

## 서낙동강 유역의 강물, 저토 및 토양의 중금속 분포 특성

박 홍 재 · 박 종 길 · 박 원 우\*

인제대학교 자연과학대학 환경학과, \*부산전문대학교 공업화학과  
(1994년 9월 16일 접수)

## The Distribution Characteristics of Heavy Metals in the Water, Sediment and Soil along the West Nakdong River

Heung-Jai Park, Jong-Kil Park and Won-Woo Park\*

*Dept. of Environmental Science, College of Natural Science, Inje University,  
Kimhae, 621-749, Korea*

*\*Dept. of Industrial Chemistry, Pusan Junior College  
(Manuscript received 16 September 1994)*

### Abstract

This study was performed to evaluate the contents of heavy metals in water, sediment and soil of the 7 different sampling points along the West Nakdong river.

The results were as follows: the concentrations of Zn, P, Pb, Cd, Mn, Cu and As in the sediment were 197.48, 551.85, 67.01, 2.54, 491.39, 42.95 and 10.52ppm, respectively. The concentrations of Zn, P, Pb, Cd, Mn, Cu and As in the soil was 83.32, 482.89, 17.15, 1.02, 226.02, 26.15 and 7.29ppm, respectively.

The concentration ratios of heavy metals in the water to the sediment were 593 - 12700 (Cd >> Cu > Zn > Mn > As > Pb) and that of the water to the soil were 152 - 5100 (Cu > Cd > Zn > Mn > As > Pb). The correlation coefficients of Cu and Pb were high among the water, sediment and soil. Because the accumulation amounts of heavy metal in the sediment were high, the concentration of heavy metals in the sediment was higher than in soil. The correlation coefficient of heavy metals among water, sediment and soil was high (0.79 - 0.95).

Key Words : Distribution Characteristics, heavy metals, West Nakdong River.

### 1. 서 론

물은 곧 모든 생명의 근원이며 어떤 지역의 수 자원의 양과 질은 그 지역의 각종 생산 활동 및 도시 규모를 결정하는 제한적인 요인이 되어 왔

다. 도시 근교를 흐르는 중,소 하천은 유역의 인구 및 산업체에서 배출되는 폐기물과 생활 하수, 부산물 등으로 인하여 상당히 오염되며, 이들중 중금속은 자연에서 먹이사슬을 통해 생물체에 농축되어 결국 인체로 들어와 많은 증상을 유발한다.

이러한 중금속을 영남의 대표적 곡창지대인 김해 평야를 관통하는 서낙동강의 수질과 저토 토양에서의 함량으로 비교 분석하여 오염의 자료로 제시하고 셋 간의 물질이동 관계를 연구하려 한다.

특히 김해지방은 연평균 강수량은 1397.8mm로 하계에 집중되는 특성을 보이며 동계에 강수량의 변동율이 큰 것으로 지적(박종길과 이부용, 1993)하고 있어 서낙동강의 수질과 저토간의 물질이동에 많은 영향을 줄 수 있다. 대개 중금속은 이온화나 침전물로 되어 토양의 고흡착 유기물에 흡착되어 하상에 가라 앉는다. 그러므로 하상의 토양내 중금속을 분석, 평가하는 것은 수질로서 평가하는 것보다 더욱 가치가 있으리라 생각된다. 그러나 저토의 오염에 대해서는 기준 및 규제가 이루어져 있지 않아 표준화가 시급한 실정이다. 일본의 Hiromitsu Sakai 등(1986)은 입경별(1,680 $\mu$ m 미만) 오염비를 산출하였고 오염도가 클수록 기준에 대한 오염비가 큼을 나타내었다. 미국의 C.C. Fuller 등(1989)은 20 $\mu$ m미만의 미세저토를 분석하였으며, 이탈리아의 Leonald 등(1991)은 Surface와 Core 시료로부터 인위적 오염을 평가하였으며, 미국의 Youger(1989) 등은 오염되지 않은 강을 Background Data로 하여 그 표준편차로 오염도를 평가하였고, 독일의 R.Lichtfuss 등(1981)은 2 $\mu$ m나 20 $\mu$ m입자의 농도를 Background Value로 하여 오염도 분석을 하였다.

본 연구에서는 총농도로부터 서낙동강의 강물과 저토 및 토양에서 각종 중금속의 오염 실태를 비교, 검토하고 이의 분포를 통해 물질 이동의 상관 관계를 살펴보고 나아가 중금속 축적에 대한 원인 파악과 그 대책을 마련하기 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

1994년 1월 10일에서 2월 20일 까지 취락과 농토가 인접하는 대동, 선암교, 강동교, 봉림, 지사, 녹산의 6개 지점을 선정하였다(Fig.1). 수계가 안정한 날에 채수하였고, 각 지점의 하상에서 깊이 15cm 이내의 저토와 인접 토양을 여러곳에서

random sampling하여 polyethylene 용기에 넣어 보관하였다. 채취한 저토와 토양을 건조기에서 36시간 충분히 건조시킨 후, 5단계로 Molecular Sieve와 Sieve Shake로 분류하여 각각 5g을 시료로 하였다.

Sieve 크기는 1700-500, 850-300, 300-150, 150-75, 75 $\mu$ m이하로 분류하였다. 건조한 각 시료는 왕수와 과염소산 분해법으로 처리하여 울산 송원산업의 Inductively Coupled Plasma (I.C.P.) (Seiko SPS 1500 Plasma Spectrophotometer)로 중금속 함량을 측정하였다.

채수시료는 1L를 취하여 비이커에 넣고 5ml의 진한 질산을 가한후 시계접시를 덮고 가열판에서 액량이 20ml이 될 때까지 증발시킨다. 그리고 냉각시킨 다음 5ml진한 과염소산을 가하여 유기물을 분해시키고, 진한 질산 1ml를 가하여 주위에 붙어있는 잔유물을 씻어내고, 증류수를 약간 가하면서 여과시킨 후 전체액량이 50ml이 되게하여 I.C.P.로 분석하였다.

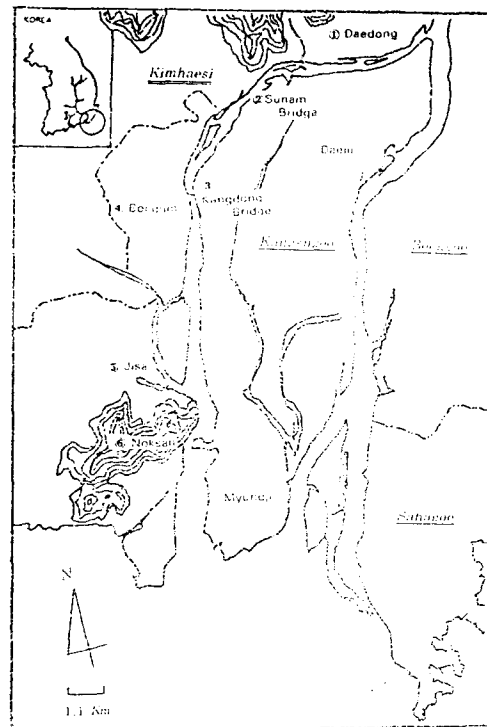


Fig. 1. Sampling site.

Table 1. Concentration distribution of heavy metal in water at each sampling site(Unit:ppm)

component site	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
Daedong	0.0225	0.445	0.16695	0.000450	0.155	0.00380	0.00405
Sunam Bridge	0.0165	0.230	0.09350	0.000095	0.165	0.00420	0.00260
Kangdong Bridge	0.0215	0.310	0.04200	0.000040	0.125	0.00345	0.00605
Bonglim	0.017	0.395	0.05205	0.000165	0.125	0.00530	0.00570
Jisa	0.0565	0.520	0.23300	0.000375	0.245	0.01070	0.02313
Noksan	0.0280	0.302	0.09050	0.000075	0.205	0.00665	0.00645

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 수질(water quality)

수중의 중금속 함유량은 Table 1에 나타낸 바와 같이 Zn은 0.0165-0.0565ppm, P는 0.230-0.520ppm, Pb는 0.042-0.233ppm, Cd는 0.000040-0.000450ppm, Mn은 0.125-0.245ppm, Cu는 0.0038-0.0107ppm, As는 0.0026-0.02313ppm으로 낮게 검출되었다. 전체 조사지역중 지사는 Cd의 농도를 제외한 나머지 중금속 농도가 제일 높은 값을 나타내어 수질이 가장 나쁜 것을 알 수 있었다. 여러 성분중 인이 가장 고농도를 나타내었고, Mn, Pb, Zn, As, Cu, Pb의 순으로 고농도를 나타내었

다(Fig.2). 수질오염의 기준에 비교해 보았을 때 Cd는 전지역에서 기준치 이하를 보였고, Pb는 대동과 지사에서 0.17ppm과 0.23ppm으로 기준치를 초과하였으며, As와 Cu, Mn, Zn의 경우도 전지역에서 기준치 이하의 값을 가졌다.

#### 3.2 저토 및 토양의 중금속 함량

전 조사 지역에서 저토와 토양의 입자 크기에 따른 중금속 함량을 Table 2-7에, 저토와 토양의 중금속 함량에 대한 상관 계수를 Table 8에 나타내었다.

대동에서 저토는 850-300 $\mu$ m의 물질이 가장 많았고 P와 Pb를 제외하고는 토양도 저토와 같은

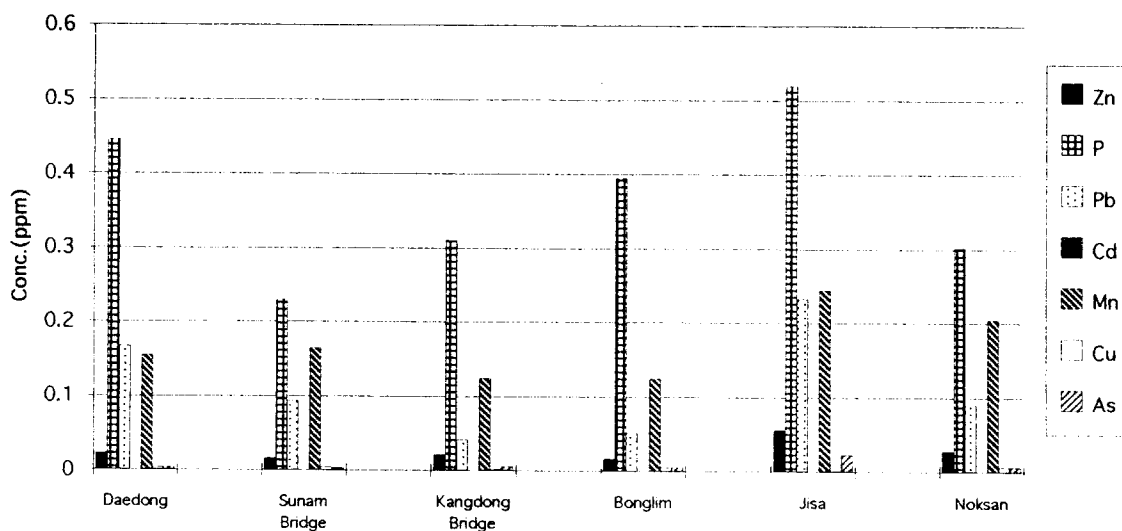


Fig. 2. Concentration distribution of heavy metal in water at each sampling site.(Unit:ppm).

크기의 입자에서 가장 농도가 높았고 저토와 토양의 상관성도 높았다. 선암교의 경우 저토와 토양의 상관성도 비교적 높았고 크기별 분포로 볼때 Zn의 경우 850-150 $\mu$ m, P의 경우 850-300 $\mu$ m, Pb, Cd, Mn의 경우 저토가 850-300 $\mu$ m, 토양이 300-150 $\mu$ m, Cu의 경우 850-150 $\mu$ m, As는 300-150 $\mu$ m 범위의 입자가 제일 많았다. 강동교의 경우 저토에서는 Zn을 제외한 나머지가 모두 1700-850 $\mu$ m에 분포하였고 토양에서는 입자 대부분이 Pb를 제외하고는 300-150 $\mu$ m에 분포하였다. 봉림의 경우는 저토와 토양에서 대부분의 금속 입자가 850-300 $\mu$ m범위에 속하여 상관성이 높았다. 지사에서 질량 분포를 분석해보면 저토와 토양에서 일정한 입자 크기의 규칙성을 찾아볼 수는 없었다. 녹산의 경우는 저토에서 어떤 경향을 찾아볼 수는 없었으나 토양에서는 입자 대부분이 850-300 $\mu$ m 범위에 분포하였다.

한편 6개 조사 지역 전체에 대하여 중금속의 입경별 분포를 조사해보면 물질의 대부분이 토양, 저토에 무관하게 850-300 $\mu$ m에 주로 분포하였는데, 특히 Zn, P, Pb, Cd, Mn은 그 경향이 심하였으나 Cu와 As는 비교적 여러 입자 크기에 고르게 분포하였다. 저토와 토양에서 각 물질에 따른 농도를 비교해 보면 Pb의 경우 저토가 2-8배 고농도였고,

Table 2. The mass distribution of element in Daedong  
(Unit : ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	20.40	135.70	1.70	0.20	77.14	4.44	0.49
2	38.60	252.00	93.50	0.49	137.19	7.90	0.56
3	77.40	213.90	72.30	0.39	113.89	7.00	1.65
4	7.20	46.10	-	0.11	30.80	1.70	0.19
5	0.70	4.70	-	-	2.07	0.17	0.02
sum	144.30	652.40	167.50	1.19	361.80	21.54	2.91
1'	10.15	254.52	7.99	0.17	57.24	5.82	0.49
2'	24.30	219.96	5.45	0.39	129.60	6.95	1.38
3'	21.95	91.44	4.57	0.19	31.97	5.40	0.96
4'	8.64	43.67	-	0.09	16.27	2.43	0.36
5'	5.70	34.81	2.53	0.01	14.99	1.37	0.27
sum	70.79	644.40	20.54	0.85	250.07	21.97	4.45

1-5 : size distribution of sediment  
(1:1700-500, 2:850-300, 3:300-150, 4:150-75, 5:below 75 $\mu$ m)

1'-5':size distribution of soil

Table 3. The mass distribution of element in Sunam Bridge  
(Unit : ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	20.02	45.08	5.24	1.38	58.06	5.44	0.32
2	15.00	88.41	10.46	0.52	131.87	8.02	0.12
3	34.58	73.74	8.78	0.30	83.89	8.19	0.62
4	22.80	98.93	10.33	0.32	72.65	5.29	0.32
5	0.82	5.71	2.50	0.14	30.02	2.28	0.08
sum	93.22	311.87	37.31	2.66	376.49	26.22	1.46
1'	7.16	35.68	5.75	0.10	50.16	3.23	0.17
2'	19.70	63.66	2.42	0.20	69.63	5.70	0.01
3'	14.43	59.10	3.32	0.17	64.40	4.83	0.06
4'	12.90	55.15	8.72	0.22	87.65	5.70	0.05
5'	5.31	28.42	0.03	0.10	17.21	3.26	0.05
sum	59.51	242.01	20.24	0.68	289.07	22.72	0.33

P는 토양이 다소 높은 경향을 나타내어 농약이 주 원인이 됨을 알 수 있었으며, 그 외 Zn, Cd, Mn은 Pb와 마찬가지로 저토가 토양의 2-3배 고농도를 가짐을 알 수 있었다. 단 대동교의 경우 Cu, As의 농도가 토양이 오히려 높은 경향을 띄었고, 봉림의 경우 토양에서 As의 농도가 더욱 높은 값을 띄어 As가 토양오염에 문제가 됨을 알 수 있었다. 즉, P와 As를 제외하고는 저토에서의 축적도가 토양에서보다 큼을 알 수 있었고 P와 As의 경우, 예외적인 결과는 두 물질이 모두 농약에 함유된 성분이어서 나타난 현상으로 볼 수 있다.

Table 4. The mass distribution of element in Kangdong Bridge  
(Unit:ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	39.57	194.07	13.27	0.75	226.74	9.37	3.04
2	47.09	84.93	4.39	0.69	199.52	9.29	0.77
3	13.12	34.16	0.11	0.16	38.91	2.42	0.51
4	2.67	5.99	0.83	0.02	3.46	0.70	0.10
5	2.39	10.07	0.93	0.03	3.07	0.66	0.04
sum	104.84	329.22	19.53	1.65	471.70	22.44	4.46
1'	2.50	21.93	0.65	0.02	4.14	1.10	0.08
2'	13.00	57.02	0.62	0.10	14.53	2.45	0.04
3'	48.15	171.03	-	0.14	69.58	8.74	1.35
4'	12.58	127.73	7.04	0.22	36.30	4.60	0.63
5'	7.39	65.04	-	0.09	18.83	1.94	0.29
sum	83.12	442.75	8.31	0.57	143.38	18.29	2.39

서낙동강 지역에서 원소의 전체 질량 평균값을 비교하여 보면, 강물의 경우 P > Mn > Pb > Zn > As > Cu > Cd의 농도 순이고, 저토의 경우 P > Mn > Zn > Pb > Cu > As > Cd의 농도 순이며, 토양의 경우 P > Mn > Cu > Pb > As > Cd의 순으로 강물, 저토 및 토양에서 P의 함량이 제일 많았고 중금속인 Mn, Zn이 비교적 고농도를 띄었으며, Cu, Pb, As가 다소 저농도였으며, Cd는 가장 낮은 농도였다(Table 9). 이와같은 인의 고농도는 녹산수문과 대동수문으로 막혀있는 서낙동강 전체의 부영양화를 일으키고 강전체를 녹색화 시킴을 알 수 있다. 그의 Mn, Zn 등도 다소 고농도로 강물오염의 원인이 됨을 알 수 있었다.

Table 5. The mass distribution of element in Bonglim (Unit:ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	15.71	19.97	4.62	0.13	19.57	5.47	0.06
2	25.33	92.92	17.67	0.48	129.85	15.16	0.07
3	22.04	82.10	9.58	0.39	87.58	12.49	0.01
4	12.06	46.35	2.27	0.20	46.98	6.00	0.15
5	6.91	14.90	3.45	0.07	10.46	4.29	0.08
sum	82.05	290.89	37.60	1.27	294.44	43.41	0.37
1'	10.92	175.95	0.81	0.41	33.93	4.08	0.50
2'	17.52	225.53	2.81	0.49	42.80	6.08	7.48
3'	18.04	3.20	-	0.43	51.24	6.38	1.36
4'	13.38	169.33	2.36	0.21	27.68	3.57	0.76
5'	7.03	116.88	0.23	0.10	17.29	2.00	0.28
sum	66.89	690.89	6.21	1.64	172.94	22.11	10.38

Table 6. The mass distribuion of element in Jisa (Unit:ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	112.86	256.50	16.02	1.41	185.10	18.20	5.99
2	70.65	253.80	16.67	1.26	178.49	22.93	7.45
3	57.47	194.85	16.95	1.07	156.90	14.28	7.55
4	90.38	320.50	32.15	1.63	256.25	23.38	10.08
5	175.92	306.24	24.19	1.73	205.39	24.84	10.03
sum	507.28	1331.87	105.98	7.10	982.13	103.63	41.10
1'	33.51	107.26	7.38	0.27	41.70	5.92	2.57
2'	28.23	141.32	7.44	0.30	26.37	7.64	4.26
3'	42.67	158.46	2.36	0.66	57.36	4.62	1.88
4'	5.56	59.20	-	0.13	15.80	16.40	20.10
5'	1.77	16.98	0.57	0.05	4.21	0.55	6.70
sum	111.74	483.22	15.39	1.41	145.44	35.13	35.51

Table 7. The mass distribution of element in Noksan (Unit:ppm)

element size	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
1	37.87	57.19	4.88	0.21	84.80	6.00	0.91
2	68.24	90.44	4.96	0.28	105.11	7.77	0.39
3	51.66	66.78	4.60	0.22	85.74	6.37	0.54
4	57.82	73.34	10.42	0.28	89.20	9.16	0.34
5	37.60	107.08	9.29	0.35	96.91	11.16	0.65
sum	253.19	394.83	34.16	1.34	461.76	40.46	2.83
1'	16.48	94.18	4.35	0.20	84.97	5.67	0.05
2'	27.44	140.62	8.30	0.25	121.16	9.52	0.08
3'	20.52	39.63	4.76	0.16	57.77	7.12	0.23
4'	20.43	32.39	2.78	0.13	27.29	6.39	0.01
5'	22.97	87.23	12.02	0.23	64.06	7.97	0.52
sum	107.84	394.05	32.21	0.97	355.25	36.67	0.89

Table 8. The correlation coefficient values between sediment and soil of each element in the West Nakdong river

element	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
Daedong	0.84	0.64	-	0.94	0.78	0.94	0.55
Sunam Bridge	0.45	0.91	0.51	-	0.66	0.67	0.26
Kangdong Bridge	-	-	-	-	-	-	-
Bonglim	0.91	-	0.40	0.76	0.77	0.92	-
Jisa	-	-	-	-	-	-	-
Noksan	0.66	0.38	0.12	0.37	0.61	0.32	0.20

Table 9. The total average value of element mass in the West Nakdong river

element	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
water	0.027	0.367	0.113	0.0002	0.17	0.0057	0.008
sediment	197.48	551.85	67.01	2.54	491.39	42.95	10.52
soil	83.32	482.89	17.15	1.02	226.02	26.15	8.99

한편, 강물, 저토 및 토양에서의 평균값의 비를 계산하여 보면 강물에 비하여 저토 및 토양에서의 원소 함량이 아주 크다는 것을 알 수 있었다. 저토와 물에서의 농도비 그리고 토양과 물에서의 농도비는 Cd > Cu > Zn > Mn > P > As > Pb의 순이었다. 특히 Cd, Cu의 경우 농도비가 5000이상

으로 아주 높았으며, 반면 Pb의 경우 600이하로 낮은 농도비를 보였다. 그리고 저토, 토양, 강물의 순으로 각 원소들이 고농도를 보임을 알 수 있었다 (Table 10). 그리고 저토와 토양에서는 저토가 1.5 - 4배로 토양보다 농도비가 큼을 알 수 있었다. 이 중 저토 대 토양의 농도비가 제일 큰 원소인 Pb는 토양보다는 저토에서 거의 4배 정도 더 큼을 알 수 있었다. 위 결과로 부터 Cd의 수오염은 토양과 저토에 심각한 문제를 야기시킬 수 있으며, Pb의 경우는 토양과 저토에 영향이 적음을 알 수 있었다.

Table 10. The concentration ratio of average value in water, sediment and soil

element	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
se/w	7314	1504	593	12700	2890	7535	1315
so/w	3086	1316	152	5100	1330	4588	1124
se/so	2.37	1.14	3.90	2.49	2.17	1.64	1.17

se : sediment, w : water, so : soil.

각 원소들의 강물, 저토 및 토양간의 상관 관계를 조사하여 본 결과 비교적 높은 상관 관계를 가지는 물질은 Cu와 Pb이었으며, 저토와 인접토양 사이에는 원소의 종류에 따라 상관 관계 정도가 서로 달랐다 (Table 11).

Table 11. The correlation coefficient values of each element among water, sediment and soil

element	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
w-se	-	-	0.58	-	0.69	0.99	-
w-so	-	-	0.88	-	-	0.76	-
se-so	0.036	0.13	0.16	0.80	-	0.80	0.94

서낙동강 유역에서 전체 원소에 대한 강물, 저토 및 토양사이의 상관 관계를 계산하여본 결과 상관 계수가 0.79, 0.95, 0.85로 서로 밀접한 관계에 있음을 알 수 있었다 (Table 12). 특히 물과 토양은 높은 상관 관계를 나타내었으며, 물과 저토, 저토와 토양도 다소 높은 상관성을 가짐을 알 수 있었다.

Table 12. The correlation coefficient of the average for the total mass of element in the West Nakdong river

ratio	w-se	w-so	se-so
r	0.79	0.95	0.85

### 3.3 중금속 함량의 상관성

본 연구에서 사용한 6개 지역에서의 저토 시료의 상호 연관성을 비교하기 위하여 중금속 상호간의 상관 계수를 구하여 그 상관성을 분석한 결과 (Table 13) 가장 높은 상관관계는 Zn-P, Zn-Mn, Zn-Cu, Zn-As, P-As, Cd-Cu, Cd-As, Mn-As, Cu-As간이었고, 다소 높은 상관관계는 Zn-Cd, P-Cd, P-Mn, P-Cu, Cd-Mn, Mn-Cu간이었다. 이 중 다른물질과 상관성이 가장 큰물질은 As이었다. 한편 토양에서의 상관성을 보면 (Table 14) Pb가 Mn과 매우 높은 상관성을, Zn은 Cu와 높은 상관성을 가지고 있을 뿐이었다. 전체적으로 볼 때 토양의 각 물질간 상관성은 저토에 비하여 훨씬 적었다.

Table 13. Correlation coefficient values among metals in the West nakdong river sediments

	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
Zn	1	0.92	0.41	0.85	0.93	0.91	0.92
P		1	0.61	0.89	0.89	0.88	0.94
Pb			1	0.24	0.36	0.34	0.36
Cd				1	0.85	0.90	0.96
Mn					1	0.84	0.90
Cu						1	0.94
As							1

Table 14. Correlation coefficient values among metals in the West nakdong river soils

	Zn	P	Pb	Cd	Mn	Cu	As
Zn	1	-0.10	0.33	0.22	-0.01	0.84	0.54
P		1	-0.045	0.59	-0.43	-0.20	0.24
Pb			1	-0.29	0.90	0.63	0.64
Cd				1	-0.32	0.36	0.64
Mn					1	0.35	-0.58
Cu						1	0.48
As							1

#### 4. 결 론

서낙동강 유역의 6개 지점에서 수질을 조사한 결과 전체 조사 지역중 강하류인 지사의 중금속 농도가 가장 높아 오염도가 가장 심하였고, 입자 크기에 따른 각 성분의 분포에서 대다수 850 $\mu$ m-300 $\mu$ m에 주로 분포하였고, 토양과 저토를 비교하면 영양성분의 영향으로 유추되는 P, As의 경우 토양이 높은 경향이 있으나 대다수 저토가 2-3배 고농도였다. 그리고 서낙동강 전체평균으로 보았을 때 부영양화와 녹색화의 주원인인 P가 가장 고농도였고 As와 Cd가 비교적 낮은 농도였다. 각성분의 강물, 저토, 토양간의 농도비에서 저토가 전성분에서 1.5-4배로 토양보다 고농도임을 알 수 있었다. 그리고 각 성분간 상관관계 비교 결과 Zn이 다른 성분들과 가장 관계가 깊음을 알 수 있었다. 저토 대 강물의 중금속의 농도비는 593-12700이었고 토양 대 강물의 농도비는 152-5100이었다. 이 결과 각성분의 농도는 강물보다는 토양, 토양보다는 저토에서 더 큼을 알 수 있었고, 이는 저토의 경우 토양의 경우보다 금속이온을 축적한 결과로 추측된다. 그리고 강물, 저토 및 토양 사이에서 Cu와 Pb의 상관성이 컸으며, 전체 성분에 대한 강물, 저토 및 토양간의 상관성도 높은 편이었다(상관 계수가 0.79-0.95). 한편 저토와 토양에서 각 성분간의 상호 관련성을 알아보기 위해 상관계수를 계산하여본 결과 저토의 경우가 토양에서보다 그 상관성이 훨씬 컸다.

#### 참 고 문 헌

박성배 외 6인, 1984, 탄천 수질 및 지질 오염도 조사, 서울 보건 환경 연구원보, 제20권, 449.  
 박종길,이부용, 1993, 경남지방의 월강수량의 변동율과 Anomaly Level의 출현특성, 한국환경과학회지 2(3), 179-191  
 박영규 외, 1982, 금호강 수계의 수질 오염 현황과 수질 보존 대책에 관한 연구, 영남대학교 환경 문제 연구소.

보건 사회부, 1980, 음용수 수질 관리 지침서.  
 소진탁, 이종섭, 유일수, 유은주, 김환홍, 1991, 만경강 유역 수질 및 저질토의 중금속 함량에 관한 조사 연구, 한국 육수 학회지, 24, 123.  
 양경린, 이철, 박찬걸, 서기림, 김낙배, 이인종, 정혜순, 1975, 낙동강 중류 수계의 화학적 수질 조사 연구, 한국 육수 학회지, 8, 23.  
 양성호, 강선태, 권오억, 1990, 금호강안의 토양중 중금속 분포 특성, 한국 환경 위생 학회지, 16, 83.  
 어수미, 박성배, 1992, 한강 저질층의 중금속 오염도 평가 방법에 관한 연구, 한국 환경 위생 학회지, 18, 47.  
 영남대학교 환경 문제 연구소, 1985, 대구 직할시 금호강 수계의 수질 보존 대책에 관한 연구.  
 이완구 외 1인, 1984, 폐수 분석, 하.  
 환경청, 1991, 환경 관계 법규, 환경 정책 기본법. 환경청, 환경 오염 공정 시험법 (수질 분야)  
 Jung, N., 1985, 환경과학, 형설 출판사, 141.  
 Hong, J.H., 1988, 수질 오염 개론, 형설 출판사, 17.  
 Allain, P. and Y. Mauras, 1979, Determination of Al in blood, urine, and water by inductively coupled plasma emission spectrometry, Anal. Chem., 51, 2089.  
 Atkins, P.R., 1969, Lead in a suburban environment, JCPCA, 19, 8.  
 Bae, K.S. and S.B. Park, 1992, Benthic invertebrate community and relation with tributary streams in Han river, 57, 52.  
 Berryman D., B. Bobee, D. Cluis and J. Haemmerli, 1988, Nonparametric tests for trend detection in water quality time series. Wat. Resour. Bull. 24, 545.  
 Ebihara, T., et al., 1978, Studies on the soil pollution caused by heavy metals, Gumma Ken Nogya Shikenjo Hokoku, 18, 57.  
 Hirsh, R.M., 1988, Statistical methods and

- sampling design for estimating step trends in surface-water quality. *Wat. Resour. Bull.* 24, 493.
- Hirsh, R. M. and J.R. Slack, 1984, A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Wat. Resour. Res.* 20, 727.
- Hirsh, R. M., J.R. Slack and R.A. Smith, 1982, Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Wat. Resour. Res.* 18, 107.
- Lettenmaier, D.P., 1976, Detection of trend in water quality data from records with dependent observations. *Wat. Resour. Res.* 12, 1037.
- Lettenmaier, D.P., 1988, Multivariate nonparametric tests for trend water quality. *Wat. Resour. Bull.* 24, 505.
- Preston, S.D., V.J. Bierman and S.E. Silliman, 1989, An evaluation methods for the estimation of tributary mass loads. *Wat. Resour. Res.* 25, 1379.
- Sobel, A.E., H. Yuska, D.D. Peters and B.Kramer, 1940, The biochemical behavior of Pb. *J. Bio. Chem.* 132, 239.
- Standard methods for the examination of water and waste water, 15th edition, 1981, Published by American Public Health Association(APHA), American Water Works Association(AWWA), and water pollution control federation.
- Van Belle, G. and J.P. Hughes, 1984, Nonparametric tests for trends in water quality. *Wat. Resour. Res.* 20, 127.
- Wolfgang, L. and G. Gottfried, 1989, Metals from sediments, *Wat. Res.* 23, 247.
- Hiromitsu Sakai, Yutaka Kojima and Kazuo Saito, 1986, Distribution of heavy metals in water and seived sediments in the Toyohira River, *Wat. Res.*, 20(5), 559-567.
- Hebert L. Windom, 1989, Natural trace metal concentrations in estuarine and costal marine sediments of the Southeastern United States, *Environ. Sci. Technol.*, 23(3), 312-320.
- Leonard Leoni and Franco Sartori, 1991, Trace element distributions in surficial sediments of the northern tyrrhenian sea: Contribution to heavy metal pollution assessment, *Environ. Geol. Water Sci.*, 17(2), 103-116.
- John, D. Youger and J.William Mitsch, 1989, Heavy metal concentrations in ohio river sediments-longitudinal and temporal patterns, *Ohio J. Sci.*, 89(5), 172-175.
- Lichtfuss, R. and G. Brummer, 1981, Naturlicher gehalt und anthropogene anreicherung von schwermetallen in den Sedimenten von Elbe, Eider, Trave und Schwentine *CATENA*, 8, 251-264.