

낙동강 하류의 하상구조와 오염물질과의 상관관계 연구

황선출 · 정성욱* · 박원우** · 김우성*** · 이봉헌**** · 박홍재
인제대학교 자연과학대학 환경학과, *인제대학교 보건대학원 환경관리학과,
부산전문대학교 공업화학과, *부산지방 식품의약품청, ****부산대학교화학과
(1996년 6월 23일 접수)

A Study on the Relation between Riverbed Structure and Pollutant Concentration in Downstream of Nakdong River

Sun-Chool HWANG, Sung-Ug JEONG*, Won-Woo PARK**, Woo-Seong KIM***,
Bong-Hun LEE**** and Heung-Jai PARK

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

Dept. of Environmental Science, Graduate School of Public Health, Inje University, Pusan, Korea *

Dept. of Industrial Chemistry, Pusan Junior College

****Regional Food Drug Administration*

*****Dept. of Chemistry, Pusan National University, Pusan, Korea*

(Manuscript received 23 June 1996)

This study was performed to investigate the relationship between concentrations of heavy metals in sediment and the depths of 27 sampling sites along the West Nakdong river in downstream of Nakdong River. The deepest site was Kangdong bridge nearby 20ft. From here, the depth was shallowed to Chidong gradually. In each site the smaller mesh was, the higher concentration of heavy metal became. Concentration of Zn, Cd, Cr and Cu at inflow point of Shinoo stream was 576.016 ppm, 262.307 ppm, 68.674 ppm and 61.634 ppm, respectively, the concentration was the highest at this point. From here, it was lowered gradually. The concentration of heavy metal at inflow point of Joman river was 155.328 ppm, 56.485 ppm, 25.200 ppm and 31.172 ppm, respectively, those concentrations were higher than other points with the exception of Shinoo stream.

Therefore, Joman river and Shinoo stream were the major source of pollution in West Nakdong river. Among two sources Shinoo stream was more important source of pollution. West Nakdong river has become lake by Noksan floodgate because its pollution has had influence on Bonglim.

Key words : heavy metals, sediment, depth

1. 서 론

영남의 대표적인 강인 낙동강 하류에 위치한 서낙동강은 우리나라의 대표적 곡창지대인 김해평야의 중요한 수원이며 남해안으로 흘러들어 어자원에 많은 영향을 끼친다.

그리고 김해지방은 연평균 강수량이 1397.8 mm (박종길과 이부용, 1993)로 하계에 집중되는 특성을 보이며 동계에 강우량의 변동이 커서 낙동강의 수질과 저토간의 물질이동에 영향을 줄 수 있다고 본다 (박홍재 외, 1994). 한강, 낙동강, 영산강, 금강 중 전 유역에서 간단히 약품 처리를 함으로써 식수로 사용할 수 있는 강물은 금강뿐이고 한강 하류나 낙동강 일부는 고도의 화학적 처리를 하여도 식수로 사용할 수 없을 정도로 오염되어 있다 (동남, 1994 : 송 승달, 1984 : 환경처, 1991). 4대강 가운데 가장 심각한 오염을 보이는 강은 낙동강으로 특히 하구의 오염은 근해에 끼치는 영향이 크므로 하천 그 자체의 오염뿐 아니라 적조 등의 원인이 될 수도 있다.

오늘날 하천 및 해양 등의 환경오염의 주원인으로는 공장폐수, 농약, 생활하수 등이 있다. 공장 폐수에 의한 오염물질은 중금속류, 시안화합물, 페놀, 불소, PCB (polychlorinated biphenyl) 등이 있고, 농업 및 축산 폐수에 의한 유기인, 유기염소, 질소, 인, 탄화수소 등이 있으며, 생활하수에서 기인하는 것으로는 합성세제 및 유기물 등이 있다. 이러한 물질 중 하상에 퇴적되는 물질들은 산소가 충분히 공급되지 못하는 경우에 유기물의 분해가 일어나지 않고 혐기성 반응이 진행되며 유기물의 고농축 현상이 생긴다. 그리고 이와 같은 오염물질은 홍수 및 봄과 가을에 수괴의 변동이 일어날 때 하상의 질소, 인 등의 영양염류와 중금속들이 이동하여 수면에 까지 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다 (전상호 1991 : 전상호 1990 b : Forstner and Withmann, 1981 : Hakanson, 1983 : Bostrom, 1984 : Bostrom and Jansson, 1982). 또한 이러한 퇴적물은 장기간 한 지역에 존재하여 점점 축적됨에 따라 지역적 오염을 가속화하는 원인이 되고 그 오염의 정도가 그

지역의 오염지표가 될 수 있으며 (김동천, 1992) Kemp 등 (1976)과 Leland 등 (1973)은 자연적 기원의 오염물질인 conservative 원소로는 Si, Al, Na, Mg 등이며, 인위적 기원의 오염물질인 enriched 원소로는 Hg, Pb, Zn, Cd, Cu, Cr, N, P, organic C 등이 있으며 수환경 변화에 따라 유동성이 있는 물질을 mobile 원소로 구분하였다.

최근까지의 하상퇴적물에서 중금속 오염에 대한 연구로는 한강에 대한 연구로 김 등 (1989)과 전 (1990)의 연구가 있고, 만경강에 대한 연구로 소 등 (1991)의 연구, 금호강에 대한 연구로는 송 (1984)과 서 (1985)와 정 등 (1989)의 연구, 인천지역 하천들에 대한 연구로는 김 (1988)의 연구, 청주지역 하천의 연구로는 박 (1985)의 연구, 대전지역 하천의 연구로는 이 (1988)의 연구가 있다. 또한 호수에 대한 연구로 청초호에 대해 최 (1996)의 연구가 있다. 그리고 낙동강에 대한 연구로는 이 등 (1988)과 박 등 (1994)의 연구가 있다.

본 연구는 낙동강 하류의 한 갈래인 서 낙동강을 대상으로 하였으며, 서 낙동강은 생활하수와 공장 폐수가 유입되는 신어천, 농가축산폐수가 유입되는 호계천, 생활하수, 공장폐수, 농가축산폐수가 유입되는 조만강과 그 외 지사천, 평강천 등의 지류를 포함한 수괴로 녹산 수문에 의해 하천의 흐름이 느려서 퇴적물에 대한 오염특성이 하천의 오염에 대한 중요한 지표가 될 수 있다. 그리고 퇴적과 오염의 특성은 하천의 하상구조와 밀접한 관계가 있어서 퇴적물의 mesh분포에 따른 오염특성을 연구하여 하천의 변동시 지역별 오염도를 예측하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 조사지점 선정

체취 지역은 환경 정책 기본법 제15조에 의한 토양 측정망 운영 지침 측정지역 선정기준에 따라 본 연구를 하기 전에 충분히 예비 탐사를 시행한 후 환경 오염 공정 시험법 토양편에 따라 신어천,

Table 1. The sampling sites in West Nakdong river

site	name
A	Bulam Bridge
B	Kimhae Bridge
C	Shinoe Stream
D	Hogei Stream
E	Jungsa Island
F	Juklim
G	Kangdong Bridge
H	Bonglim
I	Chid ng
J	West Nakdong Bridge
K	Joman River
L	Jomanpo
M	Dunchi Island
N	Jisa Stream
O	Pyungkang Stream
P	Noksan

호계천, 조만강의 지류, 지사천, 평강천의 지류가 유입되는 지점과 나머지 서낙동강의 전지역에 걸쳐 27개 지점을 선정하였다 (Table 1, Fig. 1)

2.2 실험재료 및 방법

실험재료의 채취는 1996년 2월 20일~6월15일까지 시행하였고 조사대상 지점에서 공정시험법에 따라 각 조사지점에서 저토 채취기 (Ekman Sampler)로 채취한 후 폴리에틸렌병에 담아 밀봉 후 보관하였다.

채취한 저토를 분쇄, 혼합하여 자연 건조시킨 후 6종류의 Molecular Sieve (mesh의 종류:170 mm 이상, 850 μ m 이상, 300m 이상, 150 μ 이상, 75 μ 이상, 75 μ 이하)로 분류하여 유해금속 측정용 특급시약인 질산, 염산, 과염소산을 사용하여 질산-염산-과염소산 교체시료 분해법으로 전처리하였다. 중금속 분석은 Inductively Coupled Plasma (SPS 1200A Plasma Spectrophotometer, SII Seiko Instruments)를 사용하여 분석하였다. 강의 깊이는 초음파 측정기 (Interphase Echo 220)를 이용하여 서낙동강의 27개의 조사지점에서 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 깊이에 따른 하상구조

27개의 조사지점에서 깊이를 측정한 결과는 Table 2와 같았고, 그 중 강동교 근처 (site 13)가 24ft로 가장 깊었으며 다음으로 녹산수문 근처 (site 27)가 20ft 정도로 깊었으며 강동교로부터 치등 (site 18과 19)까지 점점 얕아진후 조만강의 합류 지점인 둔치도 하단 (site 26)에서 21ft로 깊은 경향을 띄었다 (Fig. 2).

3.2 site별 mesh에 따른 중금속농도와 mesh 6 (75 μ m 이하)의 중금속 농도

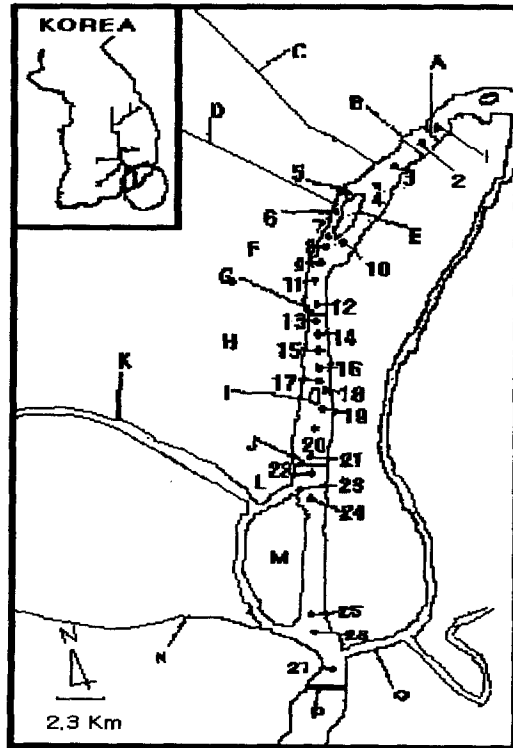


Fig. 1. The Sampling sites in West Nakdong River

Table 2. Depth of sites in West Nakdong River(unit : ft)

site	name	site	depth	site	depth
1	7	11	7	21	11
2	8	12	10	22	7
3	8	13	24	23	8
4	8	14	14	24	9
5	7	15	8	25	4
6	11	16	5	26	21
7	7	17	7	27	20
8	6	18	7		
9	11	19	8		
10	6	20	9		

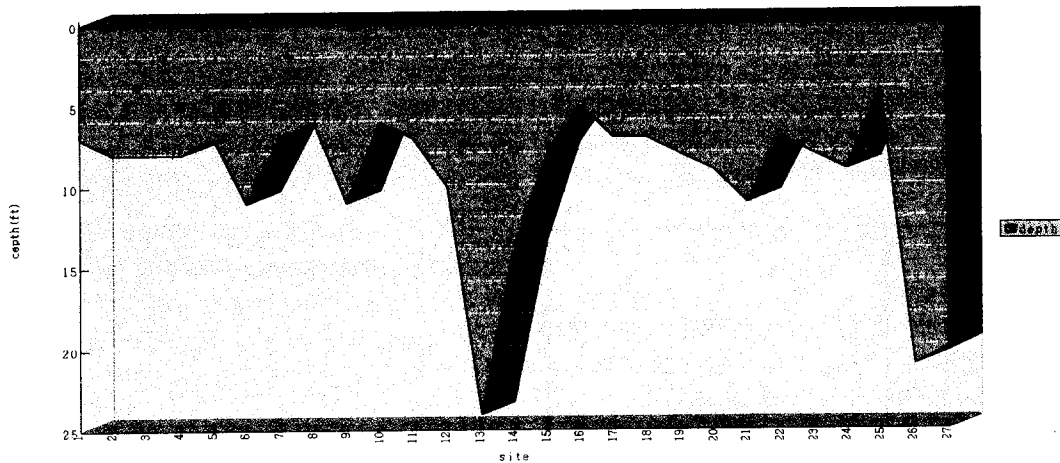


Fig. 2. Depth distribution of site in West Nakdong River (unit : ft)

Sample mesh의 크기는 Table 3과 같으며, 각 실험지점에서 mesh에 따른 중금속의 농도는 Table 4에서 mesh가 작을수록 중금속의 농도가 큰 것으로 나타났다. 그 중 하천에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 mesh 6인 75 μ 이하 (단, site 2, 7, 13, 18, 25는 그 site에서 존재하는 가장 작은 mesh를 적용)인 입자들의 각 지점에서 농도분포는 Table 5와 같았다.

Zn, Cd, Cr, Cu, Mg는 불암교와 김해교 사이 지점 (site 2)에서 고농도의 경향을 보인것은 생활하수의 영향으로 보이며, 신어천이 유입되는 지점 (site 7)은 신어천의 왼쪽에 자리한 어방공단과 오른쪽에 위치한 안동공단의 공장폐수의 영향으로 보이며, 조만강과 서낙동강의 합류지점 (site 26)에

Table 3. Mesh size of molecular sieve

mesh	size
1	170 mm 이상
2	850 μ 이상
3	300 μ 이상
4	150 μ 이상
5	75 μ 이상
6	75 μ 이하

서 조류의 영향을 받은 미세한 입자는 합류지점의 상류 (site 25)에서 더욱 높은 경향을 띄었다 (Fig. 3~7). Pb의 경우 다른 중금속과 비슷한 경향성은 보이거나 죽림 (site 11)에서 봉림 (site 15)까지가 뉴

Table 4. Concentration distribution of heavy metal in according to mesh at each sampling site (unit : ppm).

sample	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
1~1	134.850	43.095	3.399	20.250	19.605	3689.500
1~2	134.750	41.100	3.278	20.315	20.325	3689.500
1~3	134.950	39.840	3.142	19.355	21.280	3689.500
1~4	135.450	40.385	3.396	20.235	18.670	3689.500
1~5	127.300	42.325	3.323	19.525	20.510	3689.500
1~6	150.250	54.800	3.968	24.255	27.795	3689.500
2~2	116.450	27.475	1.830	12.400	14.645	3689.500
2~3	222.850	54.500	3.873	25.795	28.720	3689.500
2~4	151.200	36.025	2.643	18.025	16.635	3689.500
2~5	201.200	51.350	3.407	24.125	38.155	3689.500
2~6	234.450	73.250	4.443	31.270	43.155	3689.500
3~1	319.700	55.300	3.637	48.670	32.710	3689.500
3~2	325.500	57.300	3.723	49.130	35.210	3689.500
3~3	317.250	60.700	3.853	51.450	34.230	3689.500
3~4	289.500	56.450	3.673	46.500	32.335	3689.500
3~5	272.250	53.550	3.494	45.320	34.015	3689.500
3~6	289.250	59.800	3.785	50.950	49.425	3689.500
4~1	67.150	31.420	3.039	20.150	11.000	4231.000
4~2	64.400	35.350	3.243	21.765	13.315	4231.000
4~3	54.720	23.445	2.465	16.455	11.325	4230.000
4~4	47.720	21.095	2.164	15.135	7.160	4227.500
4~5	96.700	50.500	4.221	31.730	24.895	4230.500
4~6	78.700	34.700	3.209	22.060	11.845	4231.000
5~1	329.700	47.960	3.656	38.715	35.320	3952.500
5~2	678.500	91.050	7.060	76.700	72.050	4431.000
5~3	587.000	81.150	6.330	69.600	59.450	4431.000
5~4	601.500	82.350	6.920	71.400	59.450	4431.000
5~5	569.500	80.200	6.890	70.750	66.050	4431.000
5~6	580.000	83.950	7.170	71.300	70.400	4431.000
6~1	56.650	11.960	0.784	4.551	5.010	646.500
6~2	532.000	109.900	6.665	57.800	62.000	4431.000
6~3	549.500	128.800	7.060	60.450	61.600	4431.000
6~4	545.500	186.250	7.140	60.600	61.350	4431.000
6~5	548.000	307.700	7.415	60.850	72.750	4431.000
6~6	532.500	476.050	7.950	59.200	65.550	4431.000
7~2	572.500	130.000	7.655	44.310	57.200	4431.000
7~3	552.500	162.000	7.610	52.550	54.500	4431.000
7~4	515.500	251.300	7.580	49.915	50.750	4431.000

Table 4. continued

sample	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
7~5	505.500	498.550	6.785	45.260	51.150	4431.000
8~1	346.000	78.600	6.790	45.070	44.725	4431.000
8~2	370.650	82.100	7.715	46.830	47.110	4431.000
8~3	351.250	112.200	6.960	46.270	45.110	4431.000
8~4	328.500	100.100	7.715	45.180	41.860	4431.000
8~5	331.800	107.400	8.180	44.755	42.330	4431.000
8~6	336.050	142.300	9.220	47.015	50.600	4431.000
9~1	246.550	52.800	5.420	39.260	29.875	4431.000
9~2	246.900	54.250	5.725	40.570	30.890	4431.000
9~3	275.850	62.900	6.630	46.010	32.800	4430.500
9~4	148.250	33.160	3.775	24.690	18.295	4397.500
9~5	267.900	69.050	7.375	48.060	33.575	4431.000
9~6	178.900	45.500	4.946	32.210	32.480	4430.000
10~1	169.400	38.120	3.346	33.210	17.935	4231.000
10~2	177.600	41.900	3.346	36.685	20.555	4231.000
10~3	127.550	31.200	2.590	25.890	14.445	4231.000
10~4	128.400	30.775	2.770	26.910	13.495	4225.500
10~5	167.050	42.815	3.496	36.685	20.685	4230.500
10~6	229.750	62.550	4.853	53.700	35.595	4230.500
11~1	266.750	3.008	52.900	51.800	28.415	3353.000
11~2	268.950	3.221	57.850	55.750	30.720	3269.000
11~3	266.500	3.220	54.850	54.050	29.225	3277.500
11~4	284.950	3.991	62.100	60.350	33.520	3262.500
11~5	332.350	3.834	64.300	60.850	80.600	3251.500
12~1	294.300	3.259	55.650	59.000	30.890	3210.500
12~2	268.750	3.110	52.150	55.700	30.215	3300.000
12~3	246.200	2.937	48.785	52.550	28.300	3330.500
12~4	263.500	3.248	57.500	57.450	30.090	3210.500
12~5	255.900	3.197	52.800	54.600	32.770	3232.000
12~6	264.250	3.297	53.550	56.150	39.690	3322.500
13~2	271.700	3.204	53.000	60.250	32.795	3246.500
13~3	270.600	3.360	54.350	60.550	31.650	3212.500
13~4	252.550	3.275	53.900	55.650	29.530	3281.000
13~5	218.850	2.829	43.590	43.480	40.255	3461.000
13~6	532.000	3.505	811.000	50.200	51.150	3366.500
14~1	138.500	2.238	28.450	29.585	16.110	3408.000
14~2	140.750	2.321	31.890	31.565	16.445	3445.500
14~3	120.600	2.104	26.520	26.455	13.405	3456.500
14~4	107.150	1.966	34.480	14.880	11.300	3210.500

낙동강 하류의 하상구조와 오염물질과의 상관관계 연구

Table 4. continued

sample	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
14~5	181.750	3.203	49.960	43.105	21.250	3329.500
14~6	194.200	3.468	51.900	45.750	26.530	3330.500
15~1	237.950	3.181	41.590	49.055	32.840	3258.000
15~2	239.400	3.186	43.845	49.875	33.690	3353.000
15~3	226.700	3.011	43.680	47.995	28.095	3378.000
15~4	244.400	3.367	46.305	53.700	33.425	3329.000
15~5	264.500	3.584	50.700	57.050	40.645	3253.500
15~6	145.800	2.058	28.060	28.405	28.760	3487.500
16~1	118.150	36.310	4.066	24.790	14.370	4418.500
16~2	130.200	40.320	4.665	26.615	15.475	4431.000
16~3	44.080	14.575	1.776	8.285	4.147	2107.000
16~4	56.250	17.735	2.330	16.645	5.965	3291.000
16~5	152.050	43.745	5.855	29.260	21.735	4431.000
16~6	221.850	66.450	7.535	42.015	38.040	4431.000
17~1	182.450	51.900	4.935	33.700	25.085	3383.000
17~2	173.200	50.500	4.767	34.385	26.140	3383.000
17~3	182.450	55.200	5.260	35.260	25.980	3883.000
17~4	157.950	49.320	4.901	32.475	23.220	3383.000
17~5	166.800	54.550	5.155	33.850	26.370	3383.000
17~6	146.500	48.410	4.468	29.595	38.695	3383.500
18~1	126.550	34.210	3.469	23.255	15.615	3383.500
18~2	130.050	34.805	3.572	27.655	18.250	3383.500
18~3	64.850	18.475	1.622	11.515	7.180	2478.000
18~4	98.000	30.360	3.011	20.780	12.785	3383.500
18~5	133.100	39.965	4.079	28.745	22.450	3383.500
19~1	98.250	27.980	2.890	19.775	12.580	3381.000
19~2	109.400	32.325	3.388	23.225	17.415	3383.500
19~3	104.400	30.960	3.114	20.205	12.685	3383.500
19~4	58.550	19.260	2.008	13.220	6.815	3117.500
19~5	121.550	38.725	4.060	24.890	17.020	3383.500
19~6	174.900	57.550	5.405	35.035	27.715	3383.500
20~1	170.700	61.600	4.926	33.390	24.080	3383.000
20~2	179.650	68.750	5.190	36.170	25.070	3383.000
20~3	141.700	59.200	4.306	29.230	20.205	3383.000
20~4	209.900	104.200	6.245	40.985	28.590	3383.000
20~5	121.900	86.100	3.769	24.940	18.455	3383.500
20~6	192.200	173.300	6.170	39.970	32.775	3383.000
21~1	128.050	54.500	4.665	30.645	19.080	3383.000
21~2	147.750	58.600	5.060	28.555	20.685	3210.000

Table 4. continued

sample	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
21~3	114.900	45.915	3.973	23.680	16.185	3383.500
21~4	120.050	48.990	4.283	24.475	17.380	3383.500
21~5	128.650	55.650	4.815	27.760	21.400	3383.500
21~6	162.700	76.250	5.950	34.815	29.425	3383.000
22~1	132.600	43.450	4.114	26.470	17.485	3383.500
22~2	142.700	50.050	4.415	26.645	29.335	3383.500
22~3	58.950	18.395	1.830	12.370	7.495	3016.000
22~4	93.400	31.010	3.205	18.430	10.660	3383.500
22~5	110.350	37.465	3.788	22.320	14.985	3383.500
22~6	126.300	47.135	3.992	24.130	34.295	3383.500
23~1	143.950	43.690	3.591	29.650	21.880	4230.500
23~2	161.600	47.670	3.974	31.090	24.950	4230.500
23~3	151.150	45.665	3.836	32.575	22.750	4230.500
23~4	129.150	42.835	3.577	27.385	19.530	4230.500
23~5	143.100	49.775	4.080	29.950	24.215	4230.500
23~6	180.700	62.550	5.035	37.200	41.115	4230.500
24~1	104.950	36.685	2.267	20.605	17.750	4228.000
24~2	170.900	59.250	4.137	34.795	29.885	4230.500
24~3	163.400	53.400	3.896	31.560	28.445	4230.500
24~4	169.150	56.650	4.359	33.525	27.900	4230.500
24~5	167.650	57.950	4.881	36.355	30.445	4230.500
24~6	160.350	54.000	4.714	34.535	36.090	4230.500
25~3	14.370	6.380	0.509	4.910	1.782	1231.500
25~4	20.565	7.540	0.691	5.865	2.559	1904.000
25~5	50.100	16.150	2.437	14.945	16.170	4009.000
26~1	163.900	60.800	4.389	26.780	30.450	4230.500
26~2	151.750	53.500	3.978	23.940	29.790	4230.500
26~3	155.700	55.700	4.137	25.235	30.130	4230.500
26~4	153.000	57.150	4.070	25.045	31.330	4230.500
26~5	158.100	57.800	4.159	26.810	40.415	4230.500
26~6	103.800	37.030	2.458	16.220	34.360	4230.000
27~1	157.450	60.150	3.616	23.290	30.020	3689.500
27~2	146.100	54.650	3.222	21.300	28.130	3689.500
27~3	133.250	47.730	2.914	19.860	28.450	3689.500
27~4	142.050	54.400	3.213	21.655	28.890	3689.500
27~5	127.200	48.275	2.900	19.280	29.890	3689.500
27~6	57.000	23.130	1.226	9.245	15.320	2747.500

Table 5. Concentration distribution of heavy metal in according to mesh 6 at each sampling site (unit : ppm)

site	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
1~6	9.250	3.374	0.244	1.493	1.711	227.135
2~5	60.583	18.928	1.148	8.080	11.151	953.385
3~6	15.529	3.210	0.203	2.735	2.653	198.078
4~6	3.672	1.619	0.150	1.029	0.553	197.392
5~6	58.239	8.422	0.719	7.153	7.063	44.545
6~6	67.708	60.530	1.011	7.527	8.335	563.404
7~4	118.871	117.237	1.596	10.643	12.028	1041.975
8~6	3.084	1.306	0.085	0.440	0.464	40.658
9~6	7.350	1.869	0.203	1.323	1.334	182.032
10~6	13.641	3.714	0.288	3.188	2.113	251.173
11~5	27.075	0.312	5.238	4.957	6.566	213.999
12~6	17.020	0.212	3.514	3.617	2.556	213.999
13~5	24.842	0.164	37.870	2.344	2.388	157.198
14~6	8.852	0.158	2.366	2.085	1.209	151.813
15~6	7.769	0.110	1.495	1.514	1.533	185.841
16~6	8.389	2.513	0.285	1.589	1.438	167.549
17~6	5.063	1.841	0.170	1.126	1.472	128.704
18~5	9.172	2.502	0.255	1.800	1.406	211.840
19~6	8.713	2.867	0.269	1.745	1.381	168.556
20~6	14.570	13.138	0.468	3.030	2.670	306.924
21~6	14.761	6.918	0.540	3.159	2.670	123.671
22~6	4.616	1.723	0.146	0.882	1.254	123.671
23~6	6.128	2.121	0.171	1.261	1.394	143.462
24~6	3.887	4.189	0.366	2.679	2.800	328.208
25~3	91.576	9.223	1.391	8.535	1.245	153.244
26~6	3.760	1.342	0.089	0.588	1.245	153.244
27~6	3.763	1.527	0.081	0.610	1.011	181.391

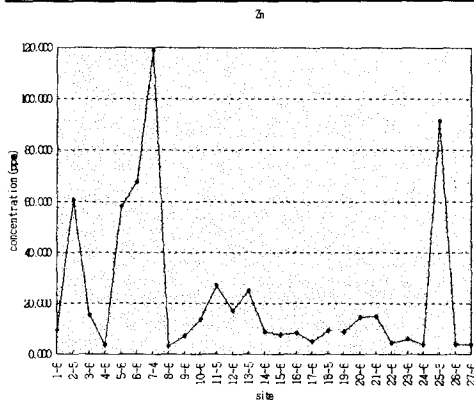


Fig. 3. Concentration distribution of Zn at each sampling site (unit:ppm)

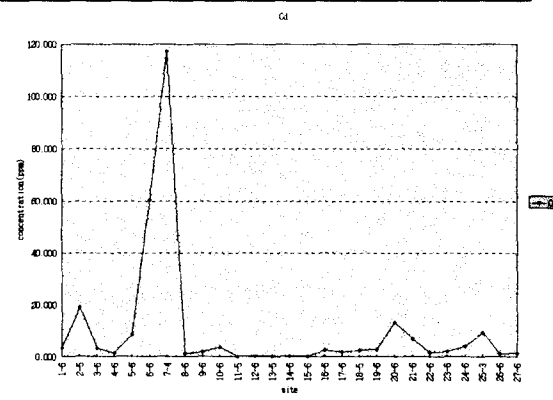


Fig. 4. Concentration distribution of Cd at each sampling site (unit:ppm)

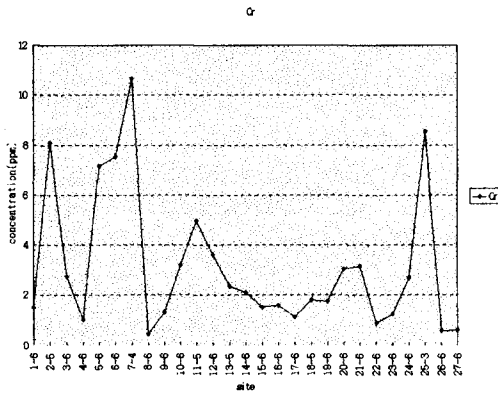


Fig. 5. Concentration distribution of Cr at each sampling site (unit:ppm)

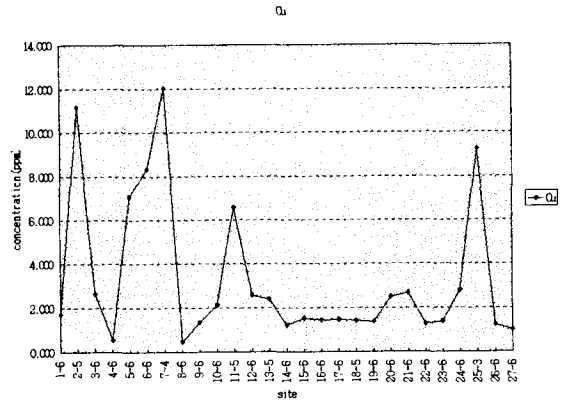


Fig. 6. Concentration distribution of Cu at each sampling site (unit:ppm)

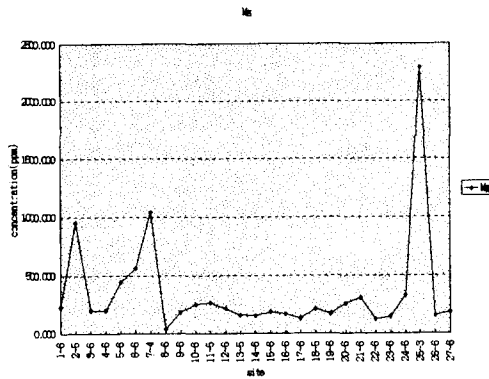


Fig. 7. Concentration distribution of Mg at each sampling site (unit:ppm)

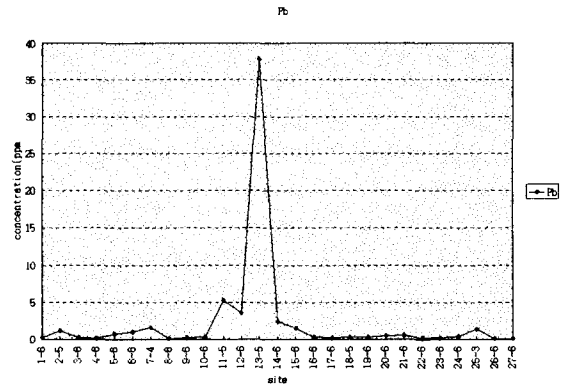


Fig. 8. Concentration distribution of Pb at each sampling site (unit:ppm)

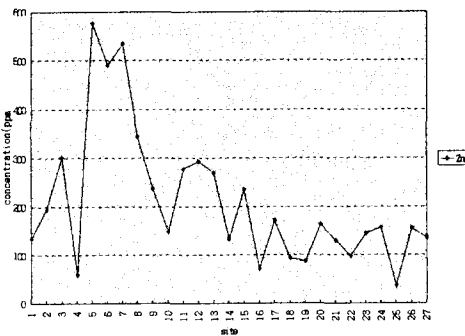


Fig. 9. Total concentration distribution of Zn at each sampling site (unit:ppm)

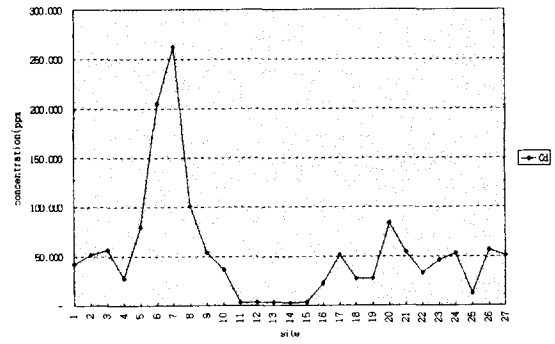


Fig. 10. Total concentration distribution of Cd at each sampling site (unit:ppm)

Table 6. Total concentration of heavy metal at each sampling site (unit : ppm)

site	Zn	Cd	Pb	Cr	Cu	Mg
1	134.271	42.363	3.376	20.242	20.317	3,689.53
2	193.527	51.807	3.407	23.672	31.569	3,651.84
3	300.861	57.034	3.689	48.212	34.408	3,689.50
4	59.101	27.628	2.665	18.625	11.045	4,229.06
5	576.016	79.956	6.527	68.674	61.634	4,386.96
6	590.073	204.914	6.522	53.942	58.159	4,017.26
7	533.946	262.307	7.415	48.484	53.078	4,431.00
8	344.188	100.866	7.444	45.714	44.068	4,431.00
9	237.303	54.073	5.737	39.588	29.433	4,425.17
10	147.882	36.274	3.086	31.294	17.126	4,229.58
11	276.835	3.413	57.635	56.045	34.609	3,284.72
12	292.914	3.500	59.185	61.907	34.334	3,647.29
13	269.210	3.213	87.465	55.733	33.571	3,289.94
14	132.976	2.317	34.052	27.154	15.154	3,429.58
15	235.450	3.178	44.298	50.096	32.679	3,338.98
16	71.455	22.273	2.763	15.803	8.519	3,012.98
17	171.736	51.810	4.967	33.656	25.615	3,383.02
18	93.623	27.153	2.637	18.516	12.008	3,025.44
19	87.146	27.256	2.793	18.220	11.356	3,252.60
20	163.294	83.965	4.897	32.884	23.576	3,383.22
21	129.874	54.507	4.660	27.365	19.884	3,383.33
22	97.524	32.652	3.255	19.344	13.213	3,331.48
23	144.652	45.793	3.791	30.007	22.801	4,230.50
24	157.006	53.289	3.986	31.821	27.842	4,230.10
25	36.122	12.212	1.649	10.848	10.168	2,963.91
26	155.328	56.485	4.113	25.200	31.172	4,230.48
27	135.383	50.786	3.025	20.250	27.813	3,627.31

시터와 선착장으로 이루어져 뉘시추의 남에 의해 영향을 받아 농도가 큰 경향을 보였다 (Fig. 8).

3.3 각 지역별 중금속 농도 총량

각 지역별 중금속 농도 총량은 Table 6과 같았다. 각 조사지점에서의 중금속 중 인위적인 오염원인 Zn, Cd, Cr, Cu의 경우 비슷한 경향을 보이는데 강동교와 김해교 사이 지점 (site 2)에서 생활하수의 영향으로 다소 높고 신어천이 유입되는 지역 (site 5)에서 가장 고농도를 보이고 점차 낮아져 저농도

로 되는 경향을 띄었다. 결과적으로 안동공단과 어방공단의 중심을 흐르는 신어천이 서낙동강의 주요한 오염원으로 추정된다 (Fig. 9~12). 자연적인 오염원인 Mg의 경우 위의 중금속들과 비슷한 경향을 보이거나 녹산수문 근처의 조만포 앞 (site 23, 24)에서 다소 높은 농도를 보였다 (Fig. 13). 인위적인 오염원인 Pb의 경우 다른 중금속과 달리 죽림 (site 11)에서 봉림 (site 15)까지가 뉘시터와 선착장으로 이루어져 뉘시추의 남에 의해 영향을 받아 농도가 큰 경향을 보였다 (Fig. 14).

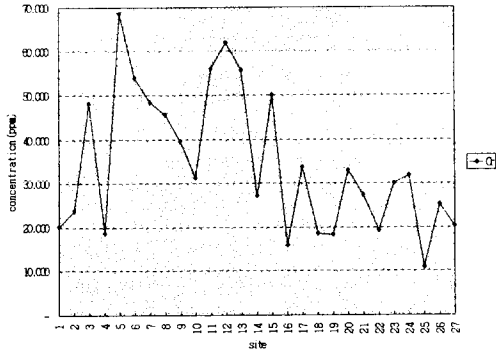


Fig. 11. Total concentration distribution of Cr at each sampling site (unit:ppm)

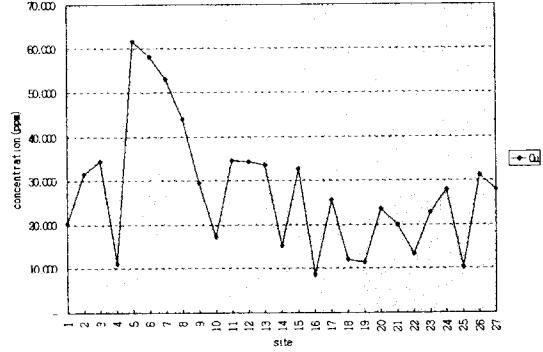


Fig. 12. Total concentration distribution of Cu at each sampling site (unit:ppm)

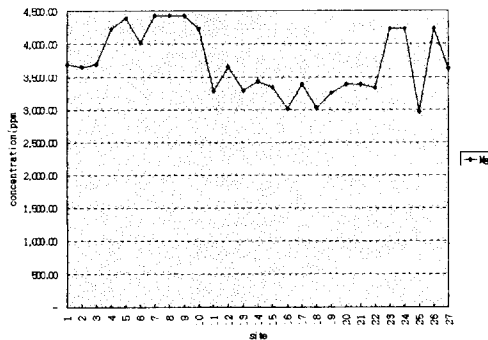


Fig. 13. Total concentration distribution of Mg at each sampling site (unit:ppm)

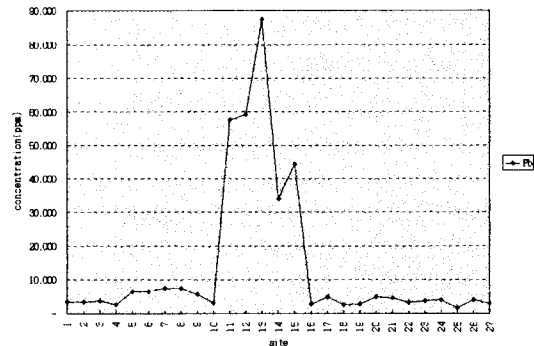


Fig. 14. Total concentration distribution of Pb at each sampling site (unit:ppm)

4. 결 론

서낙동강의 27개 지점을 선정하여 조사해본 결과 강의 깊이는 강동교 근처 (site 13)가 24 ft로 가장 깊었으며 다음으로 녹산수문 근처 (site 27)가 20 ft 정도로 깊으며 강동교로부터 치등 (site 18과 19의 중앙)까지 점점 얕아진후 조만강의 합류지점인 둔치도 하단 (site 26)에서 21 ft 정도로 깊은 경향을 띄었다. 지역별 mesh에 따른 중금속의 농도는 mesh가 작을수록 중금속의 농도가 큰 것으로 나타났다.

지역적 오염특성은 중금속 중 인위적 오염원인 Zn, Cd, Cr, Cu의 경우 비슷한 경향을 보이는데 강동교와 김해교 사이에서 생활하수의 영향으로 다소 높은 경향을 띄었고, 신어천이 유입되는 유입지

점에서 각 농도가 Zn (576.016 ppm), Cd (262.307 ppm), Cr (68.674 ppm), Cu (61.634 ppm)으로 농도를 보이며 하구로 갈수록 점차 농도가 낮아지는 경향을 띄었다. 또한, 녹산수문 근처의 조만강이 유입되는 지점에서 Zn (155.328 ppm), Cd (56.485 ppm), Cr (25.200 ppm), Cu (31.172 ppm)으로 다소 높은 경향을 보였다.

서낙동강의 주요오염원은 김해시와 장유로부터 흐르는 조만강과 그 규모는 작으나 안동공단과 어방공단의 중심을 흐르는 신어천이다. 그 중 신어천이 가장 큰 오염원이었으며, 신어천의 오염이 봉림까지 영향을 미친다는 사실로부터 녹산수문이 서낙동강을 호수화하는 경향이 있음을 알 수 있었다. 하상의 깊이가 가장 깊은 강동교 주변과 조만강의 유입지점은 특히 납의 농도가 높았고, 이는 다른

지역에 비해 인근에 낚시터가 많아 낚시추 등이 가장 깊은 곳으로 유동하여 납이 용출된 결과로 추정된다.

참 고 문 헌

김동천, 1992, 청주지역 하천 하상퇴적물의 중금속 함량 분석, 청주대학교 산업경영대학원, 학위논문집.

김용국, 정권, 라경호, 신정식, 1989, 한강으로 유입된 저질층의 중금속오염도조사, 서울보건환경연구원보, 제25권, 409~417.

김주원, 1988 인천지역 하상 퇴적물의 중금속함량에 관한 조사연구, 숭실대학교 산업대학원, 36 pp.

동남 개발 연구원, 1994, 낙동강 상수 원수 수질 개선 방안.

박영규외, 1982, 금호강 수계의 수질 오염 현황과 수질 보존 대책에 관한 연구, 영남대학교 환경문제 연구소.

박종길, 이부용, 1993, 경남지방의 월강수량의 변동율과 Anomaly Level의 출현 특성, 한국환경과학회지, 2 (3), 179~191.

박종석, 1985, 청주시 석남천 저질의 중금속 및 PCBs 오염에 관한 조사연구, 청주대학교 산업대학원, 33 pp.

박홍재, 박종길, 박원우, 1994, 서낙동강 유역 강물, 저토 및 토양의 중금속 분포 특성, 한국환경과학회지, 3 (4), 409~416.

보건 사회부, 1990, 음용수 수질 관리 지침서.

서유덕, 1985, 금호강 하류의 저니 안정화 반응기에 관하여, 영남대학교 공업화학과 대학원, 학위논문집.

소진탁, 이종섭, 유일수, 유은주, 김환홍, 1991, 만경강 유역 수질 및 저질토의 중금속 함량에 관한 조사 연구, 한국 육수 학회지, 24, 123.

송승달, 1984, 금호강 유역의 수질, 토양 및 무의 중금속 함량에 관한 연구, 경북대학교 보건대

학원, 학위논문집.

이기중, 1988, 낙동강 하구의 중금속분포에 관한 연구, 부산대학교 산업대학원, 85 pp.

이봉우, 1988, 대전지역 하천수 및 저질의 중금속 함량에 관한 연구, 청주대학교 산업대학원, 36 pp.

전상호, 1990 b, 한강퇴적물에 함유된 오염물질의 존재형태와 이동성에 관한 연구, 한국 환경과학 연구협의회 연구 보고서, 37 pp.

전상호, 1991, 호소 퇴적물 준설이 수질에 미치는 영향의 평가 방법에 관한 연구, 한국 환경과학 연구협의회 연구 보고서, 60 pp.

정병휴, 김병수, 이환교, 신현수, 1989, 금호강 저질층에 함유된 중금속의 분포와 오염원과의 상관성 검토, 경북 보건환경연구소보, 101~163.

최남희, 1996, 청초호 퇴적물의 지구화학적 특성과 오염물질의 농축계수에 관한 연구, 강원대학교 환경대학원, 학위논문집.

환경청, 1991, 환경 관계 법규, 환경 정책 기본법.

환경청, 1991, 환경 오염 공정 시험법 (수질 분야).

Allain P. and Mauras Y. 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 Park S.B. 1992, Benthic invertebrate community and relation with tributary streams in Han river, 57, 52.

Berryman D. Bobee B. Cluis D. and Haemmerli J. 1988, Nonparametric tests for trend detection in water quality time series. Wat. Resour. Bull. 24, 545.

Bostrom B., 1984, Potential mobility of phosphorus in different types of lake sediment. Int. Revue Ges. Hydrobiol., 69 (4), 457~474.

Bostrom B., M. Jansson and C. Forsberg, 1982, Phosphorus release from lake sediments. Arch. Hydrobiol. Beih. 18, Ergebn. Limnol.,

- 5~59.
- Ebihara T, et al. 1978, Studies on the soil pollution caused by heavy metals, Gumma Ken Nogya Shikenjo HOKOKU, 18, 57.
- F rtner U. and G. T. W. Wittmann, 1981, Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, 486 pp.
- Hakanson L. and M. Jansson, 1983, Principles of lake sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, 316 pp.
- 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 Slack J.R. 1984, A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Wat. Resour. Res. 20, 727.
- Hirsh R.M. Slack J.R. and Smith R.A. 1982, Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Wat. Resour. Res. 18, 107.
- Hong, J.H. 1988, 수질 오염 개론, 17 pp, 형설 출판사.
- Kemp A. L. W., R. L. Thomas, C. I. Dell and J. M. Jaquet, 76, Cultural impact on the geochemistry of sediments in Lake Erie. J. Fish. Res. Board Can, 33., 440~462.
- Leland H. V., S. S. Shukla and N. F. Shimp, 73, Factors affection distribution of lead and other trace elements in sediments of southern Lake Michigan. Ann Arbor Mich, 89~129.
- 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. Bierman V.J.Jr. and Silliman S.E. 1989, An evaluation methods for the estimation of tributary mass loads. Wat. Resour. Res. 25, 1379.
- Sobel A.E. Yuska H. Peters D.D. and Kramer B. 1940, The biochemical behavior of Pb. J. Biol. 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 Hughes J.P. 1984, Nonparametric tests for trends in water quality. Wat. Resour. Res. 20, 127.
- Wolfgang L and Gottfried G. 1989, Metals from sediments, Wat. Res. 23, 247.