

서낙동강의 오염 특성과 오염 퇴적물의 활용 방안

박흥재[†] · 유수진 · 이봉현* · 정징운 · 안호기 · 박원우*

인제대학교 환경학과

*부산대학교 화학과

Pollution Characteristics and Application of River Sediment of the Western Nakdong River

Heung Jai Park[†], Soo Jin Yoo, Bong Hun Lee*, Jing Woon Jeong,
Ho Gi An and Won Woo Park*

Department of Environmental Science, Inje University, Kimhae 621-749

*Department of Chemistry, Pusan National University, Pusan 609-735

(Received 28 December 2000 ; Accepted 20 February 2001)

ABSTRACT

The pollution characteristics of water and river sediment were studied through the water quality analysis and the heavy metal analysis of river sediment in the Western Nakdong river, and then a commercial tile using the polluted sediment was produced. The analytical results of the riverbed structure and the depth distribution in the Western Nakdong river were that Macdo Stream(site 2) was the deepest(13 ft). The analytical result of water quality showed that BOD was the highest in the Hoge Stream(site 6); COD, Suanduengchi Island(site 1); SS, Macdo Stream(site 2); T-N, Suanduengchi Island(site 1); T-P, Macdo Stream(site 2). Therefore the deeper the site was the higher the pollution concentration was. The result of heavy metal analysis of the river sediment was that Pb and Cr were the highest in Kangdong Bridge(site 9); Cd, Macdo Stream(site 2), so the deeper the site was the higher the pollution concentration was. The production of tile using the mixture of the polluted sediment and the raw material was successful, so the reuse of polluted sediment was possible.

Keywords : Pollution characteristic, Polluted sediment, Heavy metal

I. 서 론

우리 나라의 4대강 전 유역에서 간단한 약품 처리에 의해 식수로 사용할 수 있는 강물은 금강뿐이고 한강 하류나 낙동강 일부는 고도로 화학적 처리를 하여도 식수로 사용할 수 없을 정도로 오염되어 있으며 강의 오염, 특히 하구의 오염은 근해에 끼치는 영향이 크므로 하천 그 자체의 오염뿐 아니라 적조를 일으키는 원인이 될 수도 있다. 서낙동강은 낙동강의 하류 대동 수문에서 시작하여 녹산 수문을 거쳐서 바다와 연결되는 연장 18.5 km로 조만강, 평강천 등의 지천과 연결되며¹⁾ 우리 나라의 대표적 곡창 지대인 김해 평야의 중요한 수원이며 남해안으로 흘러들어 어자원에 많은 영향을 끼친다.

하천 오염의 주원인으로는 공장 폐수, 농약, 생활 하수 등을 들 수 있다. 공장 폐수에 의한 오염 물질은 중금속, 시안 화합물, 페놀, PCB 등이 있고 생활 하수에 기인하는 것으로는 합성 세제, 유기물 등이 있다. 이러한 물질은 하천의 유량 및 유속, 하상 구조 등의 영향으로 하상의 저층에 퇴적된다. 그러한 과정에서 일부는 하천의 자정 작용에 의하여 자연 정화되나 과도하게 투입된 오염 물질은 완전히 정화가 이루어지지 못하고 2차 오염을 유발하게 된다. 오염 물질이 장기간 한 수역에 존재함으로써 지역적 오염을 가속화하는 원인이 되고 그 오염 정도가 그 수역의 오염 지표가 될 수 있다.

한편 하천의 하상 구조는 오염 물질의 흐름과 퇴적에 중요한 지표가 되며 지속적인 구조 변화를 연구함으로써 오염 물질의 고정 축적원에 대한 패턴을 정립할 수 있다. 하천의 준설 과정에서 채취된 준설 퇴적물은 해양으로의 투기나 매립 등의 방법으로 처리되고 있는데 함유된 오염 물질의 용출로 인하여 여러 환경 문제를

[†]Corresponding author : Department of Environmental Science, Inje University, Kimhae 621-749
Tel: 055-320-3418, Fax: 055-320-3418
E-mail: envphi@ijnc.inje.ac.kr

유발할 가능성을 내포하고 있다. 그 예로서 농작물의 생육 저해와 지하 및 지표수의 오염을 들 수 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 서낙동강을 대상으로 퇴적물에 대한 오염 특성이 하천의 오염에 대한 중요한 지표가 될 수 있으므로²⁾ 서낙동강의 오염 정도를 파악하고 오염원을 규명함과 동시에 하상 구조와 퇴적물의 오염 물질간의 관계에 대해 알아보고, 환경 정화 및 자원 활용 측면의 일환으로 퇴적물에 함유된 중금속의 용출로 인한 2차 오염을 방지할 목적으로 퇴적물을 기존 타일 원료와 일정 비율로 혼합하여 저토 함량 비율에 따른 타일을 제작한 후 강도, 흡수율 및 수축률 등을 측정, 오염 물질의 저감 및 실용 가능성에 관하여 알아보고자 한다.

II. 조사 대상 및 실험 방법

1. 조사 지점 선정

강물 및 저토 채취 지역은 환경 정책 기본법 제 15

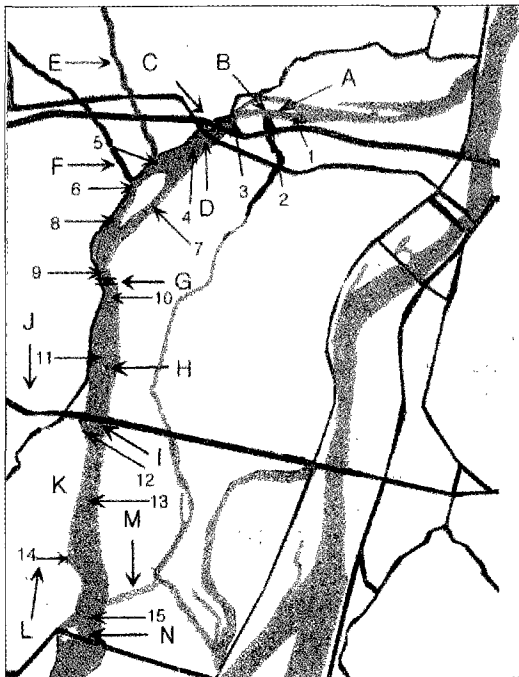


Fig. 1. The sampling sites in the Western Nakdong River.
A : Suandeungchi Island, B : Macdo Stream, C : Bulam Bridge, D : Kimhae Bridge, E : Shinoe Stream, F : Hoge Stream, G : Kangdong Bridge, H : Chidong, I : Western Nakdong Bridge, J : Joman River, K : Dunchi Island, L : Jisa Stream, M : Pyungkang Stream, N : Noksan

조에 의한 토양 측정망 운영 지침의 측정 지역 선정 기준에 따라 본 연구를 하기 전에 충분한 예비 탐사를 시행한 후 기존의 서낙동강에 관한 연구³⁾에서 선정되었던 지점을 참고로 서낙동강에서 15개 지점(Fig. 1)을 GPS(Global Positioning System, Motorola model No A11131B118)를 사용하여 선정하였다.

2. 조사 기간 및 방법

채물은 조사 대상 지점에서 1999년 7월 8일부터 8월 27일까지, 2000년 7월 6일부터 9월 27일까지 수질 오염 공정 시험법⁴⁾에 따라 채수하였고, 퇴적물은 퇴적물 채취기(Ekman Dredge, 316SS Wildco, Saginaw, MI48602)로 채취하여 폴리에틸렌 병에 담아 밀봉 후 보관하여 분석하였다. 하상의 구조는 GPS(Global Positioning System, Motorola model No A11131B118)와 초음파 측정기(Interphase Echo 220)를 이용하여 각 조사 지점에서 탐사하였다.

3. 수질 분석법

채수된 시료의 생물학적 산소 요구량(BOD)은 수질오염 공정 시험법에 따라 분석하였고, 화학적 산소 요구량(COD)은 수질오염 공정 시험법에 따라 산성 조건, 100°C에서 과망간산칼륨법을 이용하여 분석하였으며, 부유 물질(SS)은 수질오염 공정 시험법에 따라, 총 질소(T-N)와 총인(T-P)은 수질오염 공정 시험법에 따라 자외선 흡광 광도법으로 분석하였다.⁴⁾

4. 저토 중의 중금속 분석법

채취한 저토는 자연 건조 후, 분쇄, 혼합하여 유해 중금속 측정용 특급 시약인 질산, 염산, 과염소산을 사용하여 질산-염산-과염소산 고체 시료 분해법으로 전처리 하였다. 전처리 후 Inductively Coupled Plasma(SPS Plasma Spectrophotometer, S II Seiko Instrument)를 사용하여 저토 중 중금속을 분석하였다.⁵⁾

5. 오염 퇴적물을 활용한 타일의 제작

자원 활용 및 환경 정화 대책의 일환으로 퇴적물에 함유된 중금속의 용출로 인한 2차 오염을 방지할 목적으로 다음 과정과 같이 퇴적물을 이용한 타일을 제작 하였다. 채취한 퇴적토를 자연 건조시킨 후 퇴적토를 절구에서 3시간 동안 분쇄시키고 80~140 mesh 체로 거른 후 수분이 6~7% 정도 함유되도록 한다. 한편 타일 소지를 절구로 분쇄한 후 분쇄된 분말을 80~140 mesh 체로 거른다. 퇴적물 분말과 타일 소지 분말을 비율별로 혼합하여 수분이 6~7% 함유되도록 한 후

300 psi의 압력으로 5초 동안 press하여 직경 5 cm의 시편을 제작한다. 제작된 시편은 외장형 타일 제작 온도인 1040°C에서 1시간 소성하여 타일로 제작한다.

6. 제작된 타일에서의 중금속 용출량 측정

제작된 타일에서의 중금속 용출량 측정은 폐기물 공정 시험 방법의 용출 시험 방법⁸⁾에 따라 측정하였다.

7. 제작된 타일의 특성 비교

본 연구에서 제작한 타일이 실제 우리의 일상 생활에 사용 가능한지 그 여부를 알아보기 위하여 한국 공업 규격의 시험법으로 강도, 흡수율 및 수축률에 대하여 조사하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 깊이에 따른 하상 구조

서낙동강 15개 조사 지점에서 깊이를 측정한 결과 (Fig. 2) 대동 수문 근처에서 맥도천 합류 지점 전까지는 비교적 완만하다가 맥도천(site 2)에서 13ft로 급격하게 깊어졌다가 다시 완만해지는 움푹 들어간 형태의 하상 구조를 나타내었는데, 맥도천(site 2)이 13ft로 가장 깊었고 강동교(site 9)와 녹산 수문(site 15)이 비교적 깊었으며 호계천(site 6) 가장 얇았다.

2. 수질 분석 결과

서낙동강 15개 site의 수질 분석 결과(Table 1)⁹⁾ BOD의 경우 호계천(site 6)이 5.228 ppm으로 가장 높았으며, 녹산 수문(site 15)이 2.160 ppm으로 가장 낮았다. 이 중 신어천(site 5)도 5.028 ppm으로 그 농도가 높았는데 이는 서낙동강 유역에서 신어천에서의 BOD 기준 오염 물질 발생량은 9,449.6 kg/일로 29%를 차지하고 있어 오염 물질 발생량이 많은 신어천에서 높은 수치를 보이는 것을 실험 결과를 통하여 알 수 있었다.

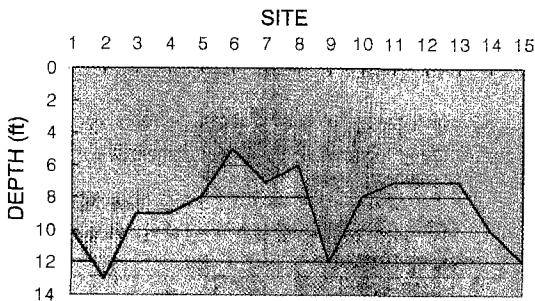


Fig. 2. Depth distribution of the Western Nakdong River.

다. COD의 경우 수안동치점(site 1)이 11.413 ppm으로 가장 높았으며, 둔치도(site 13)가 6.432 ppm으로 가장 낮게 나타났다. SS의 경우 맥도천(site 2)이 47.466 ppm으로 가장 높았고, 선암교(site 4)가 6.330 ppm으로 가장 낮았다. T-N의 분석 결과 수안동치점(site 1)이 4.066 ppm으로 가장 높았으며, 호계천(site 6)이 1.720 ppm으로 가장 낮았다. T-P 분석 결과는 맥도천(site 2)이 0.287 ppm으로 가장 높았으며 강동교와 치등 사이(site 10)가 0.152 ppm으로 가장 낮았다. 수심이 깊은 맥도천 유입 부분(site 2)과 강동교 근처(site 9), 녹산 수문 근처(site 15)에서 비교적 높은 오염도를 보이고 있어 수심이 깊은 곳에서 오염 농도가 높은 경향이 있음을 알 수 있었다.

Table 1. Water quality of the Western Nakdong River (unit : ppm)

site	BOD	COD	SS	T-N	T-P
1	2.928	11.413	25.555	4.066	0.262
2	2.996	11.358	47.466	3.580	0.287
3	2.728	10.717	39.443	3.600	0.178
4	3.032	10.519	6.330	2.575	0.230
5	5.028	10.536	9.660	2.000	0.179
6	5.228	9.343	12.190	1.720	0.227
7	4.660	8.063	43.170	1.900	0.182
8	3.928	7.463	15.600	2.540	0.253
9	4.532	7.577	14.440	1.832	0.265
10	3.520	6.995	18.000	2.800	0.152
11	3.916	8.905	14.000	2.280	0.163
12	3.892	6.890	18.500	2.420	0.193
13	3.532	6.432	8.500	3.180	0.178
14	3.340	6.565	17.165	2.946	0.205
15	2.160	6.434	15.500	4.001	0.173

Table 2. Heavy metal concentrations in the sediments of the Western Nakdong River (unit : ppm)

site	Pb	Cd	Cr
1	12.776	0.098	13.032
2	25.692	2.677	33.215
3	9.265	1.365	7.278
4	18.928	1.976	20.841
5	11.888	1.409	6.547
6	14.792	0.656	12.890
7	24.168	2.220	19.539
8	19.127	1.413	18.402
9	31.647	2.083	40.517
10	19.808	1.293	17.475
11	8.695	N.D.	13.521
12	8.883	0.306	7.295
13	15.810	0.737	14.273
14	16.047	0.503	11.200
15	29.367	1.644	20.137

Table 3. The quality comparison of the produced tiles Sediment at site 1 Sediment at site 3

%	Intensity(kgf/cm ²)	Absorptivity(%)	%	Intensity(kgf/cm ²)	Absorptivity(%)
0	16.70	12.064	0	28.02	10.220
5	17.36	12.928	5	24.48	12.957
10	16.40	13.592	10	26.40	12.418
15	22.26	12.829	15	24.64	12.421
20	24.74	12.561	20	24.66	12.888
25	25.58	13.831	25	27.64	13.570

Table 4. The elution concentration of heavy metal by acidic solution

(unit : ppb)

Sediment 1				Sediment 2			
%	Pb	Cd	Cr	%	Pb	Cd	Cr
0	23.840	0.114	1.929	0	41.495	0.016	5.951
5	20.972	0.010	2.002	5	25.690	0.088	3.628
10	20.478	0.089	1.699	10	14.653	0.031	3.589
15	21.059	0.129	0.047	15	10.367	N.D.	3.051
20	22.316	N.D.	2.363	20	16.557	0.158	3.292
25	23.511	0.021	2.153	25	21.971	0.034	1.931

3. 퇴적물 중 중금속 분석 결과

저토 중 중금속을 분석한 결과(Table 2)¹⁰⁻¹²⁾ Pb의 경우 강동교(site 9)가 31.647 ppm으로 가장 높게 나타났고 강동교와 치등 사이(site 11)가 8.695 ppm으로 가장 낮았다. Cd는 맥도천 유입 부분(site 2)이 2.677 ppm으로 가장 높았으며 치등(site 11)이 가장 낮았다. Cr의 경우 강동교(site 9)가 40.517 ppm으로 가장 높았고 신어천(site 5)이 6.547 ppm으로 가장 낮게 나타났다.

4. 제작된 타일의 특성 비교

퇴적물을 첨가하여 만든 타일의 강도는 한국 공업 규격(KS)에서 규정한 1.23 kgf/cm² 이상이었고 흡수율 또한 KS에서 규정한 18% 이하였으며, 수축률도 우수하여(Table 3) 건축 자재로 사용 가능성이 있다는 것을 알 수 있었다.

5. 산성 용액에 의한 타일의 중금속 용출량 측정 결과

모든 site에서 제작한 타일의 중금속 검출량이 적어 퇴적물을 첨가하여 제작한 타일의 중금속이 산성 용액에 의해 거의 용출되지 않음을 알 수 있었다(Table 4).¹³⁾

이상의 결과로 볼 때 강의 하상 구조와 오염도간의 상관 관계를 고찰해보면 수질과 퇴적물중 중금속 분석 결과 수심이 깊은 곳에서 오염도가 높게 나타나고 있으므로 특정하게 깊은 곳을 움푹 패인 형태로 인위적으로 만들어 퇴적물이 축적되면 이를 준설하는 방법으로 하천의 오염을 줄이는 것도 한 가지 방법이라 생각되며,¹⁴⁾ 준설된 퇴적토가 2차적인 환경 오염을 야기할 수 있으므로 이의 처리 방안으로 오염된 퇴적토를 이

용, 타일을 제작하는 활용 방법을 모색하여 기존 타일 소지와 오염 퇴적토를 혼합하여 타일을 제작하는데 성공하였으며 산성비에 의해 타일의 중금속이 용출되는지 그 여부를 실험한 결과 중금속이 소량 용출되었고,¹⁵⁾ 기존 타일과의 강도, 흡수율 및 수축률 비교 시 본 연구에서 제작한 타일이 좋은 결과를 보였다. 그러므로 준설 퇴적토를 해양 투기나 매립 등의 방법으로 처리하였을 때 유발되는 2차적인 환경 오염 문제를 해결하고¹⁶⁾ 나아가 폐기물을 활용할 수 있는 타일을 제작한 것은 오염된 수질 환경을 개선하는데 큰 역할을 하리라 생각된다.

참고문헌

- 1) 강서구청 : 서낙동강 정화 계획안, 1991.
- 2) 김도훈 : 서낙동강의 수질 오염도에 관한 조사 연구, 인제대학교 보건대학원, 환경 관리학과, 1992.
- 3) 황선출, 정성욱, 이봉현, 박홍재 : 낙동강, 서낙동강, 수영천 하구의 하상 구조에 따른 연중 퇴적 저토의 오염 특성 연구와 부산 근해 적조와의 영향에 관한 연구, 한국 환경과학회지, 6(5), 513-520, 1997.
- 4) 환경처 고시 제91-85호, 수질 오염 공정 시험법, 1991.
- 5) 박홍재, 박종길, 박원우 : 서낙동강 유역 강물, 저토 및 토양의 중금속 분포 특성, 한국 환경 과학회지, 6(2), 183-187, 1994.
- 6) 서병직 : 폐기물 발생 예측과 자원화 활용 방안에 관한 연구, 한양대학교 한양과학 대학원, 석사 학위 논문, p.50, 1989.
- 7) 이철 : 재활용을 위한 기술적 접근, 폐기물, 3, 145, 1993.
- 8) 공해 공정 시험법, 1981년 2월 환경처 고시 제81-2호.

- 9) 정영언 : 낙동강 하류 역의 수질 및 저질 중의 중금속 분포 특성, 부산전문대학 공업화학과, 1994.
- 10) Furtner, U. and Wittmann, G.T.W.: Metal pollution in the aquatic environment, Springer Verlag, 486, 1981.
- 11) 김동천 : 청주지역 하천 하상 퇴적물의 중금속 함량 분석, 청주대학교 산업 경영대학원 학위논문집, 1992.
- 12) 김주원 : 인천지역 하상 퇴적물의 중금속 함량에 관한 조사 연구, 숭실대학교, 1988.
- 13) 심상규 : 산성비, 화학세계, 대한화학회, 32(7), 640-646, 1985.
- 14) Ramalho, R.S.: Introduction to wastewater treatment processes, 2nd ed., p. 272, 1983.
- 15) 이민희 : 산성비 강하 물질 분석, 대기 오염 물질의 장거리 이동과 산성비 강하에 관한 연구, 국립 환경 연구원, 1990.
- 16) Metcalf and Eddy, Wastewater engineering treatment, disposal reuse, Mcgraw-Hill, pp.424-485, 1979.