

좌광천 하천퇴적물 특성 연구

김도훈[†] · 김미희 · 강성원 · 김효진
폐기물분석과

A Study on the Characteristics of Sediments in Jwagwang Stream

Do-Hoon Kim[†], Mee-Hee Kim, Seong-Won Kang and Hyo-Jin Kim
Industrial Waste Analysis Division

Abstracts

In this study, The distribution and concentration of heavy metals and other organic/ inorganic matters have been investigated sediments at 7 sites of the Jwagwang stream.

Generally, the concentration of the heavy metals in sediments was lower than the preliminary standards in accordance with the Soil Environment Conservation Act. The concentration of Cu in Byeongsan 1, bridge(S1) was mostly low and the Cu concentration range of the other sites were from 0.914 to 23.895 mg/kg. Cu concentration of the lower regions was appearing lower than that of the upper region.

The concentration of Cd in Imrang bridge, bridge(S7) was mostly high and the Cd concentration range of the other sites was The average concentration of heavy metals from 0.071 to 2.135 mg/kg. The Cd concentration of winter and fall was higher than that of spring and summer. The average of 7 sites was 0.359 mg/kg. Eventually, there was no change The average concentration of heavy metals Compared with last year.

서 론

산업 고도화가 진행되면서 인간 활동에 따른 환경오염 문제가 점차 증대되는 가운데 특히 산업폐수 및 생활하수에 의한 하천오염은 우리나라 전역에서 심각하게 진행되어가고 있다. 이는 도시생활 및 산업 활동에 의해 생산되는 폐수 속에 포함된 중금속 원소들이 배출지점과 주변 하부 수계의 하천수 및 하상퇴적물을 심하게 오염 시킬 수 있기 때문이다¹⁾. 따라서 상수원수로 사용되고 있는 하천이나 호소 등의 공공수역 내의 자연 정화력은 떨어지고 있으며, 수생 생태계 등 수질환경은 점차 악화되고 있는 추세이다.

하상퇴적물 중 오염물질의 농도 측정은 환경오염 실태를 파악하는 방법의 하나로 이용되는데 이는 하상퇴적물이 장기간 한 지역의 대기, 수질 및 토양으로부터 광범위

한 오염물질을 축적할 뿐만 아니라 축적된 오염물질들은 자연적으로 제거되기가 매우 어렵고 유기물의 분해나 그에 따라 나타나는 물리 화학적 조건의 변화에 의해 장기간에 걸쳐 수층으로 이동하기 때문에 그 지역의 오염지표로 이용될 수 있다³⁾. 퇴적물은 산업폐수, 생활하수, 침출수, 도시 및 농촌의 강우 유출수에 포함되어 하천으로 유입된 유기물, 영양염류, 유해화학물질 등의 오염물질이 침강되어 오염이 된다. 이러한 오염으로 인해 퇴적물이 수서 생물 혹은 국민건강에 악영향을 미칠 수 있는 농도 이상의 중금속, 다환방향족탄화수소류, 농약, 폴리크로리네이티비페닐 등의 유해화학물질을 포함하는 경우 오염 퇴적물이라 일컫는다⁴⁾.

수계에서 검출되는 여러 가지 유해물질 중 금속류는 자체의 강한 독성 뿐 아니라 높은 잔류성으로 생물체에 큰 위협을 나타내기 때문에 잔류성중금속 유해물질에 대한

[†] Corresponding author, E-mail : kp5042@korea.kr

Tel : +82-51-757-7505, Fax : +82-51-753-1424

많은 연구가 진행되어왔다. 특히 퇴적물에 저장된 오염물질은 일단 수중으로부터 제거되지만 확산, 재 부유, 생물교란 등으로 인하여 다시 수중으로 용출되며, 수질 및 수생태계에 직, 간접적인 영향을 미치게 된다⁵⁾. 퇴적물에 포함된 중금속 등의 유해물질은 환경의 변화에 따라 생화학적 반응을 통해 수중으로 재 용출되어 수생생물에게 악영향을 미치게 되는데, 특히 잔류성 및 생물농축성이 강한 유해화학물질은 저서생물에게는 물론이고 생물농축과정을 거쳐 먹이사슬을 통해 연결되어 있는 수생생물, 더 나아가서는 국민건강에 악영향을 미칠 수 있다.

우리나라 환경정책도 기존의 물, 대기, 토양의 관리와 더불어 수생태계의 구성요소인 퇴적물 오염에 따른 심각성을 인식하고 적절한 관리가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 퇴적물의 적절한 관리에 필요한 오염 현황 평가와 오염방지에 중요한 기초 자료 제공을 목적으로 좌광천 퇴적물의 중금속농도를 시기별로 측정, 분석하여 좌광천 수계 퇴적물의 중금속 및 유기물질의 오염실태와 현황에 대해 파악하고 좌광천 및 연안지역의 효율적인 수질 관리를 위한 정보자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

연구대상지역

좌광천은 병산저수지에서 발원하여 상류계곡 구간을 제외하고는 정관신도시를 관통하여 바다로 흘러가는데 정관면 병산리 금동골에서 발원하여 정관면 침식분지를 통과하면서 용천산, 백운산, 망월산, 문래봉, 함박산의 계곡에서 내려오는 물과 합류하여 유하하다가 장안을 좌천리에서 덕선천과 합류하면서 바다로 유입되는데 하천연장은 14.50 Km, 유역면적은 43.65 Km이다.

정관신도시를 가로지르는 유일한 하천인 좌광천은 주거 밀집과 인근에 정관지방산업단지, 하수처리장, 폐기물소각장, 폐기물매립지, 음식물사료화공장 등 수생태계에 영향을 줄 수 있는 산업시설이 산재해 있다. 이로 인해 좌광천은 그 규모는 작지만 향후 정관 신도시의 높은 인구밀도와 오염원의 밀집으로 인하여 단위면적당 오염 부하량이 높아질 것으로 예상되고 있다. 특히 적은 유량과 낮은 수심, 물의 정체로 인해 하상 부유물이 다량 존재하고 있으며 도시화에 따른 오염원의 증가로 수계에의 영향이 우려되고 있다. 따라서 본 연구에서는 좌광천의 중요성을 인지하고 좌광천의 수질에 있어서 퇴적물의 직, 간접적인 영향 파악 및 관리를 목적으로 상류 1개 지점, 중류 4개 지점, 하류 2개지점 등 총 7개 지점을 선정하여 퇴적물을 채취하였으며 시료채취 지점은 Fig. 1 및 Table 1에 나타내었다.



Fig. 1. Location of the sampling sites.

Table 1. Sample sites and number in Fig. 1.

River	No.	District
Jwagwang stream	S1	Byeongsan 1 bridge
	S2	Yongsu bridge
	S3	Jungang bridge
	S4	In front of SungJin Metal CO., LTD
	S5	In front of JangWoo Machinery CO., LTD
	S6	Jwacheong bridge
	S7	Imrang bridge

시료채취방법

채취회수는 2010년부터 2011년까지 2년간에 걸쳐 분기 1회로 총 8회 채취하였으며, 채취지점은 총 7개 지점으로 좌광천 상류지점인 병산저수지 아래 병산1교 지점, 중류지역은 용수교, 중앙교, 승진금속 앞, 장우기계 앞 등 4개 지점이며, 하류지역은 좌천교, 임랑교 등 2개 지점으로 이루어졌으며, 하상퇴적물의 시료채취는 채니기 및 모종삽을 사용하였다. 한 지점에서 최소 3군데 이상의 퇴적물을 모아 한 개의 복합시료로 하였다.

각 채취지점에서 채니기 및 모종삽을 사용하여 퇴적물을 채취한 후 교란되지 않은 부분의 표층에서 2-5 cm 깊이까지를 표층퇴적물로 하였으며, 시료 보관은 폴리에틸렌비닐 용기에 담아 공기유입을 차단하고 저온상태로 빠른 시간 내에 실험실로 운반하여 즉시 실험을 실시하거나 냉장 보관 후 실험하였다. 채니기 및 모종삽을 사용한 퇴적물 채취모습을 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.



Fig. 2. samples collected by ponar grab.

분석항목 및 분석방법

중금속(Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr, Zn, Mn)

Hg을 제외한 7개 항목의 중금속 분석을 위하여 토양오염공정시험기준에 의하여 각각의 채취지점에서 채취한 시료를 법랑제 또는 폴리에틸렌 바트 위에 균일한 두께로 하여 직사광선이 닿지 않는 장소에서 통풍이 잘 되게 펼쳐 놓고 풍건시킨 다음, 눈금간격 2 mm의 표준체로 체걸음한 시료를 균일하게 혼합하여 분석용 시료로 사용하였다.

현재 국내에서는 퇴적물에 대한 명확한 실험방법이 없어 퇴적물 중의 중금속을 분석하는데 있어 어떠한 방법을 이용하여 중금속을 추출하느냐가 중요한 쟁점이 된다.

본 연구에서는 (구)토양오염공정시험방법의 0.1 N HCl에 의한 용출시험 방법을 적용하여 분기별 중금속 추이변화를 살펴보았다.

Cd, Cu, Pb, Cr와 AS는 풍건한 분석용 시료 10 g을 정밀하게 취하여 100 mL 삼각플라스크에 넣고 0.1 N HCl 50 mL를 넣은 뒤에 항온수평진탕기(100회/분, 진



Fig. 3. samples collected by trowel.

폭10 cm)를 사용하여 30 ℃를 유지하면서 1시간 동안 진탕한 다음 5B여과지로 여과한 여액을 원자흡광분광광도계(AAS, Varian spectraAA220)와 유도결합플라즈마-

원자발광분광계(ICP-AES, Varian-720ES)를 이용하여 분석하였다. Hg은 채취지점에서 채취한 토양에서 돌, 나무 등 협잡물을 제거한 후 분석용 시료로 하였으며 수은

Table 2-1. Concentration of heavy metals in stream sediments (1) (unit : mg/kg)

Sampling site	Cu			Cd			Pb			Zn			
	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	
S1	winter	3.142	8,950	6,046	0.294	1,285	0.790	3.52	10.40	6.96	25,461	69,241	47,351
	spring	1.490	2,210	1,850	0.095	0.115	0.105	0.97	3.06	2.01	21,846	47,164	34,505
	summer	0.914	1,215	1,065	0.201	0.090	0.146	2.81	1.60	2.21	39,625	32,446	36,036
	fall	2.364	0,605	1,485	0.098	0.045	0.072	1.35	1.05	1.20	96,477	51,493	73,985
	Avg	1.978	3,245	2,611	0.172	0.384	0.278	2.16	4.03	3.09	45,852	50,086	47,969
S2	winter	15,214	13,550	14,382	0.220	0.505	0.363	5.16	10.81	7.99	69,451	65,147	67,299
	spring	14,355	7,465	10,910	0.185	0.241	0.213	4.62	3.55	4.09	50,107	86,146	68,127
	summer	12,645	14,900	13,773	0.398	0.287	0.343	4.17	6.40	5.29	90,249	64,625	77,437
	fall	8,417	9,325	8,871	0.080	0.041	0.061	5.79	6.07	5.93	101,875	71,142	86,509
	Avg	12,658	11,310	11,984	0.221	0.269	0.245	4.94	6.71	5.82	77,921	71,765	74,843
S3	winter	8,824	9,485	9,155	0.359	0.542	0.451	4.98	9.44	7.21	71,246	99,167	85,207
	spring	3,360	1,765	2,563	0.071	0.185	0.128	2.95	3.69	3.32	77,914	74,256	76,085
	summer	7,990	18,600	13,295	0.275	0.173	0.224	5.43	6.85	6.14	53,621	35,875	44,748
	fall	4,470	4,053	4,262	0.110	0.057	0.084	4.80	4.60	4.70	51,475	142,317	96,896
	Avg	6,161	8,476	7,318	0.204	0.239	0.222	4.54	6.14	5.34	63,564	87,904	75,734
S4	winter	7,140	8,547	7,844	0.255	0.384	0.320	6.17	14.78	10.48	100,241	85,294	92,768
	spring	4,755	1,409	3,082	0.080	0.380	0.230	3.94	4.20	4.07	66,137	74,161	70,149
	summer	3,147	2,880	3,014	0.297	0.135	0.216	9.65	4.51	7.08	61,625	148,559	105,092
	fall	3,605	1,614	2,610	0.205	0.121	0.163	3.90	2.95	3.43	39,411	59,663	49,537
	Avg	4,662	3,613	4,137	0.209	0.255	0.232	5.92	6.61	6.26	66,854	91,919	79,386
S5	winter	9,887	15,970	12,929	2,135	0.330	1,233	9.26	9.10	9.18	111,286	142,412	126,849
	spring	3,560	1,737	2,649	0.143	0.307	0.225	2.51	3.85	3.18	88,304	77,824	83,064
	summer	3,525	2,005	2,765	0.180	0.125	0.153	3.67	3.37	3.52	49,250	31,927	40,589
	fall	1,793	4,214	3,003	0.224	0.081	0.153	2.88	3.94	3.41	101,988	193,430	147,709
	Avg	4,691	5,982	5,336	0.671	0.211	0.441	4.58	5.07	4.82	87,707	111,398	99,553
S6	winter	15,472	12,450	13,961	0.585	0.175	0.380	6.48	9.80	8.14	142,192	123,592	132,892
	spring	10,120	13,700	11,910	0.291	0.729	0.510	2.35	7.65	5.00	98,645	114,058	106,352
	summer	14,730	9,100	11,915	0.410	0.337	0.374	4.97	3.69	4.33	78,154	57,130	67,642
	fall	19,920	18,100	19,010	0.303	0.240	0.272	5.95	6.25	6.10	49,213	49,319	49,266
	Avg	15,061	13,338	14,199	0.397	0.370	0.384	4.94	6.85	5.89	92,051	86,025	89,038
S7	winter	21,200	18,000	19,600	0.630	0.575	0.603	6.14	15.78	10.96	54,991	85,902	70,447
	spring	17,105	14,855	15,980	0.475	0.582	0.529	3.22	7.01	5.12	92,013	79,500	85,757
	summer	23,595	21,840	22,718	0.790	0.885	0.838	7.49	6.55	7.02	134,187	83,875	109,031
	fall	23,895	35,750	29,823	0.656	0.656	0.656	7.60	6.29	6.95	47,612	29,199	38,406
	Avg	21,449	22,611	22,030	0.638	0.675	0.656	6.11	8.91	7.51	82,201	69,619	75,910
Avg(S1~S7)	9.523	9.796	9.659	0.359	0.343	0.351	4.74	6.33	5.53	73,736	81,245	77,490	
Min	0.914	0.605	1,065	0.071	0.041	0.061	0.97	1.05	1.20	21,846	29,199	34,505	
Max	23,895	35,750	29,823	2,135	1,285	1,233	9.65	15,78	10.96	142,192	193,430	147,709	

Table 2-2. Concentration of heavy metals in stream sediments (2)

(unit : mg/kg)

Sampling site	As			Mn			Hg			Cr			
	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	
S1	winter	0.417	0.081	0.249	154,284	187,417	170,851	0.0153	0.0861	0.0507	0.943	3,295	2,119
	spring	0.259	0.369	0.314	95,167	140,460	117,814	0.0098	0.0159	0.0129	1,044	0.445	0.745
	summer	0.245	0.455	0.350	203,169	217,125	210,147	0.0216	0.0106	0.0161	0.790	0.255	0.523
	fall	0.360	0.517	0.439	131,013	241,469	186,241	0.0549	0.0676	0.0612	1,892	0.195	1,044
	Avg	0.320	0.355	0.338	145,908	196,618	171,263	0.0254	0.0451	0.0352	1,167	1,048	1,107
S2	winter	0.331	1.205	0.768	144,165	108,328	126,247	0.0290	0.1217	0.0754	1,271	1,685	1,478
	spring	0.209	0.170	0.189	120,854	116,630	118,742	0.0349	0.0640	0.0495	0.539	1,005	0.772
	summer	0.107	0.268	0.187	221,349	249,125	235,237	0.0417	0.0226	0.0322	0.812	1,497	1,155
	fall	0.605	0.656	0.631	103,548	58,638	81,093	0.0439	0.0497	0.0468	0.942	0.620	0.781
	Avg	0.313	0.575	0.444	147,479	133,180	140,330	0.0374	0.0645	0.051	0.891	1,202	1,046
S3	winter	0.618	0.225	0.422	172,649	146,449	159,549	0.0176	0.0818	0.0497	1,209	2,045	1,627
	spring	0.182	0.449	0.316	192,617	202,784	197,701	0.0075	0.0100	0.0087	2,107	1,195	1,651
	summer	0.421	0.515	0.468	239,662	212,250	225,956	0.0093	0.0367	0.0230	1,042	0.740	0.891
	fall	0.394	0.407	0.400	194,137	249,738	221,937	0.0488	0.0560	0.0524	0.468	0.881	0.675
	Avg	0.404	0.399	0.401	199,766	202,805	201,286	0.0208	0.0461	0.033	1,207	1,215	1,211
S4	winter	0.419	0.360	0.390	121,349	106,421	113,885	0.0115	0.0783	0.0449	1,214	1,580	1,397
	spring	0.314	0.334	0.324	154,006	175,090	164,548	0.0082	0.0093	0.0088	0.946	1,120	1,033
	summer	0.340	0.454	0.397	188,791	163,625	176,208	0.0189	0.0251	0.0220	0.891	0.355	0.623
	fall	0.425	0.334	0.379	152,193	182,788	167,490	0.0725	0.0433	0.0579	0.520	0.447	0.484
	Avg	0.375	0.370	0.372	154,085	156,981	155,533	0.0278	0.0390	0.033	0.893	0.876	0.884
S5	winter	0.407	0.355	0.381	111,906	281,200	196,553	0.0162	0.2414	0.1288	1,045	0.960	1,003
	spring	0.213	0.399	0.306	99,138	183,170	141,154	0.0074	0.0083	0.0079	1,342	0.846	1,094
	summer	0.440	0.360	0.400	159,875	106,375	133,125	0.0168	0.0085	0.0126	0.485	0.391	0.438
	fall	0.455	0.436	0.445	121,781	263,025	192,403	0.0351	0.0394	0.0372	0.605	0.315	0.460
	Avg	0.379	0.387	0.383	123,175	208,443	165,809	0.0189	0.0744	0.047	0.869	0.628	0.749
S6	winter	0.764	0.195	0.480	95,188	41,700	68,444	0.0715	0.2053	0.1384	2,005	0.991	1,498
	spring	1.041	1.497	1.269	140,192	148,960	144,576	0.0516	0.0715	0.0616	1,004	1,649	1,327
	summer	0.347	1.205	0.776	139,125	185,250	162,188	0.0625	0.0428	0.0527	0.775	0.465	0.620
	fall	0.824	0.738	0.781	167,375	146,188	156,781	0.0773	0.1776	0.1275	0.918	1,211	1,065
	Avg	0.744	0.909	0.826	135,470	130,524	132,997	0.0657	0.1243	0.0950	1,176	1,079	1,127
S7	winter	1.955	0.485	1.220	88,371	155,200	121,786	0.0679	0.0405	0.0542	2,891	1,745	2,318
	spring	0.640	1.438	1.039	137,105	102,260	119,683	0.0419	0.0882	0.0650	1,305	1,535	1,420
	summer	1.284	2,746	2,015	119,274	81,250	100,262	0.0734	0.0984	0.0859	1,305	1,455	1,380
	fall	1,355	2,167	1,761	139,625	75,738	107,681	0.0931	0.1071	0.1001	2,330	1,355	1,843
	Avg	1,309	1,709	1,509	121,094	103,612	112,353	0.0691	0.0835	0.076	1,958	1,523	1,740
Avg(S1~S7)	0.549	0.672	0.610	146,711	161,738	154,224	0.0379	0.0681	0.053	1,166	1,081	1,124	
Min	0.107	0.081	0.187	88,371	41,700	68,444	0.0074	0.0083	0.008	0.468	0.195	0.438	
Max	1,955	2,746	2,015	239,662	281,200	235,237	0.0931	0.2414	0.138	2,891	3,295	2,318	

환원기법을 사용하는 수은분석기(NIC SP-3D)를 이용하여 측정하였다.

화학적 산소 요구량(COD)

해양환경공정시험방법 중의 해저퇴적물편의 화학적 산소요구량(KMnO₄)법으로 실험하였다.

유기물함량(L.O.I)

토양내 유기물 함량 분석방법은 현재 국내 토양오염공정시험법에는 명시되어있지 않지만, 폐기물공정시험방법의 강열감량 및 유기물함량 시험방법에 따라 실시하였으며, 여기서 구한 유기물함량을 강열감량(L.O.I : Loss On Ignition)과 같은 의미로 병행하여 표기하였다.

총질소(Total-N), 총 인(Total-P)

국립환경과학원 호소 및 하천 퇴적물 분석 조사에 준해 전처리 하여 분석하였다.

결과 및 고찰

퇴적물 중금속 농도

좌광천 7개 지점 퇴적물의 8개 중금속항목에 대하여 2년간 8회 분석한 결과를 Table 2-1 및 Table 2-2에 나타내었다.

구리(Cu)

좌광천 저질 중의 구리 농도변화를 Fig. 4에 나타내었다. 구리 농도는 2010년에 0.605~35.750 mg/kg, 2011년도에 0.914~23.895 mg/kg의 범위로 조사되었다. 2010년 가을(4분기) 최하류인 S7 (임랑교)지점이 35.750 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 가을(4분기) 최상류 지점인 S1 (병산1교)지점에서 0.605 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 대체로 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었으며, 계절적으로는 갈수기인 겨울과 가을이 봄·여름의 농도 보다 높게 나타났으며, 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 9.523 mg/kg으로 조사되어, 2010년 평균인 9.796 mg/kg과 비교 시 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

카드뮴(Cd)

좌광천 저질 중의 카드뮴 농도변화를 Fig. 5에 나타내었다. 카드뮴 농도는 2010년에 0.041~1.285 mg/kg, 2011년도에 0.071~2.135 mg/kg의 범위로 조사되었다. 2011년 겨울(1분기) 최 하류인 S7 (임랑교)지점이 15.78 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 가을(4분기) 주거밀집지역인 S2 (용수교)지점에서 0.041 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 구리와 같이 대체로 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었으며, 계절적으로는 갈수기인 겨울과 가을이 봄·여름의 농도 보다 높게 나타났다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 0.359 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 0.343 mg/kg과 비교 시 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

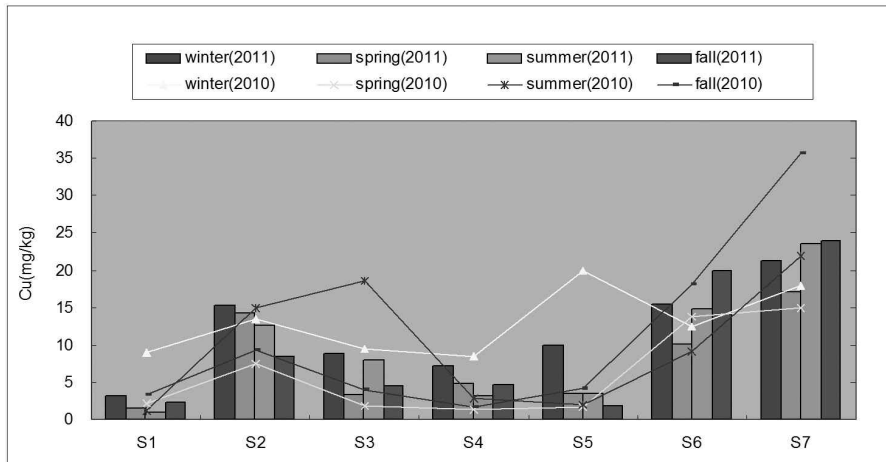


Fig. 4. Cu concentration in stream sediments.

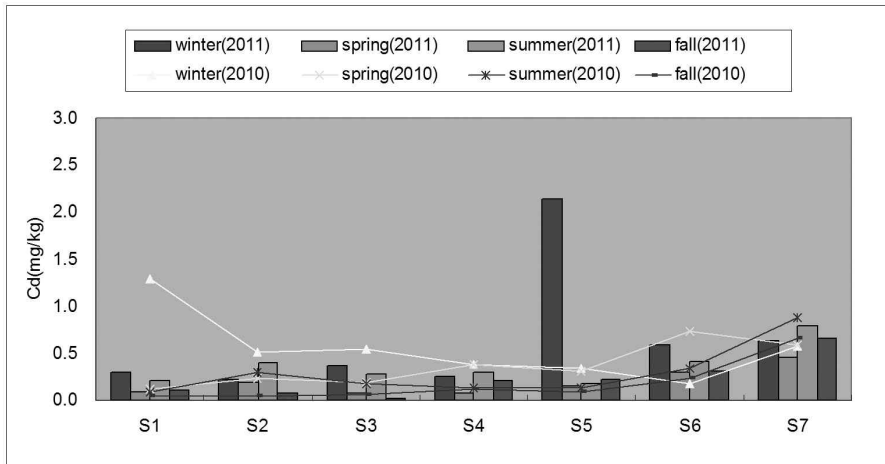


Fig. 5. Cd concentration in stream sediments.

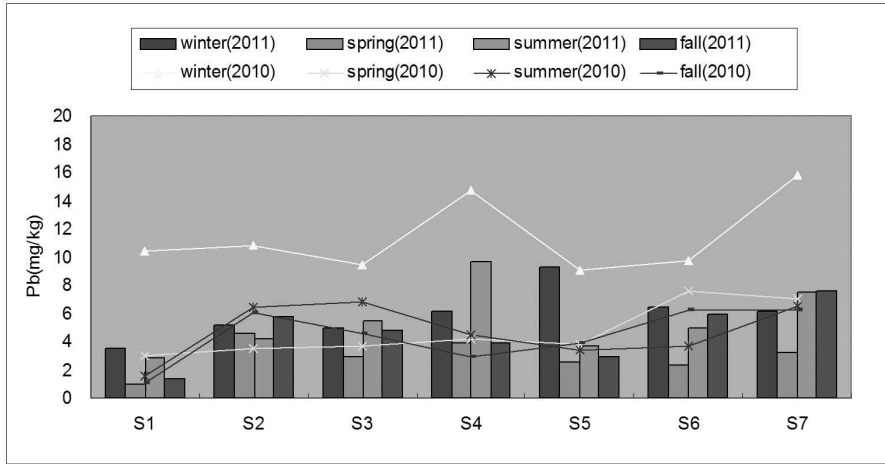


Fig. 6. Pb concentration in stream sediments.

납(Pb)

좌광천 저질 중의 납 농도변화를 Fig. 6에 나타내었다. 좌광천의 납 농도는 2010년에 1.05~15.78 mg/kg, 2011년도에 0.97~9.65 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 최하류인 S7 (임랑교)지점이 15.78 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2011년 봄(2분기) 최상류 지점인 S1 (병산1교)지점에서 0.97 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 대체로 중·하류 지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 4.74 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 6.33 mg/kg과 비교 시 다소 감소하였으며, 계절적으로는 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

아연(Zn)

좌광천 저질 중의 아연 농도변화를 Fig. 7에 나타내었다. 좌광천 7개 지점의 아연 농도는 2010년에 29,199~193,430 mg/kg, 2011년도에 21,846~142,192 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 공장 밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 193,430 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2011년 봄(2분기) 최상류 지점인 S1 (병산1교)지점에서 21,846 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 142,192 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 193,430 mg/kg과 비교 시 다소 감소하였으며, 계절적으로는 큰 변화가 없는 것으로 조사되었다.

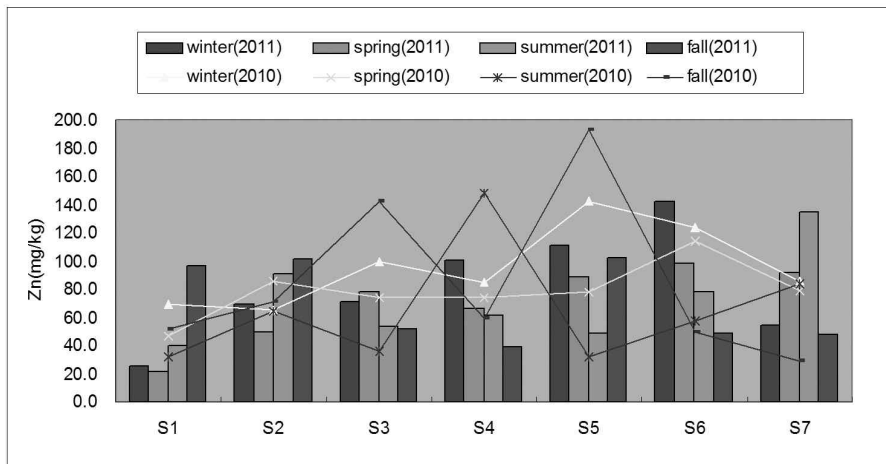


Fig. 7. Zn concentration in stream sediments.

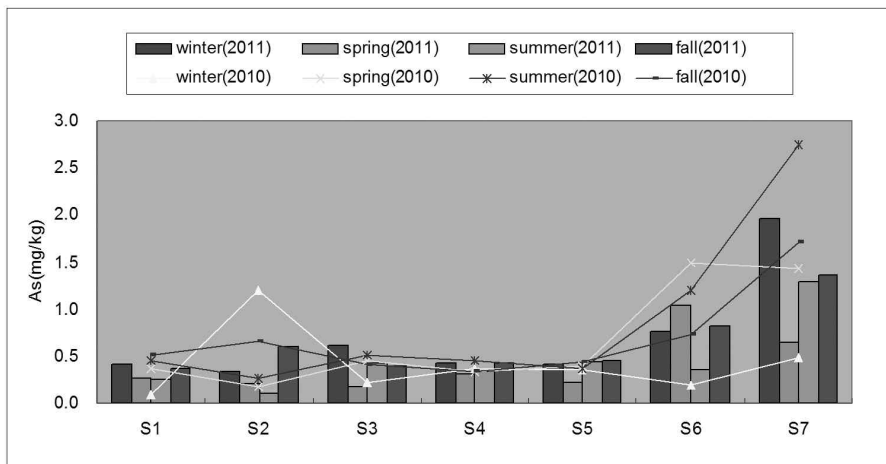


Fig. 8. As concentration in stream sediments.

비소(As)

좌광천 저질 중의 비소 농도변화를 Fig. 8에 나타내었다. 비소 농도는 2010년에 0.081~2.746 mg/kg, 2011년도에 0.107~1.955 mg/kg의 범위로 조사되었다. 2010년 여름(3분기) 연안해역과 만나는 S7 (임랑교) 지점이 2.749 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 겨울(1분기) 최상류 지점인 S1 (병산1교)지점에서 0.081 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 큰 변화가 없었으나, 대체로 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 0.549 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 0.672 mg/kg과 비교 시 다소 감소한 것으로 조사되었다.

망간(Mn)

좌광천 저질 중의 망간 농도변화를 Fig. 9에 나타내었다. 망간 농도는 2010년에 41.700~281.200 mg/kg, 2011년도에 88.371~239.662 mg/kg의 범위로 조사되었으며, 2010년 겨울(1분기) 공장밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 281.200 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었고, 2010년 겨울(1분기)에 S6 (좌천교) 지점에서 41.700 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 큰 변화를 나타내지 않았으며, 연도별 비교에서도 전체 평균이 전체 평균이 2011년 146.711 mg/kg, 2010년 161.738 mg/kg으로 조사되어 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

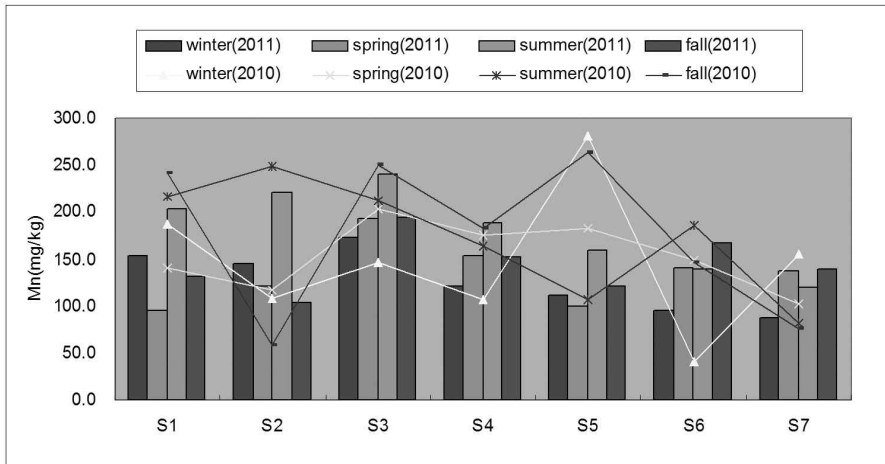


Fig. 9. Mn concentration in stream sediments.

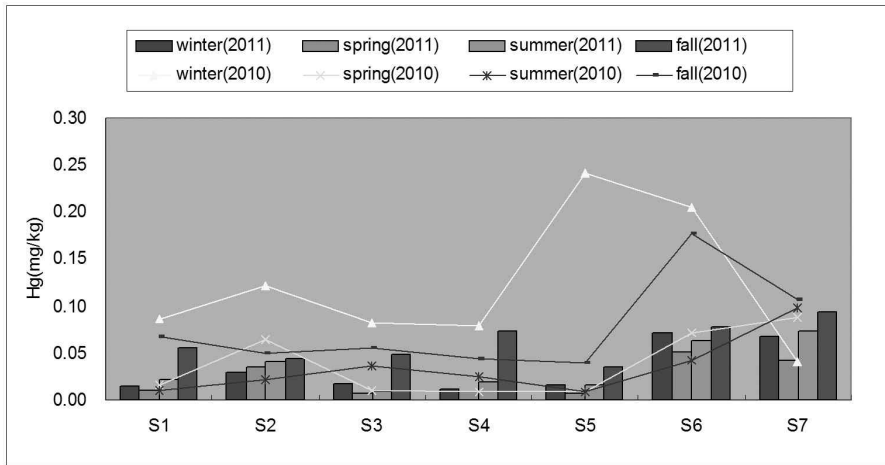


Fig. 10. Hg concentration in stream sediments.

수은(Hg)

좌광천 저질 중의 수은 농도변화를 Fig. 10에 나타내었다. 수은 농도는 2010년에 0.0083~0.2414 mg/kg, 2011년도에 0.0074~0.0931 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 공장밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 0.2414 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2011년 봄(2분기) 같은 S5 (장우기계 앞)지점에서 0.0074 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 갈수기인 겨울과 가을이 봄여름의 농도 보다 높게 나타났으며, 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 0.0379 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 0.0681 mg/kg과 비교 시 다소 감소한 것으로 조사되었다.

크롬(Cr)

좌광천 저질 중의 크롬 농도변화를 Fig. 11에 나타내었다. 크롬 농도는 2010년에 0.150~3.295 mg/kg, 2011년도에 0.305~3.070 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 최상류 지점인 S1 (병산1교)지점이 3.295 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 가을(4분기) 주거 밀집지역인 S2 (용수교)지점에서 0.150 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 2년간 8회 평균농도가 겨울(1분기)에 S4 (승진금속 앞)지점을 제외한 모든 지점에서 전체 평균인 0.913 mg/kg 보다 높게 나타났다. 연도별 비교에서는 전체 평균이 2010년 0.958 mg/kg, 2011년 0.868 mg/kg으로 조사되어 큰 변화는 없었으나 2010년에 비하여 감소한 것으로 조사 되었다.

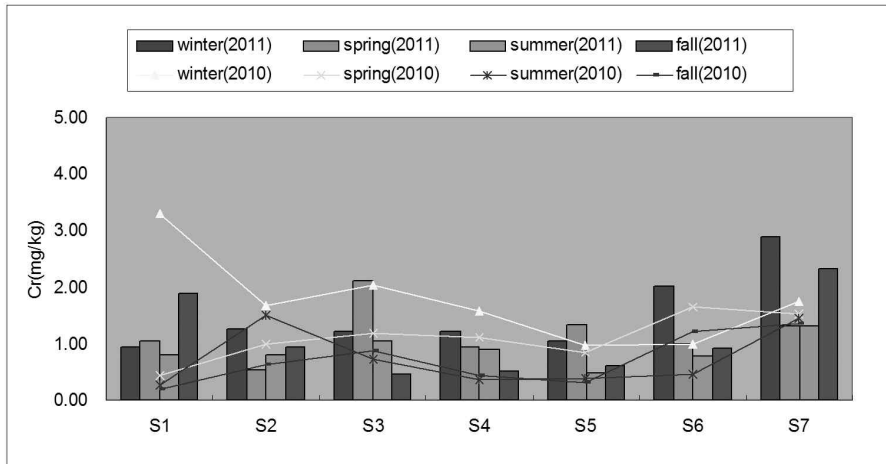


Fig. 11. Cr concentration in stream sediments.

중금속오염원 등 고찰

좌광천 상류부는 농경지와 식당시설이 위치해 있으며, 중류부는 정관신도시 형성으로 인한 밀집된 대규모 아파트 단지로부터 하천의 양 호안으로 토구로부터 생활하수가 직접 유입되고 있지만 1차 연도에서는 경기악화로 인해 예정보다 주민의 입주가 늦어져 하천의 수질이 심각한 상태는 아닌 것으로 사료되며, 2011년 이후도 지속적인 하천 정비사업 등으로 인해 심각한 오염의 징후는 볼 수 없었다.

한편 지형적인 영향으로 상류에서의 군소 식당에 의한 오염이 우려되는 S2 (용수교)지점 부근의 퇴적물 에서도 망간과 크롬의 함량이 다소 높게 나타났다. S3 (중앙교) 지점의 경우 주 오염원이 주변 아파트 단지에서 발생하는 생활하수로 퇴적물 내 중금속 농도는 주변지역 보다 다소 낮은 수준이며, 정관산업단지 (S4, S5)에서 배출되어 여러 지천들이 합류되는 지점은 하수차집관거 설치와 정관 하수처리장에서 정화되는 관계로 과거에 비해 퇴적물의 중금속 오염도가 감소한 것으로 나타났으며, 하류인 입량만 지역인 S6, S7지점보다는 다소 낮은 정도로 나타났다.

좌광천은 정관하수처리장 가동으로 하수처리장의 방류수 수질이 개선되었고, 좌광천 수계는 정관신시가지 형성된 이후부터 하천정비사업이 진행 중이며, 하천 퇴적물에 대하여는 아직 환경기준이 설정되어 있지 않음에 따라 기준의 적합여부는 판단하기 어려우나, 토양환경보전법의 토양오염우려기준과 비교 시에는 7개 지점 모두 기준 이하로 조사되었다.

퇴적물 중금속 용출, 함량시험법 비교 고찰

퇴적물 중금속 분석은 전처리 방법에 따라서 그 측정값이 크게 상이하며 일반적으로 중금속 분석법은 자연환경 내에서 용출이 용이하리라 판단되는 부분을 분석하는 용출법과 함유하고 있는 총 농도를 분석하는 산 분해법으로 구분할 수 있다. 퇴적물의 영향을 파악하기 위해선 먼저 퇴적물에 대한 정확하고 신뢰성 있는 분석이 선행되어야 하지만 국내의 경우 공인된 시험방법 조차 마련되지 않아 토양오염공정시험방법이나 EPA 등 다양한 시험방법을 적용함으로써 자료의 일관성이 결여되는 문제점이 발생하고 있다.

본 연구에서는 토양공정시험기준의 개정(2010년부터 시행)으로 종전의 용출시험법과 개정된 함량시험법을 비교 고찰하였다. 퇴적토에 대한 분석방법별 차이를 살펴보면 대부분지점에서 용출시험법 대비 2~5배 이상 높은 수치를 나타내고 있다. 산 용출법의 경우 중금속 항목별 및 시료의 특성에 따라 용출량의 차이를 나타낼 수 있으므로, 개정된 중금속 함량 시험법이 안정성과 재현성에서 어느 정도 신뢰할 수 있는 장치가 마련되었다고 하겠다. 분석방법별로 농도차이를 줄이고 하천퇴적물의 효율적 관리를 위해서는 국내의 하천퇴적물의 공정시험법 개발이 시급하고, 또한 퇴적물의 오염농도에 대한 기준도 마련되어야 할 것이다. Fig. 12에 중금속 항목별 및 시료의 특성에 따라 산 용출의 차이를 나타내었다.

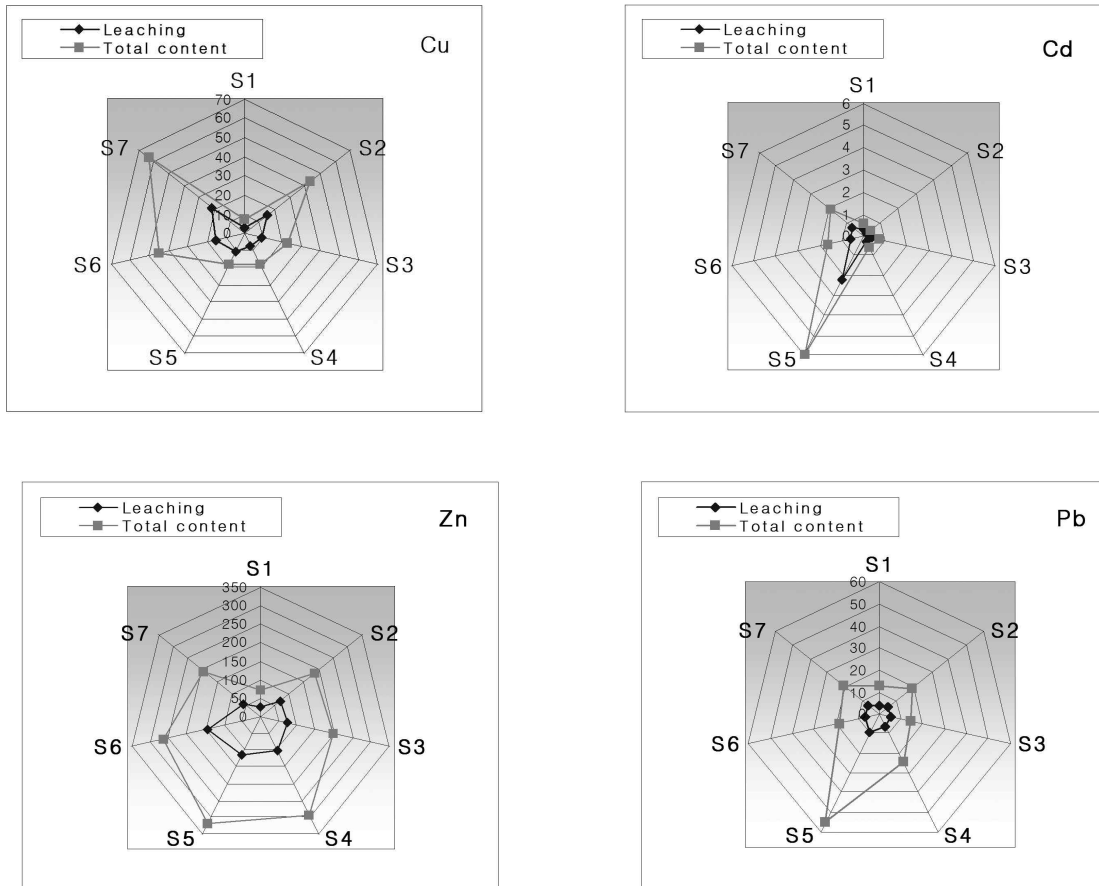


Fig. 12. Comparison of results according to test method (leaching and total content test) in sediments.

입도분포

퇴적물의 입도분석은 해양환경공정시험방법 중 해저퇴적물편 제4장 제1항의 검사방법에 따라 입도를 직접 측정하였다. 오염물질의 농도분포는 이러한 입도 차이에 따라 각각의 오염물질의 농도분포에 있어서 큰 차이를 나타내고 있다. 좌광천 7개 지점 표층퇴적물의 입도분석 결과를 Table 3 및 Fig. 13에 나타내었다. 2010년과 2011년의 좌광천 표층퇴적물의 평균 입도분포는 뺨(Mud) 11.5~50.6 %, 모래(Sand) 43.9~66.2 %, 자갈(Cravel) 4.2~31.2 %로 조사되었다. 전체적으로 모래가 57.0 %로 가장 높은 비율을 나타내었으며, 다음으로 뺨 29.3 %, 자갈 13.7 %로 나타났다. 모래(Sand)는 S5 (장우기계 앞) 지점을 제외한 대부분의 지역에서 가장 높은 분포도를 나타내었으며, 뺨(Mud)은 중하류 지점에서 상대적으로 높은 비율을 나타내었고 자갈(Cravel)은 최상류인 S1 (병산1교)지점에서 상대적으로 높은 분포도 나타내었다. 뺨(Mud)의 분포가 가장 높게 조사된 S5 (장우기계 앞) 지점은 인근 소규모 사업장 등에서 배출된 오·폐수의

영향으로 추정되었으나, 2011년 상반기 하천정비(보설치 및 준설)로 2011년 하반기 이후 상당한 개선을 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

하상퇴적물의 유기물오염도

좌광천 각 지점의 하상퇴적물과 유기물함량을 간접적으로 나타내주는 COD, L.O.I (유기물함량) 의 농도와 저질의 환경 변화 시 수층으로 용출될 수 있는 영양물질인 총질소와 총인의 용출량을 측정한 결과를 Table 4에 나타내었다.

화학적 산소 요구량(COD)

좌광천 저질 중의 COD 농도변화를 Fig. 14에 나타내었다. 좌광천 7개 지점의 COD 농도는 2010년에 4850~25,729 mg/kg, 2011년도에 4,471~20,617 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 공장밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 25,729 mg/kg로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 가을(4분기)

Table 3. Particle size distribution of stream sediments

(unit : %)

Sampling site	Mud			Sand			Cravel		
	2011	2010	avg	2011	2010	avg	2011	2010	avg
S1	18.9	27.9	23.4	48.9	42	45.45	32.2	30.1	31.15
S2	26.8	33.9	30.35	66.3	64.7	65.5	6.9	1.4	4.15
S3	14.9	8	11.45	67.2	65.1	66.15	17.9	26.9	22.4
S4	21.9	24.1	23	68.9	58.2	63.55	9.2	17.7	13.45
S5	41.5	59.6	50.55	49.7	38.1	43.9	8.8	2.3	5.55
S6	31.9	32.9	32.4	59.4	51.8	55.6	8.7	15.3	12
S7	34.5	28.3	31.4	60.1	51.6	55.85	5.4	20.1	12.75
Avg(S1~S8)	27.9	30.7	29.3	60.8	53.1	56.95	11.3	16.2	13.7
MIN	14.9	8	11.5	48.9	38.1	43.9	5.4	1.4	4.2
MAX	41.5	59.6	50.6	68.9	65.1	66.2	32.2	30.1	31.2

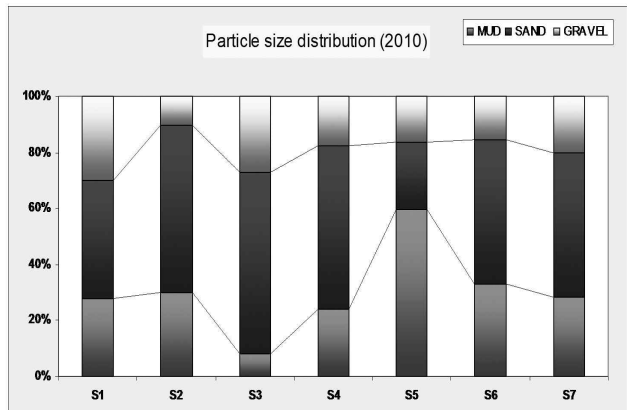
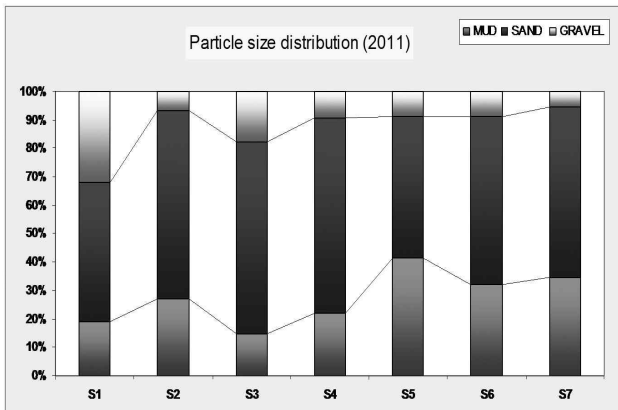


Fig. 13. Particle size distribution of stream sediments.

주거지역인 S3 (중앙교)지점에서 4,471 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 대체로 하류지역의 농도가 상류 지역 보다 높게 조사되었으며, 계절적으로는 갈수기인 겨울과 가을이 봄·여름의 농도 보다 높게 나타났다. 연도별

비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 10,795 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 12,527 mg/kg과 비교 시 감소한 것으로 조사되었다.

Table 4. COD, L.O.I, T-N, T-P concentration in stream sediment

Sampling site	COD(mg/kg)			L.O.I(%)			T-N(mg/kg)			T-P(mg/kg)			
	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	
S1	winter	8956	10249	9603	1.3	1.4	1.4	448.1	548.2	498.1	72.9	95.3	84.1
	spring	7156	8917	8037	1.9	2.8	2.4	684.3	758.6	721.4	157.1	119.5	138.3
	summer	6497	7291	7838	2.0	2.4	2.2	776.1	847.2	811.6	201.6	194.9	198.3
	fall	5138	4891	5952	1.6	1.8	1.7	527.2	627.4	321.8	84.8	89.7	87.3
	Avg	6937	7837	7387	1.7	2.1	1.9	608.9	695.3	652.1	129.1	124.9	127.0
S2	winter	8542	9917	9230	1.9	2.7	2.3	497.5	625.0	561.2	77.8	117.4	97.6
	spring	7169	9104	10428	2.1	3.5	2.8	584.4	369.5	476.9	97.6	79.4	88.5
	summer	7792	7063	7428	2.4	2.0	2.2	429.1	692.7	560.9	104.7	143.8	124.3
	fall	5936	6935	6436	1.8	1.2	1.5	776.5	776.5	776.5	142.5	114.8	128.6
	Avg	7360	8255	7807	2.1	2.4	2.2	571.9	615.9	593.9	105.7	113.8	109.7

Sampling site	COD(mg/kg)			L.O.I(%)			T-N(mg/kg)			T-P(mg/kg)			
	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	2011	2010	Avg	
S3	winter	7114	4915	6015	1.7	1.1	1.4	294.5	275.1	284.8	64.2	98.5	81.3
	spring	6183	4850	5517	1.8	1.0	1.4	452.8	198.3	325.5	71.0	109.6	90.3
	summer	7924	7167	7546	1.8	1.7	1.8	389.6	420.7	405.2	99.4	127.7	113.6
	fall	4471	5071	4771	1.3	0.9	1.1	485.1	284.3	384.7	89.2	75.5	82.3
	Avg	6423	5501	5962	1.7	1.2	1.4	405.5	294.6	350.1	80.9	102.8	91.9
S4	winter	10514	9714	10114	2.7	2.2	2.5	251.7	297.7	274.7	44.3	67.8	56.1
	spring	9246	5967	7607	2.6	1.1	1.9	394.2	169.3	281.7	59.2	100.1	79.7
	summer	9052	8614	8833	2.6	2.0	2.3	477.1	419.2	448.2	89.2	141.7	115.4
	fall	7249	5169	6209	1.5	0.8	1.2	391.7	305.9	348.8	92.5	88.2	90.3
	Avg	9015	7366	8191	2.4	1.5	1.9	378.7	298.0	338.3	71.3	99.4	85.4
S5	winter	20617	25729	23173	8.1	8.4	8.3	3301.7	2941.6	3121.6	151.4	194.8	173.1
	spring	17342	21953	19648	4.7	7.2	6.0	3542.8	3354.2	3448.5	219.7	143.7	181.7
	summer	8492	15395	11944	3.9	6.4	5.2	845.3	3921.8	2383.5	242.9	173.8	208.4
	fall	6241	25461	13283	4.3	7.7	6.0	982.2	3157.6	2069.9	154.7	159.6	157.2
	Avg	11889	22135	17012	5.3	7.4	6.3	2168.0	3343.8	2755.9	192.2	168.0	180.1
S6	winter	17240	19482	18361	5.1	6.9	6.0	1843.2	1549.8	1696.5	251.6	201.8	226.7
	spring	19484	15397	17441	7.6	7.9	7.8	2016.4	2194.2	2105.3	297.4	220.9	259.2
	summer	15437	17225	16331	3.6	3.9	3.8	2836.4	2406.1	2621.3	391.5	374.2	382.8
	fall	16429	18649	17539	3.5	4.2	3.9	1705.6	1872.6	1789.1	288.8	286.1	287.4
	Avg	17148	17688	17418	5.0	5.7	5.3	2100.4	2005.7	2053.0	307.3	270.7	289.0
S7	winter	20175	21243	20709	7.5	7.7	7.6	1772.5	1957.1	1864.8	288.7	372.5	330.6
	spring	17157	18437	17797	7.3	6.7	7.0	2543.2	1958.6	2250.9	190.6	188.3	189.5
	summer	14371	14917	14644	5.0	7.5	6.3	2886.1	2741.0	2813.6	291.5	204.8	248.2
	fall	15477	21047	18262	5.6	6.3	6.0	1647.2	1799.8	1723.5	156.5	196.4	176.5
	Avg	16795	18911	17853	6.4	7.1	6.7	2212.3	2114.1	2163.2	231.8	240.5	236.2
Avg(S1~S7)	10795	12527	11661	3.5	3.9	3.7	1206.5	1338.2	1272.4	159.8	160.0	159.9	
Min	4471	4850	4771	1.3	0.8	1.1	251.7	169.3	274.7	44.3	67.8	56.1	
Max	20617	25729	23173	8.1	8.4	8.3	3542.8	3921.8	3448.5	391.5	374.2	382.8	

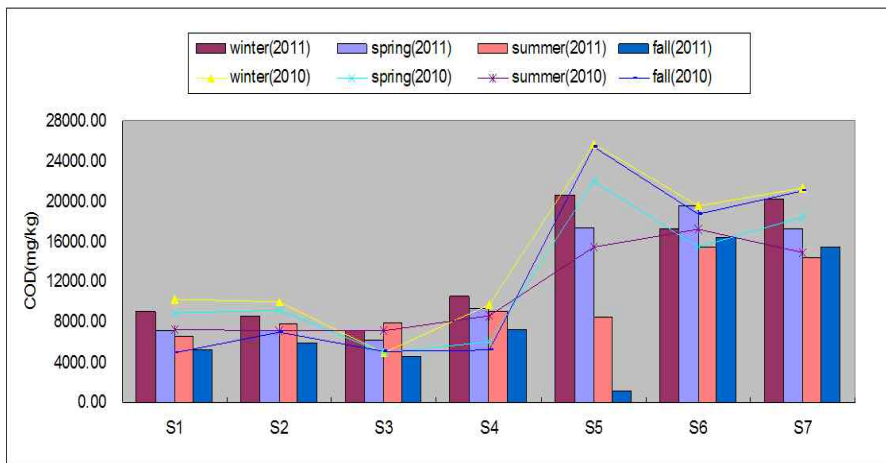


Fig. 14. COD concentration in stream sediments.

유기물함량(L.O.I)

좌광천 저질 중의 L.O.I 변화를 Fig. 15에 나타내었다. 유기물함량은 2010년에 0.8~8.4 mg/kg, 2011년도에

1.3~8.1 mg/kg의 범위로 조사되었다. 갈수기인 2010년 겨울(1분기) 공장밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 8.4 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 가을

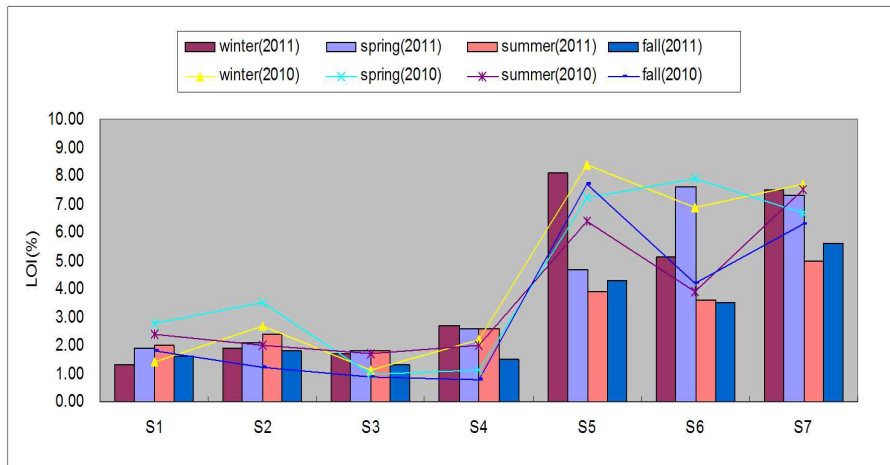


Fig. 15. L.O.I (Loss On Ignition) concentrations in stream sediments.

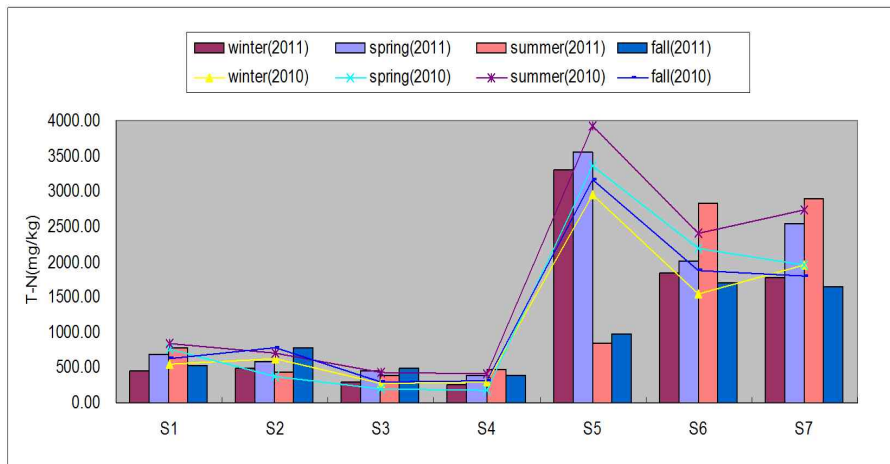


Fig. 16. T-N concentration in stream sediments.

(4분기) S3 (성진금속 앞)지점에서 0.8 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었으며, 계절적 변화는 크게 나타나지 않았다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 3.5 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 3.9 mg/kg과 비교 시 큰 차이를 나타내지 않았다.

총질소(T-N)

좌광천 저질 중의 T-N 변화를 Fig. 16에 나타내었다. T-N은 2010년에 169.3~3921.8 mg/kg, 2011년도에 251.7~3542.8 mg/kg의 범위로 조사되었다. 2010년 여름(3분기) 공장밀집지역인 S5 (장우기계 앞)지점이 3,921.8 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2010년 봄(2분기) S4 (성진금속 앞)지점에서 169.3 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 특이

점을 확인하기 어려우며, 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 1,206.5 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 1,338.2 mg/kg과 비교 시 큰 차이는 나타내지 않았지만 다소 감소한 것으로 나타났다.

총인(T-P)

좌광천 저질 중의 T-P 변화를 Fig. 17에 나타내었다. T-P는 2010년에 67.8~374.2 mg/kg, 2011년도에 44.3~391.5 mg/kg의 범위로 조사되었다. 2011년 가을(4분기) 하류지역인 S6 (좌천교)지점에서 391.5 mg/kg으로 가장 높은 농도를 나타내었으며, 2011년 겨울(1분기) S4 (성진금속 앞)지점에서 44.3 mg/kg으로 가장 낮은 농도를 나타내었다. 계절적으로는 여름철의 농도가 타 계절에 비하여 다소 높게 나타났으며, 하류지역의 농도가 상

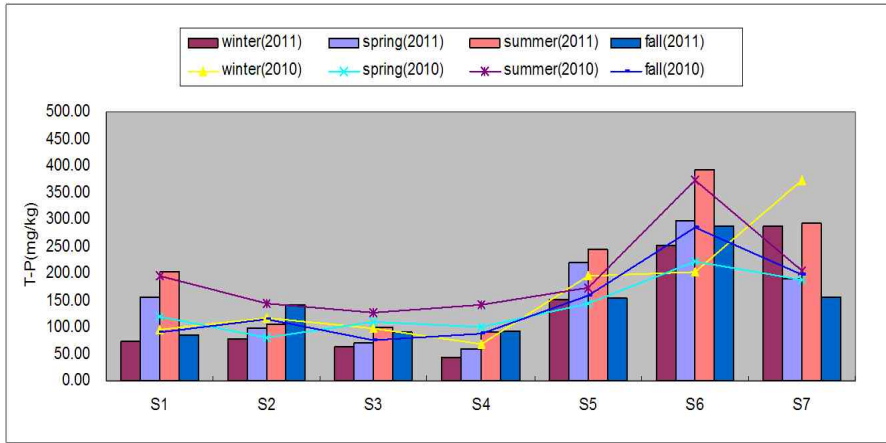


Fig. 17. T-P concentration in stream sediments.

류지역 보다 높게 조사되었다. 연도별 비교에서는 2011년 7개 지점 평균이 391.5 mg/kg으로 조사되어 2010년 평균인 374.2 mg/kg과 비교 시 큰 차이는 나타내지 않았지만 다소 증가한 것으로 나타났다.

유기물오염 현황 고찰

하상퇴적물의 유기물오염을 나타내는 COD, L.O.I는 퇴적물의 간접적인 오염지표로 이용될 수 있는데, 분석결과 COD, L.O.I T-N, T-P 모두 S5 (장우기계 앞) 지점과 하류인 는 임랑만(S6, S7)지역에서 높게 나타났다. S5 (장우기계 앞) 지점의 경우 주변 군소 작업장 등에서 유역으로부터 유입된 오염물질이 유입부 퇴적물에 퇴적되어 영양염의 용출이 높게 나타난 것으로 판단되며, 하류지역인 S6, S7 지점의 경우 인근 일광광산에서 유입된 광산 배수와 유속의 정체로 인한 수체의 장기정체로 오염물질이 장기간 퇴적된 것이 원인으로 사료된다.

결 론

좌광천 상, 중, 하류지역 7개 지점에 대한 하상퇴적물을 채취하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 퇴적물의 중금속 함량 분석 결과 토양오염우려기준을 초과하는 중금속 항목은 없었으며, 대체로 하류지역의 농도가 상류지역 보다 높게 조사되었고, 계절적으로는 Cu, Cd 등의 농도가 갈수기인 겨울과 가을이 봄여름의 농도 보다 높게 나타났으나, 타 항목의 경우 계절변

화에 대한 특이성은 없는 것으로 나타났다. 연도별 비교에서는 2011년 평균이 2010년 평균 보다 다소 낮게 조사되었다.

2. 토양공정시험기준의 개정(2010년부터 시행)으로 종전의 용출시험법과 개정된 함량시험법을 비교 고찰한 결과, 대부분지점에서 용출시험법 대비 2배 이상 높은 수치를 나타내었다. 산 용출법의 경우 중금속 항목별 및 시료의 특성에 따라 용출량의 차이를 나타낼 수 있으므로 분석방법별로 농도차이를 줄이고 하천퇴적물의 효율적 관리를 위해서는 국내의 하천퇴적물의 공정시험법 개발이 시급하고 또한 퇴적물의 오염농도에 대한 기준도 마련되어야 할 것이다.

3. 좌광천 7개 지점 표층퇴적물의 입도분석 결과 좌광천 표층퇴적물의 평균 입도분포는 뺨(Mud) 11.5~50.6%, 모래(Sand) 43.9~66.2 %, 자갈(Cravel) 4.2~31.2 %로 조사되었다. 전체적으로 모래가 57.0 %로 가장 높은 비율을 나타내었으며, 다음으로 뺨 29.3 %, 자갈 13.7 % 로 나타났다. 모래(Sand)는 S5 (장우기계 앞) 지점을 제외한 대부분의 지역에서 가장 높은 분포도를 나타내었으며, 뺨(Mud)은 중·하류 지점에서 상대적으로 높은 비율을 나타내었고 자갈(Cravel)은 최상류인 S1 (병산1교)지점에서 상대적으로 높은 분포를 나타내었다.

4. 유기물함량을 간접적으로 나타내주는 COD, L.O.I 및 영양물질인 총질소와 총인의 조사 결과 COD, L.O.I, T-N, T-P 모두 S5 (장우기계 앞) 지점과 하류인 임랑만 (S6, S7)지역에서 높게 나타났다. S5 (장우기계 앞) 지점의 경우 주변 군소 작업장 등에서 유역으로부터 유입된 오염물질이 유입부 퇴적물에 퇴적되어 영양

염의 용출이 높게 나타난 것으로 판단되며, 하류지역인 S6, S7 지점의 경우 인근 일광광산에서 유입된 광산배수와 유속의 정체로 인한 수체의 장기 정체로 오염물질이 장기간 퇴적된 것이 원인으로 사료된다.

5. 본 연구결과를 토대로 좌광천 퇴적물의 효율적인 관리 방안을 제안해보면, 퇴적토 내에 존재하는 오염물질은 현황 파악 및 자연정화, 인위적인 처리가 매우 어려우므로 오염물질의 특성뿐 아니라 배출원 특성, 운반경로, 퇴적물이 위치하는 수계의 특성 등을 고려하여 지속적으로 모니터링을 실시하여야 하며, 향후 하천수질 관리 계획 수립 시 점, 비점오염원 관리에 역점을 두어 전개 되어야 하며, 처리과정에서 2차 오염이 발생하지 않도록 근본적인 퇴적물 관리가 필요하다.
6. 중금속 오염도가 높은 일광광산 주변 지역에 대한 조속한 토양복원사업의 추진이 요망되며 주기적으로 오염도의 증감이 반복되는 정관 산업단지에 대한 유해중금속 배출원에 대한 지도·단속, 지속적인 모니터링 추진 하수관거 및 하수처리장 지속 확충, 질소, 인 제거를 위한 고도하수처리시설 효율 향상이 필요하다.

참고문헌

1. 오강호, 김주용, 고영구, 윤서태, 신상은, 박배영, 문병찬, 김해경, 광주광역시 하천의 표층퇴적물에 대한 지구화학적 특성과 오염, 한국지구화학지, 24(4), pp.346~360(2003).
2. 이창희, 김은정. 호소 및 하천 오염퇴적물 관리방안. 한국환경정책 평가연구원. pp.1~47(1998).
3. 이인선, 박선구, 신찬기, 유재근, 허인애, 류덕희, 신동석, 홍기협, 박원철, 호소 및 하천 퇴적물 조사. 국립환경연구원(1997).
4. 부산의 도시하천 환경정비 방안, 부산발전연구원 (2002).
5. 곽문용, 산업부산물을 이용한 중금속 오염퇴적물의 복원, 경북대학교 석사학위 논문(2007).
6. 전병진, 김용성, 권오근, 김덕희, 송영상. 도시지역 하천 퇴적물의 특성 연구. 충북보건환경연구원보, p.13(2004).
7. 정숙경, 안상수, 이재철, 김연희, 박강수, 김동수, 광주지역 하천 퇴적물의 특성조사 및 관리방안, 광주연구원보(2007).
8. 오강호, 고영구, 김주용, 김해경. 화순천의 퇴적환경 및 퇴적물과 하천수의 지구화학적 특성. 한국환경과학회지, 11, pp.881~895(2002).
9. 김미화, 박성원, 김통권, 이평구, 김철운, 부산 수영강 하상퇴적물 및 수질의 중금속 오염, 한국지질자원연구원 보고서(2004).
10. 곽영주, 박종수, 전용성, 임종성, 김현기, 박진영, 인천지역 하천의 하상퇴적물 오염도 조사, 인천연구원보(2006).
11. 이창희, 유혜진. 수서퇴적물 환경기준 개발에 관한 연구. 한국환경정책평가연구원 연구보고서, pp.29~39 (2000).
12. 이준기, 김석구 부산시 하천퇴적물의 유기 오염도 평가, 대한환경공학회지(2009).