

하천퇴적물 조사

○ 부산지역 하천의 하상퇴적물에 대한 오염 실태를 파악하여 하천환경 정비 대책 수립 및 부산시의 환경오염도 기초자료 제공

1. 조사개요

- 시 환위 31811-32250(1986.12.23.)
- 시 환보 67407-20074(1999.01.18.)
- 조사기간 : 1년(2012년 1월 ~ 12월(반기1회))
- 조사지점(12개 하천 22개 지점, 수영만 요트경기장)
 동천(범4호교, 범일교), 수영천(동천교, 연안교, 민락교), 삼락천(감전배수장) 확장천(업), 감전천(부산콘크리트옆 다리, 엄궁교), 장림천(장림교), 덕천천(덕천교), 대천천(화명교), 낙동강(물금, 매리, 구포선착장), 서낙동강(강동교, 조만교, 녹산콘크리트옆, 동서교, 식만교), 좌광천(주)세양옆, 회동댐 상류(신천교), 요트경기장(수영만)

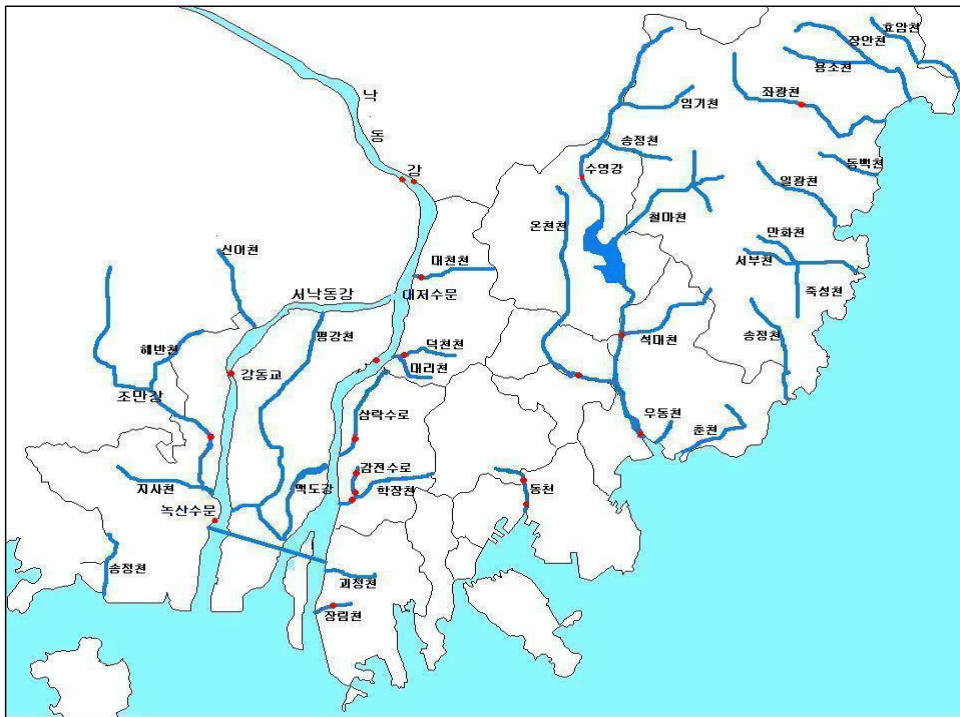


그림 1. 하상퇴적물 채취지점

○ 조사 대상 및 항목

- ▷ 조사대상 : 12개 하천 22개 지점과 수영만 1개 지점
- ▷ 조사항목 : Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Cr⁶⁺, As, Hg, pH, COD, 유기물함량(11개 항목)

2. 조사방법

(1) 시료전처리

토양오염공정시험방법(환경부 고시 제2002-122호)에 의하여 시료를 통풍이 잘되는 곳에서 풍건시킨 후, 분쇄하여 2mm 표준체(10메쉬)에 통과한 시료를 분석용 시료로 하였다.

(2) 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간, 비소

(1)의 전처리 시료 10g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 용액 50mL를 가하여 항온수평진탕기(100회/분)를 사용하여 1시간 진탕한 다음 여과하여 ICP발광분석법(inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy)을 이용하였다.

(3) 6가 크롬

(1)의 전처리 시료 10g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 용액 50mL를 가하여 항온수평진탕기(100회/분)를 사용하여 1시간 진탕한 다음 여과한 여액을 디페닐카르바지드 발색법으로 분광광도계(UV-Vis spectrophotometer Cary 3)를 이용하여 분석하였다.

(4) 수은

생시료 적당량을 수은분석기(Mercury Analyzer MA-2)로 분석하였다.

(5) 수소이온농도

(1)의 전처리 시료 5g을 달아 50mL 비이커에 취하고 증류수 25mL를 넣어 때때로 유리막대로 저어주면서 1시간 방치 후 pH미터기(pH meter Orion SA720)로 측정하였다.

(6) 강열감량 및 유기물함량

(1)의 전처리시료 적당량을 폐기물오염공정시험방법(환경부 고시 제2004-185호)에 따라 미리 무게를 잰 사기제 도가니 또는 접시에 시료 적당량(20g 이상)을 취한 후 25% 질산암모늄용액을 넣어 적시고 천천히 가열하여 탄화시킨 다음 600±25℃의 전기로 안에서 3시간 강열 후 측정하였다.

3. 조사결과

(1) 2012년 하천퇴적물 오염도 현황

표 1. 12개 하천 23개 지점의 중금속 농도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

하천명	지점명	pH	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	Cr+6	COD	유기물 함량 (%)
동천	범4호교	7.6	7,279	0.061	2.33	179,432	56,211	0.179	0.1220	0.00	38820.9	7.8
	범일교	7.6	1,829	0.056	1.58	105,064	180.26	0.158	0.2279	0.00	35499.6	6.4
수영천	동천교	7.2	7,548	0.290	15.07	354,949	100.43	0.272	0.0301	0.00	22726.1	5.3
	연안교	7.3	3,618	0.049	3.52	18,433	58,254	0.112	0.0171	0.00	27448.2	6.2
	민락교	7.9	0,468	0.126	0.06	52,608	25,128	0.058	0.0785	0.00	32593.9	7.2
삼락천	감전배수장	7.1	36,188	0.368	3.08	821,971	141.32	0.218	0.0657	0.00	66951.3	13.3
학장천	엄궁교	7.3	4,112	0.092	4.81	29,748	76.04	0.151	0.1540	0.00	27652.1	6.8
감전천	부산콘크리트 옆다리	7.1	7,130	0.101	3.57	169,736	65,565	0.246	0.1195	0.00	126775.7	24.9
	엄궁교	6.9	19,020	0.745	2.64	1181,540	138.20	0.150	0.4729	0.00	60786.9	25.1
장림천	장림교	7.1	81,800	0.177	60.90	235.1	92,100	0.500	0.2000	0.00	70902.4	14.6
덕천천	덕천교	7.1	2,526	0.058	0.88	70,356	76,482	0.074	0.1231	0.00	31023.2	7.8
대천천	화명교	7.0	0,451	0.037	1.23	6,572	34,592	0.049	0.0016	0.00	8034.1	1.5
낙동강	물금	7.3	1,879	0.049	2.56	6,792	50,251	0.069	0.0039	0.00	8931.5	1.9
	매리	7.3	1,694	0.050	2.55	7,382	109,700	0.186	0.0059	0.00	9039.2	2.4
	구포선착장	7.5	0,562	0.025	2.77	2,587	45,851	0.110	0.0133	0.00	10026.9	2.6
서낙동강	녹산 콘크리트옆	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	강동교	7.7	3,120	0.044	5.24	31,817	91,977	0.105	0.0063	0.00	14959.9	3.6
	조만교	7.6	3,856	0.043	7.64	9,412	182,81	0.190	0.0149	0.00	15265.2	4.3
	동서교	7.3	11,204	0.180	3.59	94,742	245,46	0.347	0.0064	0.00	20044.4	5.0
	식만교	7.3	4,063	0.072	4.96	11,710	105,78	0.228	0.1196	0.00	22415.6	4.6
좌광천	(췌)세양옆 다리	7.2	4,654	0.050	3.81	23,128	78,698	0.141	0.0323	0.00	18785.7	4.1
회동댐 상류	신천교	7.1	1,436	0.093	9.95	15,396	92,406	0.092	0.0033	0.00	1888.36	3.4
수영만	요트경기장	8.0	0,334	0.033	0.06	28,054	28,054	0.053	0.0440	0.00	32200.6	4.1

(2) 지점별 중금속 오염도 추이

○ 동천

▷ 동천은 하천연장 4.9km, 유역면적 31.1km²로 부전천, 호계천, 가야천, 전포천으로 구성되어 부산항으로 유입되는 하천으로, 동천의 조사지점으로는 중류지점인 범 4호교와 하류지점인 범일교 2개 지점을 조사하였다.

동천은 북항의 바닷물을 상류로 끌어와 흘려보내는 하천유지용수 사업과 상류 광무교에서 하류까지 바닥의 오염물질을 걷어내는 준설작업의 결과로 많이 개선된 양상을 나타내고 있다.

▷ 범 4호교 지점의 중금속 오염도를 연도별 비교 조사한 결과 표 2, 그림 2 및 그림 3에 나타바와 같이 Cu, Zn, Hg 의 농도는 전년도에 비해 다소 증가하였으나, Pb, Cd, Mn, As 등

은 감소한 것으로 조사되었으며, 특히 유기물함량은 7.8 % 로 조사되어 전년도 7.9 %와 비교 시 차이가 없이 비슷하게 조사되었다

표 2. 범4호교 연도별 중금속 농도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	유기물함량(%)
'12 평균	7.279	0.061	2.33	179.432	56.211	0.179	0.1220	7.8
'11 평균	2.826	0.172	2.54	168.313	63.505	0.293	0.0651	7.9
'10 평균	2.115	0.880	0.30	110.125	113.500	1.407	0.6750	20.3
'09 평균	12.039	0.308	6.25	181.750	120.750	0.288	0.1952	11.1
'08 평균	2.445	0.318	0.47	81.150	89.700	0.244	0.0927	13.7

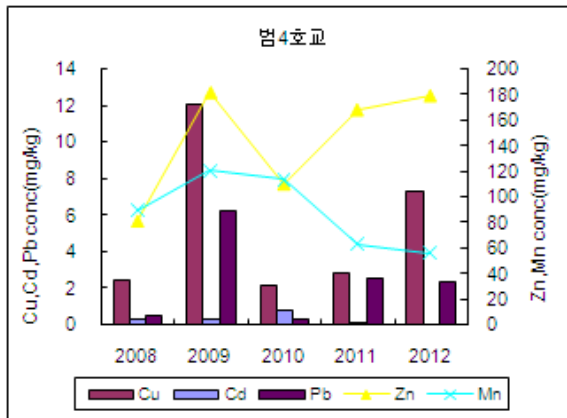


그림 2. 범4호교 연도별 중금속 오염도

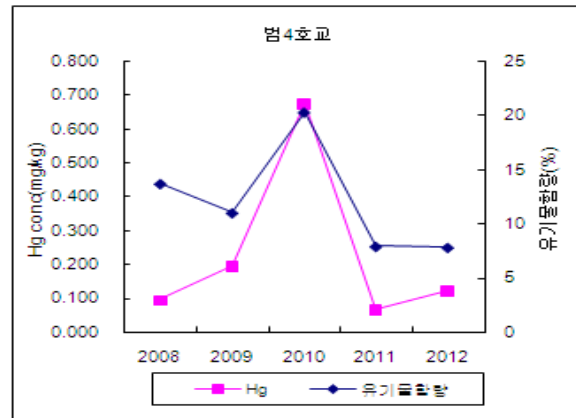


그림 3. 범4호교 연도별 수은, 유기물함량

▷ 범일교 지점의 오염도 조사한 결과를 표 3, 그림 4 및 그림 5에 나타내었다. 범일교 지점의 오염도는 상류의 범4호교 지점과 비교 시 항목별로 다소의 차이는 있으나, 전체적으로 큰 차이는 나타내지 않았으며, 전년도와 비교 시 Mn, Hg 등의 농도는 증가한 반면 Cu, Cd, Pb, Zn 등은 큰 폭의 감소를 나타내었다. 유기물함량에 있어서도 6.4 % 로 조사되어 전년도 8.3 % 에 비하여 다소 감소한 것으로 조사되었다.

표 3. 범일교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	유기물함량(%)
'12 평균	1.829	0.056	1.58	105.064	180.26	0.158	0.228	6.4
'11 평균	3.919	0.194	4.298	199.260	73.628	0.164	0.0744	8.3
'10 평균	6.405	0.480	2.00	65.500	345.875	0.662	0.0552	5.1
'09 평균	0.310	0.260	0.33	103.250	101.125	0.373	0.1615	8.3
'08 평균	1.743	0.305	2.10	63.000	57.925	0.064	0.0175	9.3

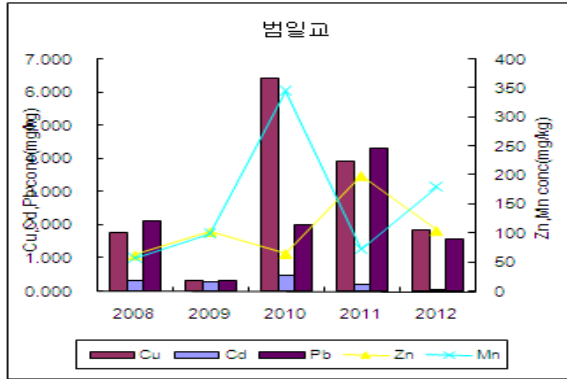


그림 4. 범일교 연도별 중금속 오염도

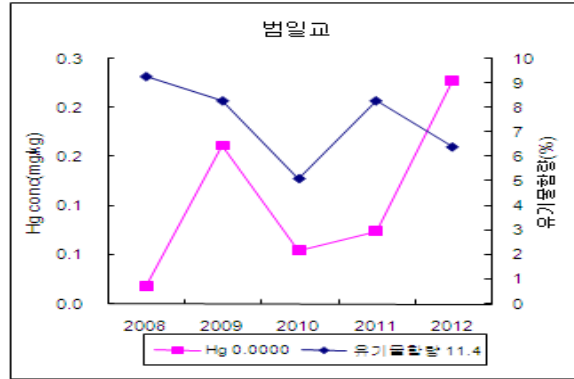


그림 5. 범일교 연도별 수은, 유기물함량

▷ 동천의 오염원은 생활오수의 유입이 가장 큰 영향을 주고 있으며, 동천의 정화사업을 목적으로 하수관로 공사와 함께 수중보가 설치되어 생활하수의 유입이 차단되고 주기적인 퇴적물의 준설이 시행되고 있고, 2009년 말부터 건설본부 주관의 동천유지용수확보사업으로 대대적인 하천 정비사업이 시행되어 동천의 대폭적인 수질개선효과를 가져올 것으로 전망된다.

○ 수영천

▷ 수영천은 석대천을 본류로하여 온천천으로 구성되어 있으며 하천연장은 19.2 Km이며, 유역면적은 199.9 km² 이다. 수영천의 조사지점으로는 석대천과 합류하는 동천교, 온천천의 연안교, 수영강 하류의 민락교 3개 지점을 조사하였다.

수영강은 하천유지용수 부족과 인근 지역의 도시상업화로 인한 오염부하를 감소하고 수영강 중류의 수질 생태환경의 정화를 위해 하수의 효율적인 차집 정비와 2008년 7월부터는 회동수원지의 물을 일일 30,000톤 방류하는 등의 물환경 개선사업을 수행하고 있다.

▷ 수영천 동천교의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 6 및 그림 7에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu, Cd와 Pb의 농도는 각각 7.548 mg/kg, 0.290 mg/kg 과 15.07 mg/kg 으로 조사되어 전년도의 Cu, Cd와 Pb 각각의 농도 4.806 mg/kg, 0.286 mg/kg, 8.82 mg/kg와 비교 시 약간의 증가를 나타내었다. Hg은 전체적으로 2010년 이후 뚜렷한 감소 추세를 보이고 있다.

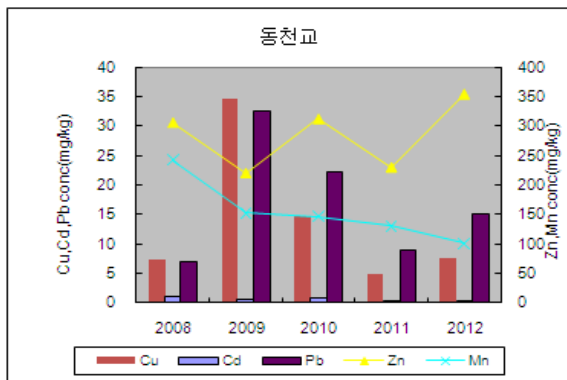


그림 6. 동천교 연도별 중금속 오염도

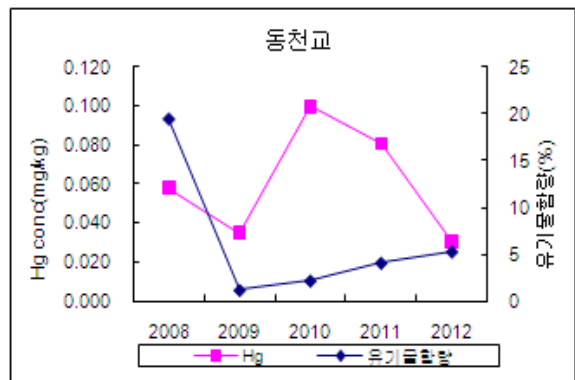


그림 7. 동천교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 연안교는 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7 %를 차지하는 온천천에 위치한 지점으로 수영강의 제1지류로서 수영강하구로 부터 약 3.1km 상류지점에서 수영강 우안으로 유입하는 지방2급하천으로 유역의 형상은 협장한 수지상의 형태를 보이고 있다. 연안교 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 8 및 그림 9에 나타낸 바와 같이 2012년 연안교 지점의 중금속 및 유기물함량 조사결과 Cu, Cd, Pb 등 대부분의 중금속 항목에서 전년도에 비해 큰 폭의 감소를 보였으며, 유기물 함량도 10.4 %에서 6.2 %로 감소하였다.

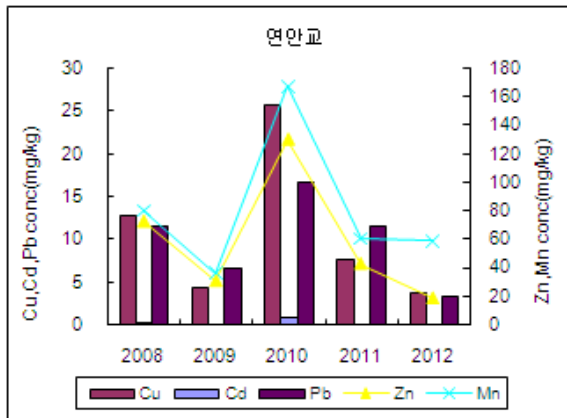


그림 8. 연안교 연도별 중금속 오염도



그림 9. 연안교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 민락교 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 10 및 그림 11에 나타내었다. 수영천의 하류지점인 민락교는 하천의 유량과 오염원이 해수에 의해 영향을 받고 있으며, 2012년도 조사결과 특히, Cu, Pb 등의 중금속의 농도는 2011년도에 비해 많이 감소하였으며, 유기물 함량도 작년 11.2 %에서 올해 7.2 %로 감소하였다. 2012년도 조사결과 전체적으로 오염원은 감소하였으나, 지속적인 하천관리와 정기적인 하상퇴적물 준설사업이 필요할 것으로 사료된다.

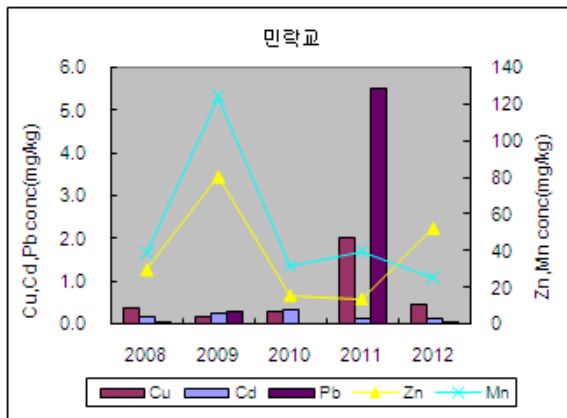


그림 10. 민락교 연도별 중금속 오염도

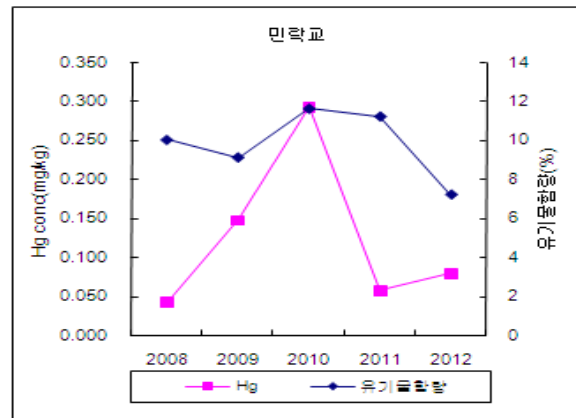


그림 11. 민락교 연도별 수은 및 유기물함량

○ 삼락천

- ▷ 삼락천은 사상구 과법동에서 부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km 로 평균 폭 35미터, 면적 7.8 km²을 차지한다. 장림하수처리장 까지 차집하수관거가 설치되어 있어 오수의 유입은 많지 않으나 갈수기에 건천화가 우려되는 실정인데, 주변은 전용공업지역으로 소규모 금속, 정비, 세차업소 등에서 배출되는 폐수를 엄궁 유수지까지 운반하는 수로기능을 하며 조사지점으로 는 하류인 감전배수장을 조사하였다.
- ▷ 감전배수장 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 12 및 그림 13 에 나타내었다. 2012년도 조사결과 Cu 의 농도가 36.188 mg/kg 로 2011년도 6.545 mg/kg 보다 크게 증가하는 등 대부분의 중금속 항목이 전년도에 비해 증가함을 나타내고 있다. 삼락수로 하천준설공사 이후 오염농도가 다소 감소하여 준설을 통한 하천 환경 개선 효과를 보았으나, 2011년 이후 다시 증가추세를 나타냄에 따라 지속적인 모니터링과 종합적이고 지속적인 하천환경 정비계획이 요구된다.

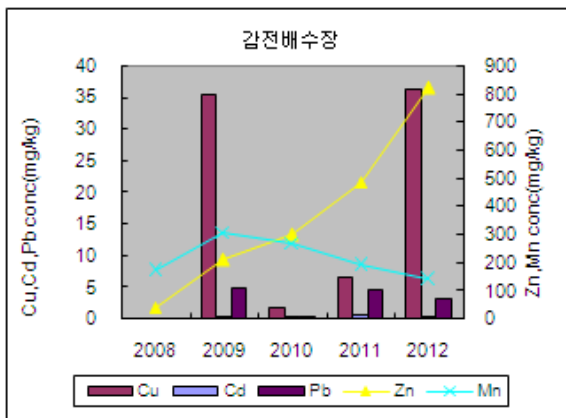


그림 12. 감전배수장 연도별 중금속 오염도

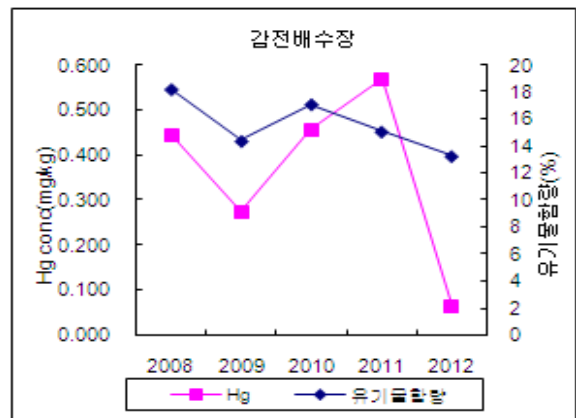


그림 13. 감전배수장 연도별 수은 및 유기물함량

○ 학장천

- ▷ 학장천은 주례동에서 엄궁동까지 약 5.35 km 길이로 평균 폭 30미터, 면적 19.42 km²을 차지하며, 엄궁유수지에서 차집되어 장림하수처리장으로 이송된다. 주변은 새로운 아파트 단지가 조성되어 공장폐수가 유입되는 경우는 적고 생활오수가 대부분을 차지하고 있다. 가정으로부터의 유기물 부하량 증가로 인해 오염도가 증가하는 것으로 나타났다.
- ▷ 학장천 엄궁교 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 14 및 그림 15 에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu, Pb 의 농도가 각각 4.112 mg/kg, 4.805 mg/kg 로 조사되어 전년도 Cu, Pb 의 농도 각각 3.755 mg/kg, 3.49 mg/kg 에 비해 다소 증가하였으나, Hg 의 농도는 점진적으로 감소함을 나타내고 있다. 특히, 학장천 생태복원사업의 통한 낙동강 물의 도수 및 환경정비사업으로 유기물함량의 경우 2012년 조사결과가 6.9 %로 2011년도 7.1 %와 2010년도 20.9 %와 비교 시 계속적으로 상당한 개선을 나타내고 있다.

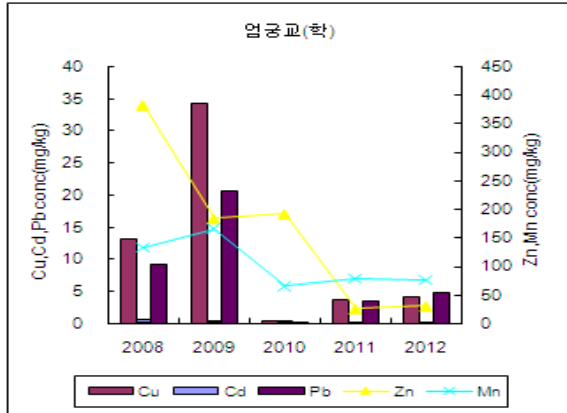


그림 14. 엄궁교 학장천 연도별 중금속 오염도

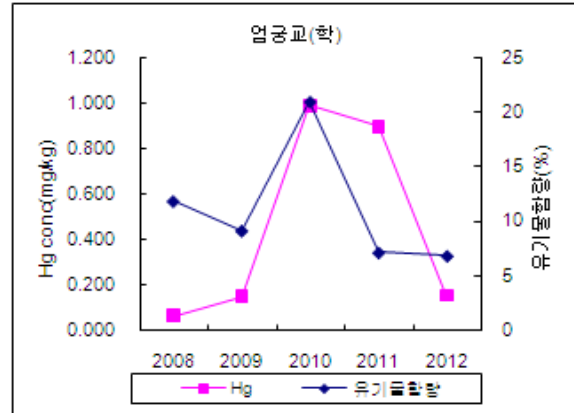


그림 15. 엄궁교 학장천 연도별 수은 및 유기물함량

○ 감전천

- ▷ 감전천은 감전유수지 앞 ‘해표사료’ 입구에서부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km 구간의 수로로서, 오수 및 우수 합류 하수로의 역할을 해 오고 있으며, 지역 여건상 산업폐수가 주를 이룬다. 감전천은 사상공단 일대의 소규모 금속정비·세차 시설 등에서 배출되는 하수를 엄궁유수지까지 운반하는 하수로이고, 공장폐수에서 기인한 중금속이 퇴적물의 표면에 흡착된 형태로 존재하고 있어 감전천 주변에 산재한 많은 공장들의 영향을 받은 것으로 사료된다. 조사지점으로는 중류인 (주)부산콘크리트 옆다리 부근, 하류지점인 엄궁교 지점 등 2개 지점을 조사하였다.
- ▷ 부산콘크리트 옆 다리 지점의 2008년부터 2012년 까지 5년간의 중금속 오염도 추이를 표 4, 그림 16, 그림 17에서 나타내었다. 2012년 조사결과 Cd 0.101 mg/kg, Pb 3.57 mg/kg, Zn 169.736 mg/kg 로 조사되어, 2011년 Cd 0.418 mg/kg, Pb 3.99 mg/kg, Zn 401.800 mg/kg 에 비하여 전반적으로 대부분의 중금속 농도가 감소 하였다. 현재 진행중인 하천 정비계획의 성과로 보여 지속적인 하천 관리 계획이 필요 할 것으로 사료된다.

표 4. 부산콘크리트 옆 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물 함량(%)
'12 평균	7.130	0.101	3.57	169.736	65.565	0.1195	0.246	24.9
'11 평균	2.595	0.418	3.99	401.800	81.618	0.8584	0.073	28.3
'10 평균	4.720	0.318	1.49	254.250	175.563	0.3527	0.165	23.7
'09 평균	0.163	0.153	0.34	220.500	71.875	0.4107	0.643	20.1
'08 평균	12.269	0.765	1.44	1190.750	134.400	0.2927	0.229	22.4

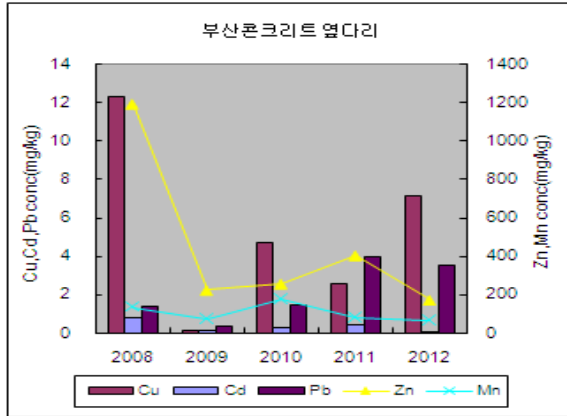


그림 16. 부산콘크리트옆다리 연도별 중금속 오염도

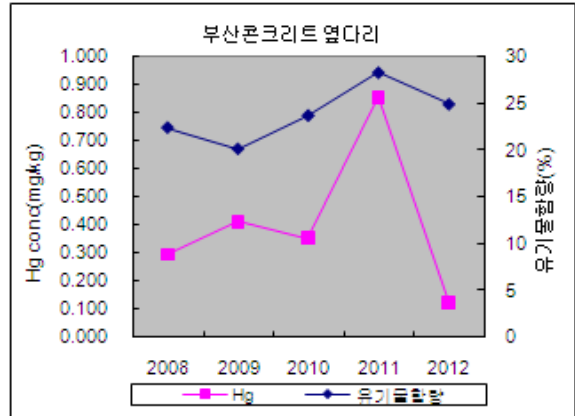


그림 17. 부산콘크리트옆다리 연도별 수은 및 유기물함량

- ▷ 부산콘크리트 옆다리 지점은 소하천 정비와 하수관로시설 확충 등으로 2009년도에 중금속 농도가 큰 폭으로 감소하는 등 긍정적인 추세를 보이는 듯 했으나, 2010년 이후 중금속 오염도가 다시 증가 추세를 보이고 있다. 이 지점의 유기물함량도 2007년도 평균 농도 30.4 %로 최고치를 기록 후 감소 추세를 나타내다가, 2011년 28.3 %, 2012년도 24.9 %로 평균 25 % 이상의 유기물 농도가 지속적으로 조사되고 있어 이 지점의 하상 퇴적물은 산업 폐수에 의한 심각한 중금속 오염과 더불어 유기물오염 등으로 슬러지화 된 상태라고 볼 수 있다.
- ▷ 감전수로 엄궁교 지점의 중금속 오염도 추이를 표 5, 그림 18 및 그림 19에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu 19.020 mg/kg, Cd 0.745 mg/kg, Pb 2.64 mg/kg 등으로 조사되어, 전년도 조사결과 Cu 6.703 mg/kg, Cd 1.223 mg/kg, Pb 15.00 mg/kg 등과 비교 시 Cu를 제외한 대부분의 중금속 항목의 농도가 감소한 것으로 조사되었다. Zn 의 농도는 1,181,540 mg/kg 으로 조사되어 전체 조사지점 중 최고치를 기록하였으며, 토양오염우려 기준(2지역)인 600 mg/kg을 초과한 것으로 조사되었다. 유기물함량도 25.1 % 로 조사되어 여전히 높은 농도 수준을 유지하고 있어, 부산콘크리트 옆다리 지점과 더불어 산업 폐수에 의한 심각한 오염 등으로 인해 슬러지화 된 상태를 유지하고 있다. 우수지 준설 및 감전수로 정비사업의 결과로 일부 항목의 오염도가 다소 개선되는 양상을 보이고 있지만, 현재 진행중인 감전수로지역에서 수로 정비사업 조기 완공과 더불어 수질개선 등을 위해서는 지속적인 노력이 더욱 필요한 것으로 사료된다.

표 5. 엄궁교(감) 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'12 평균	19.020	0.745	2.64	1181,540	138.20	0.4729	0.150	25.1
'11 평균	6.703	1.223	15.00	2165.500	121.580	0.5960	0.735	27.5
'10 평균	3.448	0.923	0.66	497.500	145.125	1.0323	0.368	30.1
'09 평균	0.163	0.313	4.47	3572.500	161.000	2.9761	1.735	30.1
'08 평균	1.431	0.329	3.01	2753.750	140.775	1.0168	0.00	22.8

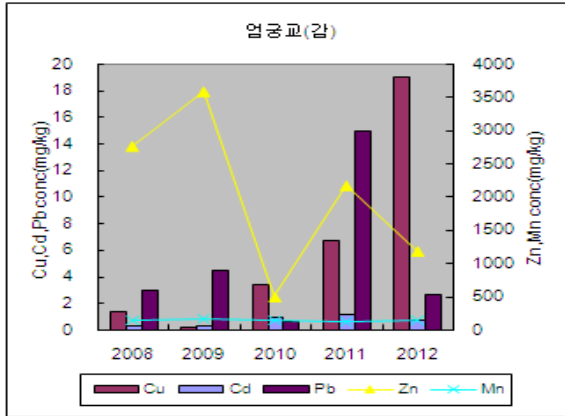


그림 18. 엄궁교 감전수로 연도별 중금속 오염도

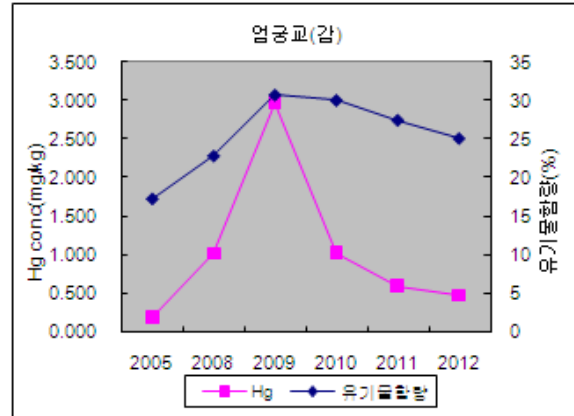


그림 19. 엄궁교 감전수로 연도별 수은 및 유기물함량

○ 장림천

- ▷ 장림천은 장림2동에서부터 낙동강유입 직전의 장림교까지 약 1.6 km 길이의 하천으로 장림동 일대의 생활하수 및 장림하수처리장으로 유입 안되는 소규모 사업장의 산업 폐수 등이 장림 유수지를 거쳐 장림하수처리장으로 유입되고 있으며, 장림천의 오염도는 전반적으로 다소 감소하는 양상을 나타내고 있다.
- ▷ 장림교 지점의 중금속 오염도를 표 6, 그림 20, 그림 21에 나타내었는데, 전체적으로 중금속의 오염도가 감전천의 2개 지점과 같이 높은 농도 수준을 유지하고 있다. 2012년도 조사 결과는 Cu 81,800 mg/kg, Pb 60.90 mg/kg 로 조사되어 전체 조사지점 중 각각 최고 농도를 기록하였으며, 전년도 조사결과 Cu 24,105 mg/kg, Pb 23.59 mg/kg 과 비교 시는 크게 증가소한 것으로 나타내었다. 특히 Zn 의 경우는 2012조사결과 235,100 mg/kg 로 2011년도 601,650 mg/kg , 2010년도 761,500 mg/kg 과거 2년에 비하여 많은 감소를 나타내었으며 지속적으로 감소되고 있는 것으로 조사되어 수년간 지속되어온 토양오염 우려기준(2지역)인 600 mg/kg을 초과하지 않은 것으로 조사되었다. 또한, 유기물 함량도 2010년도 이후 조금씩 감소하는 것으로 조사되었다.

표 6. 장림교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'12 평균	81.800	0.177	60.90	235.100	92.100	0.2000	0.500	14.6
'11 평균	24.105	0.993	23.59	601.650	53.358	0.8017	0.605	19.5
'10 평균	79.725	1.693	53.57	761.500	176.375	0.9053	0.925	27.7
'09 평균	150.388	1.213	114.88	882.500	172.750	0.7816	0.928	27.7
'08 평균	26.674	1.215	48.24	1146.875	103.750	0.4466	0.294	15.1

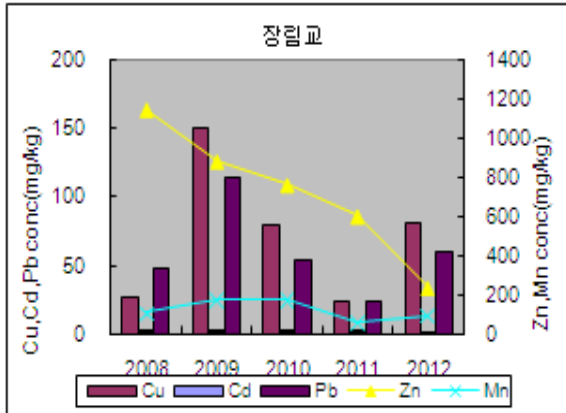


그림 20. 장림교 연도별 중금속 오염도

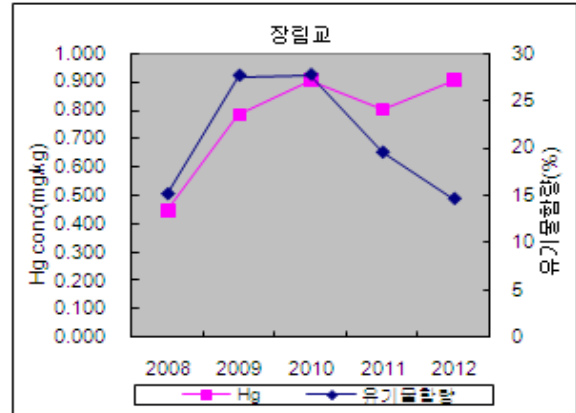


그림 21. 장림교 연도별 수은 및 유기물함량

○ 덕천천

- ▷ 덕천천은 북구 만덕동에서 구포까지 연장 약 3.7 km, 폭 약 6 m의 소하천으로 대부분의 구간이 복개되어 있고, 덕천동 및 구포동의 생활하수가 주 수원으로 덕천배수장으로 유입된 후 장림하수처리장까지 유입된다.
- ▷ 덕천교 중금속 오염도는 그림 22 와 그림 23에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu 2.526 mg/kg, Cd 0.058 mg/kg, Pb 0.88 mg/kg, Mn 76.482 mg/kg 로 조사되어 2011년 조사결과 Cu 1.458 mg/kg, Cd 0.027 mg/kg, Pb 1.74 mg/kg, Mn 47.186 mg/kg과 비교 시 비슷하게 조사되었다. 유기물함량에 있어서도 2012조사결과 7.8% 로 조사되어 전년도 조사결과 8.0 % 대비 비슷한 것으로 나타났다.

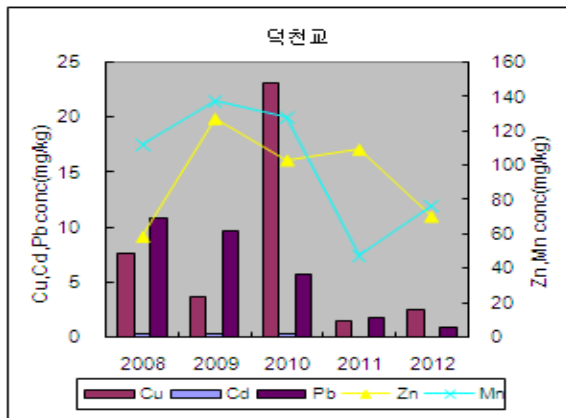


그림 22. 덕천교 연도별 중금속 오염도

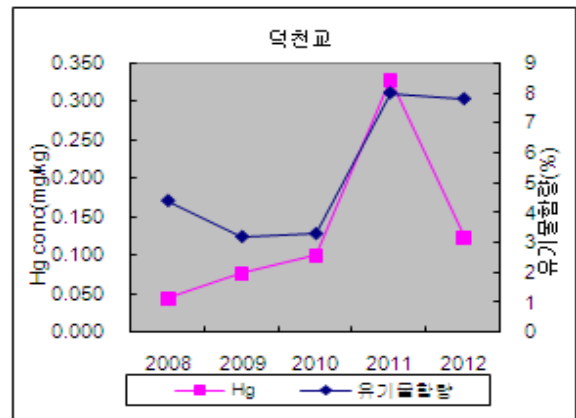


그림 23. 덕천교 연도별 수은 및 유기물함량

○ 대천천

- ▷ 대천천은 금정산에서 발원하여 화명동 낙동강 합류지점까지 길이 5.5 km, 유역면적 16.4 km² 를 차지하는 하천으로 자연수의 유입량이 많아 수질 상태가 양호하고 하천의 자정력도 비교적 유지되고 있다.

▷ 화명교 지점의 중금속 오염도는 그림 24 와 그림 25에 나타내었다. 화명교 지점의 저질 시료는 유기물의 혐기성 분해에 의한 짙은 색의 저질이 아닌 자연토와 같은 황색을 띄고 있으며, Cu 등 대부분의 중금속 항목의 농도가 감소하는 추세를 나타내고 있다. 유기물함량에 있어서도 2012년 조사결과가 1.5 % 로 전년도 1.2 % 외 비교 시 조금 증가한 것으로 조사되었으나, 여전히 조사 전 지점 중 가장 낮은 조사 결과치를 나타내었다. 대천천 주변이 주로 주거 및 녹지지역으로 하천의 중금속 오염원이 거의 없어, 오염도가 지속적으로 감소되는 것으로 추정된다.

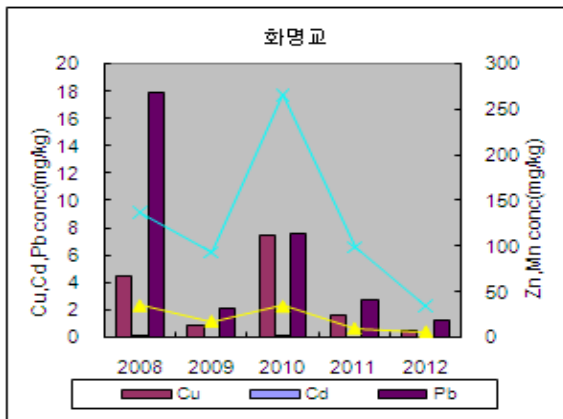


그림 24. 화명교 연도별 중금속 오염도

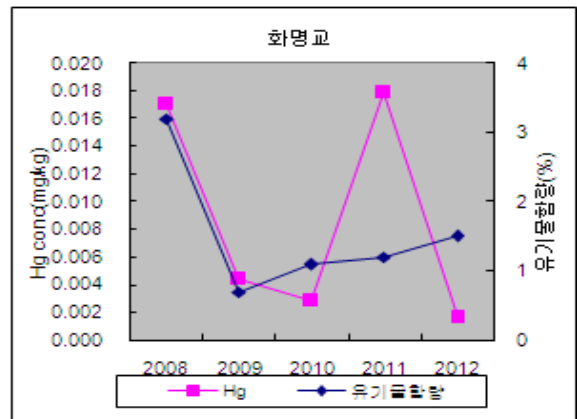


그림 25. 화명교 연도별 수은 및 유기물함량

○ 낙동강

▷ 낙동강은 길이 506.17 km, 유역면적 2만 3384.21 km²인 하천으로 태백 함백산에서 발원하여 고생대 석회암 중의 천연교하를 흐르고 경상북도에 들어와서 바다로 들어가지 못하고 동류하다가 부산시 낙동강 하구둑에서 바다로 유입된다. 낙동강은 부산 시민의 식수원이며 본 조사에서는 낙동강 수계의 물금, 매리, 구포선착장 3개 지점을 조사하였다. 물금과 매리 지점은 부산시민들에게 수돗물을 공급하는 우리시의 상수원이므로 그 용도상 외부 오염원으로부터 차단되어야 한다.

▷ 물금 지점은 부산시 북구, 동래구, 연제구, 해운대구 등에 1일 약 30만톤의 수돗물을 공급하는 부산의 주요 상수원 취수지점의 하나이다. 이 지점은 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다. 토양 내에서의 정상적인 구리 함량은 거의 20 ppm, 지각(crust)중의 카드뮴 농도는 평균 15 ppm, 납은 13 ppm, 망간은 100 ~ 4000 ppm, 수은은 평균 0.08 ppm 정도 함유되어 있다. 이런 점을 감안할 때 물금지점의 저질 내 중금속 농도는 물금지역 토양의 지역적 특성에 기인한 것 이라고 볼 수 있다.

▷ 물금지점의 중금속 오염도는 그림 26 와 그림 27에 나타내었다. 2012년 조사결과는 Cu 1,879 mg/kg, Cd 0.049 mg/kg, Pb 2,56 mg/kg, Zn 6,792 mg/kg, Mn 50,251 mg/kg 등으로 조사되어 전년도에 비해 Cu, Pb 을 제외한 대부분의 중금속 농도가 감소하

였으며, 유기물함량도 1.9 %로 전년도 3.0 % 와 비교 시 감소한 것으로 조사되었다.

- ▷ 낙동강 하류 매리지점의 중금속 오염도는 그림 28 과 그림 29에 나타내었다. 부산시 최대의 상수원으로서 물금 지점과 같이 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다. 이는 외부로부터의 특정한 오염원이 없기 때문에 중금속 농도가 상대적으로 낮다고 판단 할 수 있으며, 전체적인 중금속 농도는 물금 지점과 비슷하며 연도별로 큰 차이가 없다.

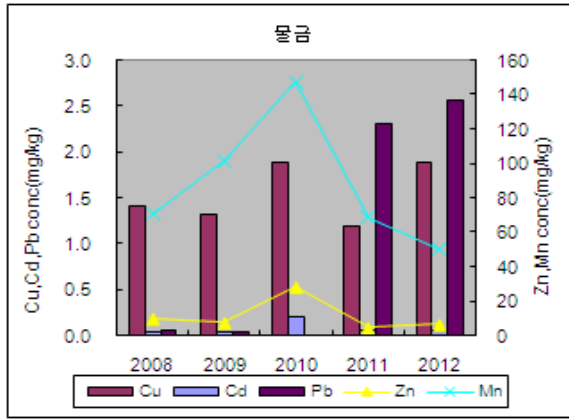


그림 26. 물금 연도별 중금속 오염도

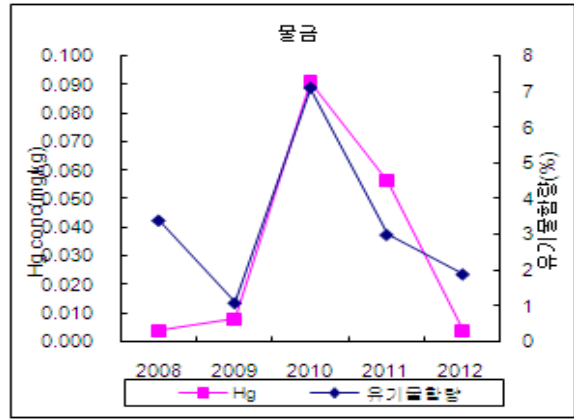


그림 27. 물금 연도별 수은 및 유기물함량

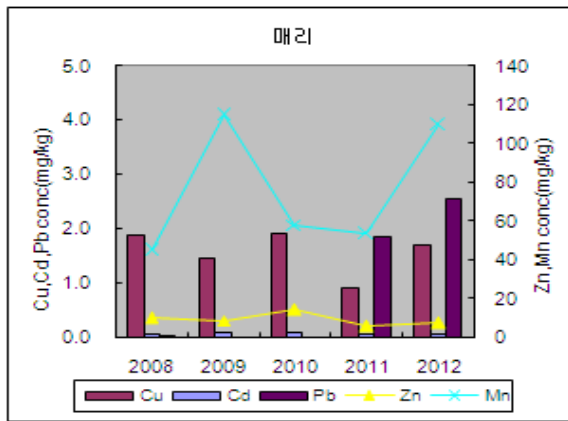


그림 28. 매리 연도별 중금속 오염도

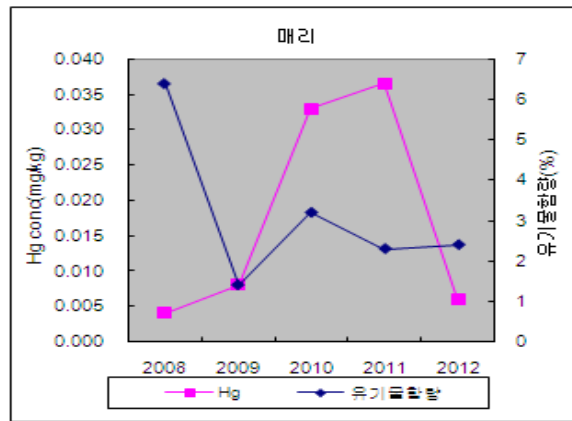


그림 29. 매리 연도별 수은 및 유기물함량

- ▷ 낙동강의 하류 지점인 구포선착장 지점은 물금과 매리 지점보다 전체적으로 오염도가 다소 높게 나타났다. 이는 생활하수 및 우수들이 함유 된 지천들이 구포선착장 지점에서 낙동강으로 합류되는 때문으로 사료 된다. 구포선착장 지점의 중금속 등의 오염도는 그림 30, 그림 31 에 나타낸 바와 같다. 2012년도 조사결과는 Cu 0.562 mg/kg, Cd 0.025 mg/kg, Pb 2.77 mg/kg, Mn 45.851 mg/kg 등으로 나타나, 전년도와 조사결과와 비교 시 전 항목이 다소 감소 하였다. 유기물함량도 2011년 조사결과 2.6 %로 전년도 평균인 3.6 % 와 비교 시 다소 감소하였으며, 큰 폭의 변화는 없는 것으로 조사되었다. 강의 오염 특히,

하구의 오염은 근해에 미치는 영향뿐만 아니라 남해안으로 흘러들어 어자원에 많은 영향을 끼치므로 이 지역 오염원인 공장폐수, 농약, 생활하수유입의 차단과 체계적인 하천관리가 필요하다 하겠다.

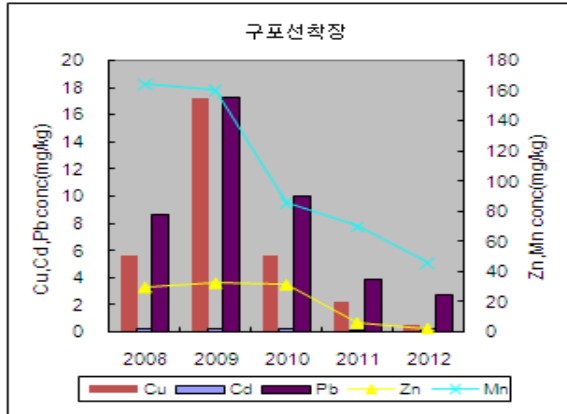


그림 30. 구포선착장 연도별 중금속 오염도

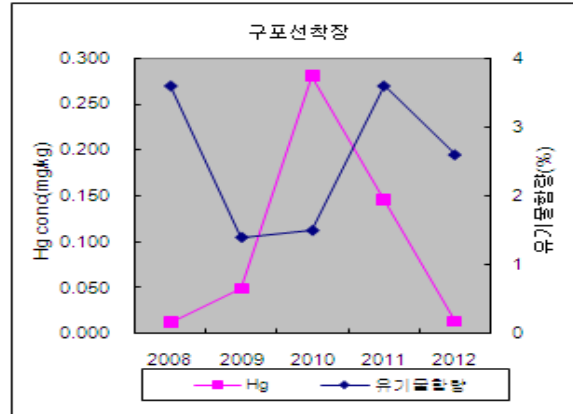


그림 31. 구포선착장 연도별 수은 및 유기물함량

○ 서낙동강

- ▷ 서낙동강은 낙동강 권역의 서낙동강 수계에 속하며, 유로연장 26.4km · 하천연장 18.55 km · 유역면적 285.08km²이다. 강서구 대저동 대저수문부터 명지동, 녹산동의 명지수문 · 녹산수문 경계지점까지 흐르며 인근에 관개용수와 농업용수를 공급하는 역할을 하지만, 물의 흐름이 여러 수문에 가로막혀 본류와 차단됨으로써 고여 있는 호수 상태를 이루고 있다. 또한 가정과 공장, 식당 등의 각종 오 · 폐수가 여러 지천을 통해 유입되면서 수질이 나빠진 상태이다. 서낙동강의 조사지점은 중하류지역인 강동교, 조만교, 동서교, 식만교, 하류지역인 4개 지점을 조사하였다.
- ▷ 강동교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 32 및 그림 33에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu 3.120 mg/kg, Cd 0.044 mg/kg, Pb 5.25 mg/kg, Zn 31.817 mg/kg 로 2011년 조사결과인 Cu 3.708 mg/kg, Cd 0.174 mg/kg, Pb 6.61 mg/kg, Zn 82.540 mg/kg 등과 비교 시 Cu, Cd, Pb 등 전 중금속 항목이 감소한 것으로 조사되었다. 유기물 함량도 3.6 % 전년도 4.4 % 와 비교 시 약간 감소하였으며, 2010년 평균인 5.5 % 와 비교해도 감소함을 알 수 있다.
- ▷ 조만교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 34 및 그림 35에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu 3.856 mg/kg, Cd 0.043 mg/kg, Pb 7.64 mg/kg, Zn 9.145 mg/kg, Mn 182.81 mg/kg로 2011년 조사결과인 Cu 4.380 mg/kg, Cd 0.261 mg/kg, Pb 6.48 mg/kg, Zn 26.965 mg/kg, Mn 110.415 mg/kg 등과 비교 시Cu, Cd을 제외한 대부분의 중금속항목이 소폭의 증가를 나타내었고, 유기물함량도 4.3 %로 2011년 조사결과 3.1 % 보다 증가한 것으로 조사되었다.

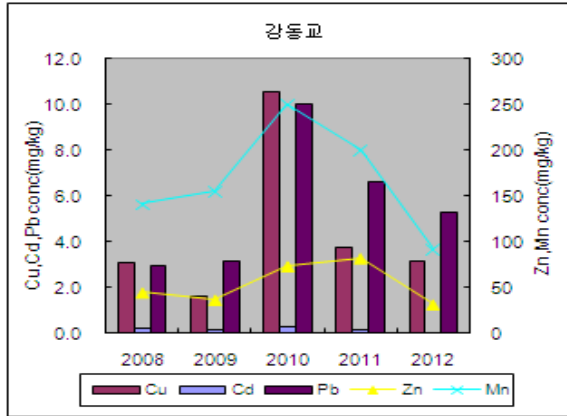


그림 32. 강동교 연도별 중금속 오염도

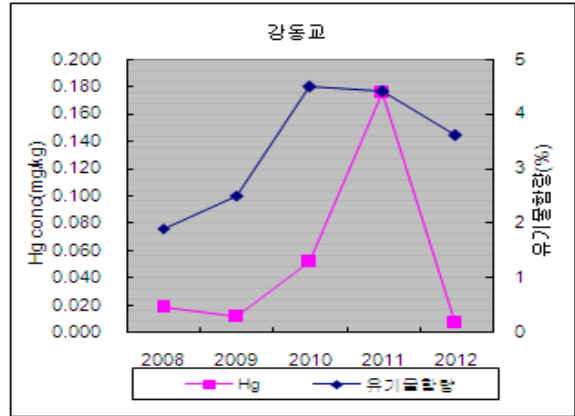


그림 33. 강동교 연도별 수은 및 유기물함량

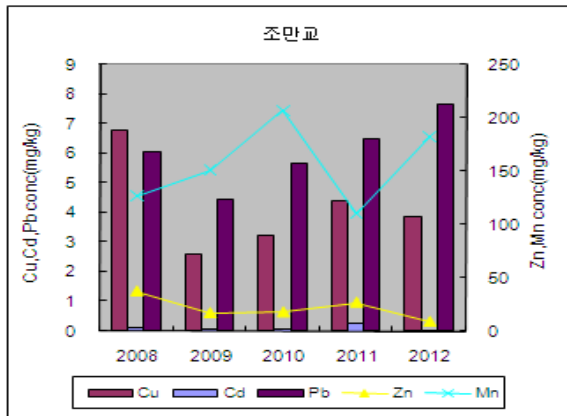


그림 34. 조만교 연도별 중금속 오염도

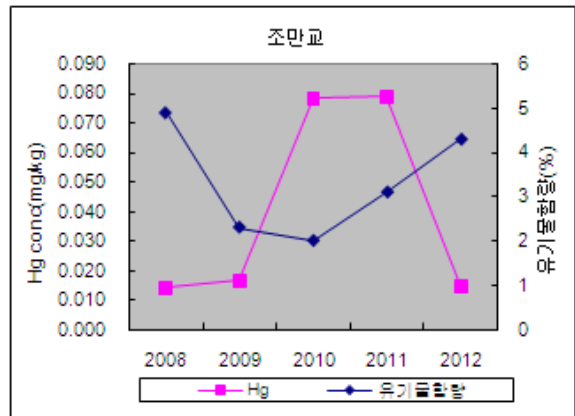


그림 35. 조만교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 2010년부터 추가조사지점인 서낙동강 지류인 평강천의 동서교 와 금천천의 식만교 지점의 중금속 농도는 Cu 가 각각 11.204 mg/kg, 4.063 mg/kg, Cd 의 농도는 각각 0.180 mg/kg, 0.072 mg/kg 등 동서교의 대부분의 중금속 농도가 서낙동강의 타 지점에 비하여 높은 농도로 검출되었으며, 또한 평강천 동서교 지점은 수질의 유속이 거의 없어 유기 퇴적물이 조금씩 증가하는 경향이 있었고 육안으로도 수질이 정체되어있어 지속적인 모니터링이 필요 할 것으로 판단되며, 서낙동강 주변 지천들도 하천퇴적물 준설사업 계획도 필요 할 것으로 사료된다. 유기물함량에 있어서도 동서교가 5.0 %로 다른 지점들에 비해 약간 높았다 식만교 지점은 4.1 % 로 조사되어 서낙동강의 본류인 강동교 지점의 3.6 % 와 비교 시 큰 차이는 나타내지 않았다.

○ 좌광천

- ▷ 좌광천은 기장군 병산리에서 시작하여 하천연장은 14.5km, 유역면적은 45.2km²에 이르는 하천으로 정관면의 중앙을 동류하다가 동해로 흘러든다.
- ▷ (주)세양 옆 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 36 및 그림 37에 나타내었다. 2012년 조사

결과 Cu 4.654 mg/kg, Cd 0.050 mg/kg, Pb 3.81 mg/kg, Zn 23.128 mg/kg, Mn 78.698 mg/kg로 2011년 조사결과인 Cu 2.088 mg/kg, Cd 0.094 mg/kg, Pb 3.46 mg/kg, Zn 57.533 mg/kg, Mn 103.143 mg/kg 등과 비교 시 Cu, Pb 는 다소 증가하였으나, Cd, Zn, Mn 등의 농도는 감소한 것으로 조사되었다. 유기물함량의 농도도 4.1 %로 2011년 조사결과 4.9 % 보다 감소한 것으로 조사되었다.

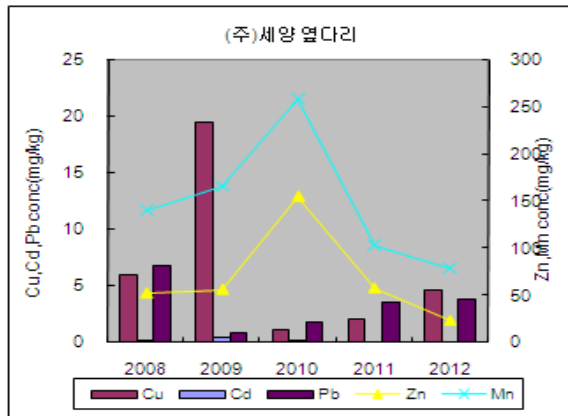


그림 36. (주)세양 옆 연도별 중금속 오염도

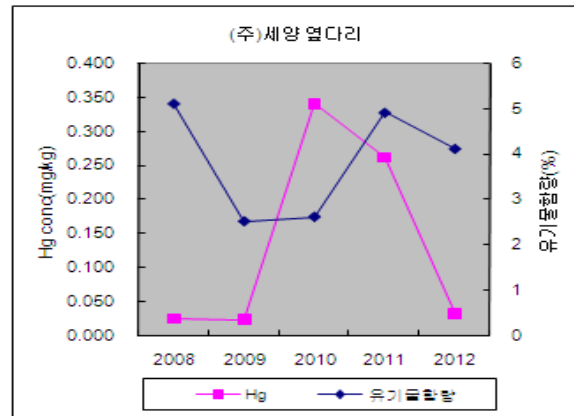


그림 37. (주)세양 옆 연도별 수은 및 유기물함량

○ 회동댐 상류

▷ 신천교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 38 및 그림 39에 나타내었다. 2012년 조사결과 Cu 1.436 mg/kg, Cd 0.093 mg/kg, Pb 9.95 mg/kg, Zn 15.395mg/kg, Mn 92.406 mg/kg로 2011년 조사결과인 Cu 2,580 mg/kg, Cd 0.174 mg/kg, Pb 5.77 mg/kg, Zn 12,262 mg/kg, Mn 119.905 mg/kg 등과 비교 시 Pb, Zn을 제외한 중금속의 농도가 다소 감소한 것으로 조사되었다. 유기물함량의 농도도 3.4 %로 2011년 조사결과 4.3 % 보다 약간 감소 한 것으로 조사되었다.

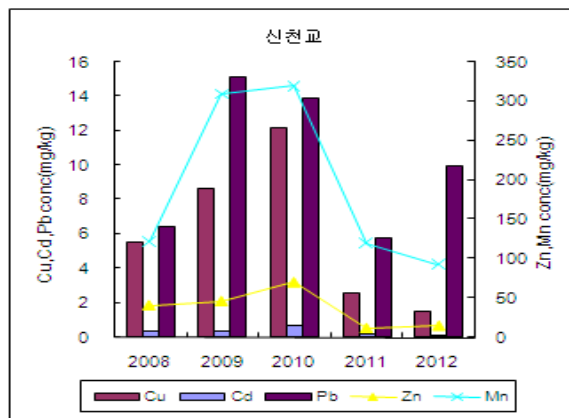


그림 38. 신천교 연도별 중금속 오염도

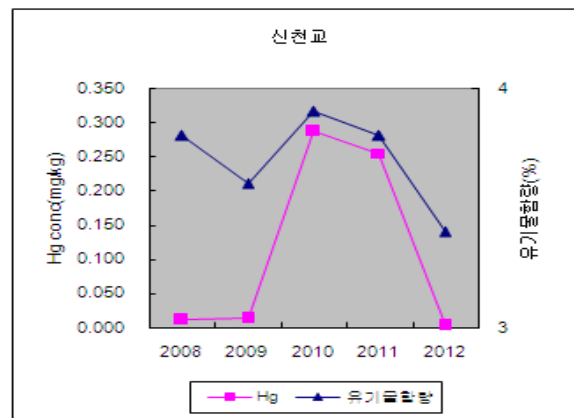


그림 39. 신천교 연도별 수은 및 유기물함량

(3) COD 오염도 추이

○ 2009년 상반기부터 분석이 시작된 퇴적물의 유기물농도를 측정하기 위한 또 하나의 항목인 COD의 분석 결과(2010년도 ~ 2012년도)를 보면, 각 지점별로 상이한 차이를 보여주고 있으며 지점별 현격한 증감 양상을 나타내고 있다. 각 지점별 퇴적물의 COD농도는 그림 40에 나타난 바와 같다. 2012년도 조사결과 농도분포는 8,034.1 ~ 126,775.7(mg/kg)으로 조사되었으며, 감전천의 부산콘크리트 옆다리 지점에서 126,775.7 mg/kg로서 가장 높은 수치를 나타내었고, 대천천의 화명교 지점이 8034.1 mg/kg으로서 가장 낮은 값으로 조사 되었다. 2011년도 조사 결과의 가장 높은지점(부산콘크리트)과 가장 낮은 지점(화명교)이 동일지점으로 조사되었다. 공업지역인 장림천 지점과 회동댐 상류지점의 신천교 지점들은 전년도에 비해 가장 크게 감소추세로 조사되었는데 현재 진행중인 하천정비로 인한 영향으로 사료된다.

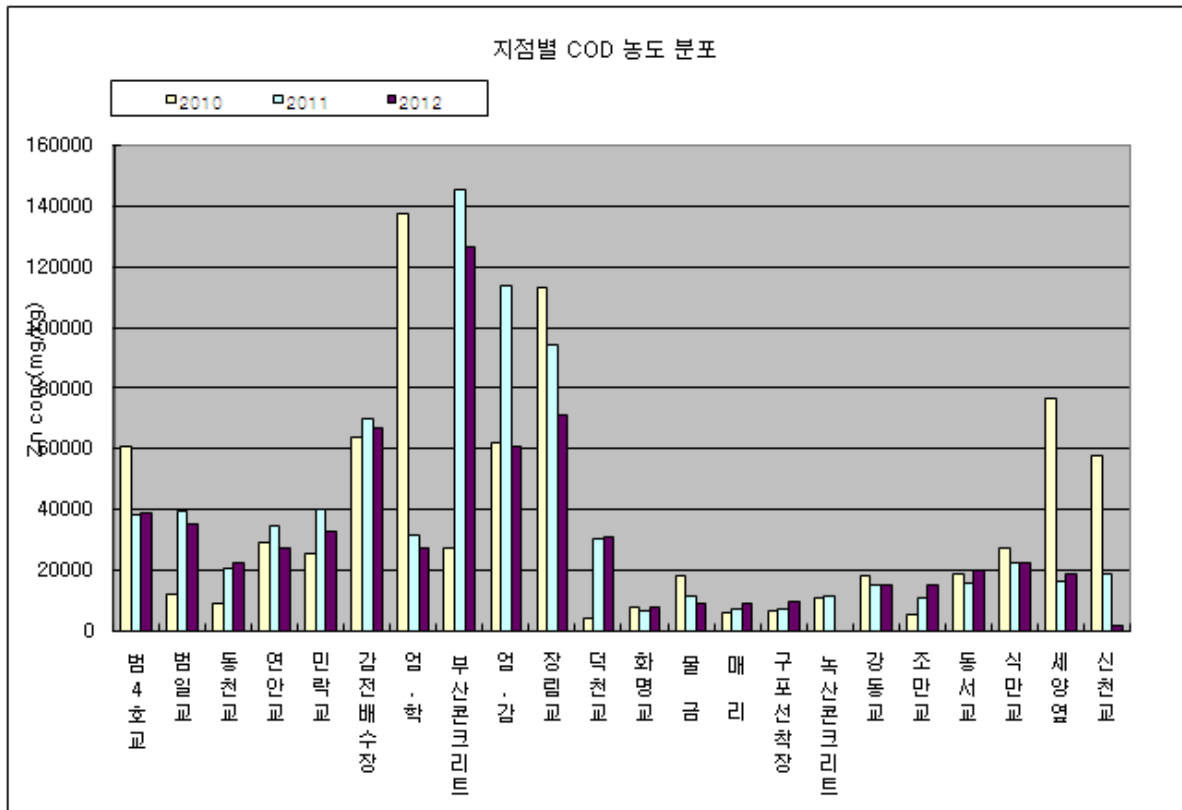


그림 40. 부산지역의 하천퇴적물 지점별 COD 농도분포

6. 결 론

부산지역의 12개 하천 22개 지점과 수영만 요트경기장 1개 지점의 하천퇴적물 오염도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

○ 2012년도 12개 하천 23개 지점의 중금속의 조사항목별 농도범위는 Cu 0.451 ~ 81.800(mg/kg), Cd 0.033 ~ 0.745(mg/kg), Pb 0.06 ~ 60.90(mg/kg), Zn 2.587 ~ 1,181.540(mg/kg), Mn 28.054 ~ 245.460(mg/kg), As 0.049 ~ 0.500(mg/kg), Hg

0.033 ~ 0.4729(mg/kg) 로 나타났으며, Cu, Pb, As 는 장림천의 장림교 지점에서, Zn, Hg 은 감전천의 엄궁교 지점에서 최고수치를 나타내어 이지역의 주된 중금속오염의 존재를 시사한 것으로서 정확한 배출원 규명을 위해선 지속적인 오염원 추적 조사와 주변지역의 공장의 제조 공정상에서 발생하는 중금속 오염배출원 특성 파악도 필요하다고 사료된다.

- 토양오염우려기준 2지역에 준하여 2012년도 평균 중금속 오염도 비교 시 초과 항목은 아연 1 개 항목으로 나타났으며, 감전천의 엄궁교 지점에서 1,181.540 mg/kg, 삼락천의 감전배수장 지점에서 821.971 mg/kg 로 조사되어 토양오염우려기준(2지역)인 600 mg/kg 을 초과한 것으로 나타났다. 그 외 조사항목인 Cu, Cd, Pb, Hg 등은 전 조사대상지점에서 모두 토양오염우려기준(2지역)을 만족하는 것으로 조사되었다.
- 동천, 수영천, 덕천천, 대천천 등 4개 하천은 주거지역을 관류하는 하천으로서 도심을 관류하고 있어 관심있게 관리하고 있는 중요한 하천으로서 조사대상은 범일교 등 7개 지점 인데, 동천은 동천 환경개선 사업에 의한 주기적인 준설, 해수도수 등 지속적인 하천정비사업의 영향으로 오염도가 점차 감소하고 있으며, 연안교 및 동천교, 덕천교지점 역시 지속적인 유수지 준설 및 하천종합정비사업의 추진으로 오염도가 감소 추세를 나타내고 있다.
- 학장천 엄궁교 지점은 생태복원사업의 통한 낙동강 물의 도수 및 환경정비사업으로 유기물함량의 경우 2012년 조사결과가 6.8%로 2011년 7.1% , 2010년 20.9% 와 비교 시 계속적으로 상당히 개선되고 있는 것으로 조사되었다.
- 낙동강 하류 물금지점 과 매리지점의 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내었고, 외부로부터의 특정한 오염원이 없어 중금속 농도가 상대적으로 낮게 나타나고 있으며, 연도별로도 큰 차이가 없었다.
- 2010년부터 추가조사지점인 서낙동강 지류인 평강천의 동서교 와 금천천의 식만교 지점의 중금속 농도는 Cu 가 각각 11,204 mg/kg, 4.063 mg/kg, Cd 의 농도는 각각 0.180 mg/kg, 0.072 mg/kg 등 동서교의 대부분의 중금속 농도가 서낙동강의 타 지점에 비하여 높은 농도로 검출되었으며, 또한 평강천 동서교 지점은 수질의 유속이 거의 없어 유기 퇴적물이 조금씩 증가하는 경향이 있었고 육안으로도 수질이 정체되어있어 지속적인 모니터링이 필요 할 것으로 사료된다. 서낙동강 주변 지천들도 하천퇴적물 준설 사업도 필요 할 것으로 사료되며, 유기물함량에 있어서도 동서교가 5.0 %로 다른 지점들에 비해 약간 높았다. 식만교 지점은 4.1 % 로 조사되어 서낙동강의 본류인 강동교 지점의 3.6 % 와 비교 시 큰 차이는 나타나지 않았다.
- 기타지역인 좌광천의 (주)세양옆다리, 수영만 요트경기장 지점은 타 하천지역에 비해 중금속 오염도가 낮게 나타났으며 특히, 요트경기장 지점은 Cu 와 Pb 농도가 각각 0.334 mg/kg, 0.06mg/kg 로 2011년도와 같이 조사대상 지점 중 최저 농도로 조사되었다.
- 6가 크롬은 조사 전 지점에서 불검출로 나타나, 6가크롬에 의한 오염은 없는 것으로 사료된다. 수소이온농도는 감전천의 엄궁교지점 등이 연평균 6.9로 최소치를 나타내었으며, 수영강 민락교 지점에서 7.9 로 최대치를 나타내었다.
- 유기물농도를 측정하기 위한 또 하나의 항목인 COD의 분석결과를 보면 각 지점별 퇴적물의 하반기 COD농도분포는 8,034.1 ~ 126,775.7(mg/kg)으로 조사되었으며, 감전천의 부산콘크리

트 옆다리 지점에서 126,775.7 mg/kg 으로 가장 높게 나타났고, 대천천의 화명교 지점이 8,034.1 mg/kg 으로 가장 낮게 나타났다. 공업지역인 감전천, 장림천의 지점들에서 오염도가 높게 나타난 것으로 조사되었다.

- 유기물함량은 대천천의 화명교지점이 1.5 %로서 가장 낮았는데, 주로 주거 및 녹지지역으로 구성되어 있어 하천의 중금속 오염원 영향이 거의 없는 것으로 추정되며, 공업지역에 위치한 감전수로 엄궁교 지점이 25.1 %, 부산콘크리트 지점이 24.9 %, 장림교지점이 14.6 %로서 타 지점에 비해 상당히 높은 것으로 조사되었다.