)로 구성되어 있기 때문에 하천수 중 중금속을 흡착

할 수 있는 점토 성분과 유기물 함량이 적고 양이온 치환 용량(cation exchange capacity : C.E.C)이 낮기 때문으로 여겨진다. 이에 대해 金成朝와 梁桓承¹⁶⁾은 토양중 중금속 함량과 토양 이화학성과의 상관성을 조사한 결과 점토 함량과 유기물 함량이 많을수록, 양이온 치환 용량이 클수록 중금속 함량이 유의하게 높은 정상관 관계를 나타낸다고 하여 본 조사의 결과를 뒷받침 할 수 있을 것으로 생각된다.

金福榮등¹⁷⁾은 비오염 지역 미작지(米作地)를 중심으로 조사 분석한 0.1N-HCl로 추출한 가용성 중금속 천연 부존량의 평균 함량은 카드뮴 0.127 ppm, 구리 4.15 ppm, 아연 3.952 ppm, 납 4.673 ppm 이라고 보고하여 본 조사에서의 청천, 아양교, 강창교 부근 지역과 유사한 함량이었으나 팔달교와 금호대교 인근 지역은 이보다 훨씬 높은 함량을 보여 오염에 기인한 것으로 생각된다.

토층별 중금속 함량은 본 조사에서 표층이 심층보다 대체로 각 원소 공히 약간 높은 함량을 나타내었으며 각 중금속의 표층과 심층간에 통계학적으로 유의한 정상관 관계를 보였다. 이는 金成朝와 梁桓承¹⁶⁾의 보고와 유사하였으며 이러한 결과를 Schmitz¹⁸⁾와 Sommers 및 Lindsay¹⁹⁾는 중금속이 쉽게 지하로 이동될 수 있고 폐수 및 하수에 함유된 풍부한 유기물질과 가용성 chelate를 형성하여 침투수와 함께 하층부로 수직이동하기 때문으로 보고하였다. 이를 볼 때 오염물질의 대부분은 표면 근처에서 토양으로 공급되기 때문에 표층이 심층보

다 직접적인 영향을 받고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 조사는 표층에서의 중금속 함량을 주로 하여 분석하였다.

토양중 중금속 함량과 pH와의 상관성을 살펴 본 결과 본 조사에서는 카드뮴만이 유의한 역상관 관계를 보였다. 그러나 李禎載와 崔 炬¹⁴⁾의 조사에서는 인위적으로 pH를 3, 5, 7의 3 단계로 조정 한 후 하상오니를 5회 연속 추출한 경우 매일 추출되는 중금속 함량은 pH가 낮을 수록 중금속 추출량은 증가하는 것으로 보고하여 본 조사 결과와는 상이한 결과를 나타내었으나 본 조사는 자연상태에서의 토양 pH를 측정 한 것으로서 토양 pH에 따른 중금속 함량 변화보다는 오염에 기인한 중금속 함량에 더 큰 영향을 받지 않았나 생각된다.

금호강의 가장자리에서부터 뚝까지를 거리별로 4개 지점으로 나누어 강속지점, 1/4 거리 지점, 2/4 거리 지점, 3/4 거리 지점으로 나누어 각 지점에서의 중금속 함량을 분석하였더니 지점마다 약간의 차이는 있었으나 대체로 강의 가장자리로부터 멀어 질수록 약간 낮은 중금속 함량을 보였으나 망간을 제외하고는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다.

강둑 안쪽의 총평균 중금속 함량과 뚝 밖의 평균 함량은 구리와 철을 제외하고는 모두 뚝 밖 지점에서 더 높게 나타났으며 납과 카드뮴은 통계학적으로 유의하게 높게 나타났다.

이러한 결과로 볼 때 금호강 유역의 토양은 대부분 경작지로 이용되고 있어 관계수로의 금호강물을 사용하고 있으며 특히

중금속 함량이 가장 높은 갈수기에 주로 관계를 함으로 해서 극심한 홍수가 아니면 금호강물의 영향을 받지 않는 지점들을 오염시키기 때문인 것으로 여겨지며 또한 강둑 밖 지점도 같은 양상으로 관계를 하게 됨으로 해서 오염될 수 있고 금호강 주위에 산재한 공단 지역에서 배출되는 분진과 매연 등 대기오염 물질의 강하에 따른 오염과 농약이나 비료의 사용등으로 인한 외부 요인의 영향을 받지 않았나 생각되어진다.

토양의 오염은 거의 대다수가 수질오염 또는 대기오염을 통하여 생기는 것으로 오염물의 배출이 배출허용기준 이하의 미량 일지라도 토양오염은 진행될 우려가 있으므로 토양오염 방지의 관점에서 배출 규제를 강화하여야 될 것이다. 이에 따라 농경지에 유입하는 농업용수의 수질기준을 설정하고 이의 준수를 위하여 필요한 조치를 하여야 토양의 오염을 사전에 방지할 수 있다.

그러므로 금호강 유역의 정화를 위해서는 수질오염과 토양오염에 대한 정밀조사의 선행, 지도단속 및 철저한 감시, 하수, 쓰레기, 분뇨종말처리시설의 설치 및 확충, 산업폐기물 처리를 위한 공동매립장 설치 운영 등이 시급한 것으로 여겨진다.

V. 요 약

금호강 유역의 토양중에 함유되어 있는 중금속 함량을 조사하기 위하여 강심으로 부터의 거리별, 표층별로 구분하여 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

토양중 중금속의 함량은 상류에서 하류로 갈수록 점차 높아지는 경향을 보였으며 공단천과 달서천의 합류후 지점에서 아연 39.52 ppm, 구리 35.92 ppm, 철 97.90 ppm, 망간 102.45 ppm, 납 13.93 ppm, 카드뮴 0.48 ppm으로 현저히 높은 축적치를 보였다. 강창부근은 토양의 성상이 사질토(沙質土)로 중금속 함량이 낮아지는 현상을 보였다.

토층별로 비교해 볼 때 표층이 심층보다 각 중금속의 평균함량이 높게 나타났다.

강심으로부터의 거리별 중금속 함량은 지역마다 차이가 있으나 강의 가장자리에서 멀어질 수록 대체로 낮게 나타나는 경향을 보였으며, 강 뚝 밖의 지점에서는 다시 높았다. 토양중 각 중금속간의 상관관계는 철과 납간의 관계를 제외하고는 거의 모두가 유의한 정상관 관계를 보여주고 있다.

각 중금속과 토양 pH 간에는 카드뮴만이 역상관관계가 있었다. 토층별로 볼 때 각 중금속에 대한 표층간, 심층간에는 유의한 정상관 관계를 보였다.

이상의 결과로 보아 하상 토양의 오염은 하천수 오염과 비례한다고 생각된다.

참 고 문 헌

1. 李圭星, 李盛弘, 李辰河, 黃相容: 수질 오염개론. 형설출판사, 1986, p. 263.
2. 金東玟, 金秀生, 金啓煥: 환경과학개론. 韓瑞出版社, 1984, p. 253.
3. 李光雨: 微量元素와 環境保護問題. 光復30周年紀念 綜合學術會議 論文集, 學術院, 1975, p. 685.
4. Williams, P.L. and Burson, J.L.: Industrial toxicology. Van Nostrand Reinhold Co., 1985, p. 203.
5. 鄭奇採: 아연광산 인근지역 野生植物中の 重金屬汚染度 調査. 영남대학교 환경대학원 학위논문집, 1987.
6. 柳順昊, 金啓燾, 玄海南: 亞鉛鑛山 周邊土壤中 카드뮴, 亞鉛, 구리, 鎳의 化學的形態別 含量. 韓國環境農學會誌, 3(2): 71~77, 1985.
7. 柳順昊, 朴玟彦, 盧熙明: 亞鉛鑛山 隣近畚의 土壤中 重金屬含量과 玄米中 含量과의 比較. 韓國環境農學會誌, 2(1): 18~23, 1983.
8. Lee, R.E. and Van Lehinden, D.J.: Trace metal pollution in the environment. J. Air Pollution Control Assoc., 23(10): 863~869, 1973.
9. Leland, H.V., Copenhaver, E.D. and Corrill, L.S.: Heavy metals and other trace elements. J. Water Poll. Control Fed., 46: 1452~1457, 1974.
10. 환경청고시 제 83 호: 環境汚染公定試驗法, 水質分野(土壤編). 産業公害研究所, 1984, p. 182.
11. 金斗熙, 宋亨達: 금호강 유역의 수질, 토양, 무우의 중금속 함량에 관한 연구. 慶北大學校 産業開發研究所 研究報告, 12: 131~144, 1984.
12. 李禎載, 崔 炆: 琴湖江 流域의 水質, 土壤 및 作物體中の 重金屬(Zn, Cu, Cd, Pb)含量調査. 韓國環境農學會誌, 5(1):

- 24~29, 1986.
13. 朴永圭, 李哲熙: 금호강 底質中에 함유된 銅의 汚染經路. 환경연구, 6B: 135~150, 1987.
 14. 李禎載, 崔 炆: 琴湖江 및 그 支流의 河床 堆積汚泥中 重金屬(Zn, Cu, Cd, Pb)分布와 그 形態. 韓國環境農學會誌, 5(1): 30~34, 1986.
 15. 徐胤洙, 文和會, 金仁基, 金學樺, 金盛煥: 河川敷地 土壤中的 重金屬 含有量에 關한 調查. 韓國環境研究所報, 4: 199~210, 1982.
 16. 金成朝, 梁桓承: 萬頃江 流域의 土壤 및 水稻體中 重金屬 含量. 韓國環境農學會誌, 5(1): 11~23, 1986.
 17. 金福榮, 金奎植, 趙在規, 李敏孝, 金善實, 朴英善, 金福鎮: 韓國 논 土壤 및 玄米中 重金屬(Cd, Zn, Pb)의 天然賦存量에 關한 調查研究. 農學報告(土肥, 作保, 菌茸, 農加), 24: 51~58, 1982.
 18. Schnitzer, M.: Reactions between fulvic acid, a soil humic compound and inorganic soil constituents. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33: 75~80, 1969.
 19. Lindsay, W.L. and Norvel, W.A.: Equilibrium relationships of Zn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} and H^+ with EDTA and DTPA in soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33: 62~67, 1969.