

## 부산지역의 하상퇴적물 오염도 조사

- 부산지역 하천의 하상퇴적물에 대한 오염 상태를 파악하여 하천정화 대책 수립 및 부산시의 환경오염도 기초자료 제공

### 1. 조사근거

- 시 환위 31811-32250(1986.12.23.)
- 시 환보 67407-20074(1999.01.18.)

### 2. 조사기간 :

- 1년 (2011년 1월 ~ 12월(반기1회))

### 3. 조사지점(12개 하천 22개 지점, 수영만 요트경기장)

- 동천(범4호교, 범일교), 수영천(동천교, 연안교, 민락교), 삼락천(감전배수장) 학장천(엄), 감전천(부산콘크리트요 다리, 엄궁교), 장림천(장림교), 덕천천(덕천교), 대천천(화명교), 낙동강(물금, 매리, 구포선착장), 서낙동강(강동교, 조만교, 녹산콘크리트요, 동서교, 식만교), 좌광천((주)세양요, 회동댐 상류(신천교), 요트경기장(수영만)

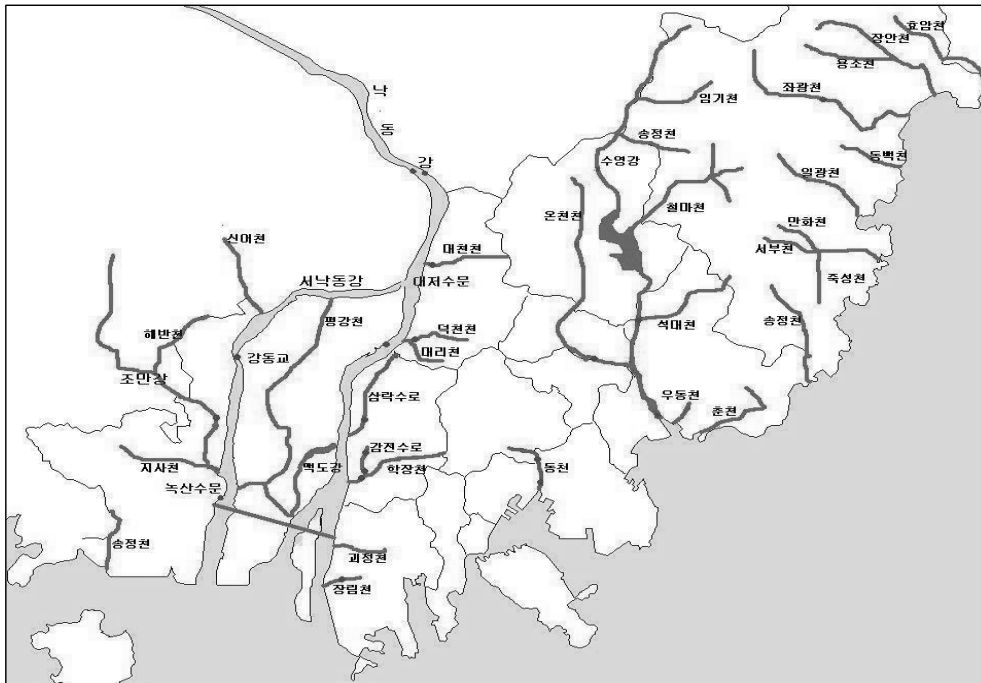


그림 1. 하상퇴적물 채취지점

#### 4. 조사 대상 및 항목

- 조사대상 : 12개 하천 22개 지점과 수영만 1개 지점
- 조사항목 : Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Cr<sup>6+</sup>, As, Hg, pH, COD, 유기물함량(11개 항목)

#### 5. 조사방법

- 시료전처리
  - 토양오염공정시험방법(환경부 고시 제2002-122호)에 의하여 시료를 통풍이 잘되는 곳에서 풍건시킨 후, 분쇄하여 2 mm 표준체(10메쉬)에 통과한 시료를 분석용 시료로 하였다.
- 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간, 비소
  - 전처리 시료 10 g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 용액 50 mL를 가하여 항온수평진탕기(100회/분)를 사용하여 1시간 진탕한 다음 여과하여 ICP발광분석법(inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy)을 이용하였다.
- 6가 크롬
  - 전처리 시료 10 g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 용액 50 mL를 가하여 항온수평진탕기(100회/분)를 사용하여 1시간 진탕한 다음 여과한 여액을 디페닐카르바지드 발색법으로 분광광도계(UV-Vis spectrophotometer Cary 3)를 이용하여 분석하였다.
- 수은
  - 생시료 적당량을 수은분석기(Mercury Analyzer MA-2)로 분석하였다.
- 수소이온농도
  - 전처리 시료 5 g을 달아 50 mL 비이커에 취하고 증류수 25 mL를 넣어 때때로 유리막대로 저어주면서 1시간 방치 후 pH미터기(pH meter Orion SA720)로 측정하였다.
- 강열감량 및 유기물함량
  - 전처리시료 적당량을 폐기물오염공정시험방법(환경부 고시 제2004-185호)에 따라 미리 무게를 잰 사기제 도가니 또는 접시에 시료 적당량(20 g 이상)을 취한 후 25 % 질산암모늄용액을 넣어 적시고 천천히 가열하여 탄화시킨 다음 600±25 ℃의 전기로 안에서 3시간 강열 후 측정하였다.

#### 6. 조사결과

- 2011년 하상퇴적물 오염도 현황

표 1. 12개 하천 23개 지점의 연도별 중금속 농도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

하천명	지점명	pH	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	Cr+6	COD	유기물 함량 (%)
동천	범4호교	7.8	2,826	0.172	2.54	168,313	63,505	0.293	0.0651	0.00	38,146.2	7.9
	범일교	7.9	3,919	0.194	4.30	199,260	73,628	0.164	0.0744	0.00	39,700.1	8.3
수영천	동천교	7.2	4,806	0.286	8.82	229,163	129,050	0.205	0.0808	0.00	20,713.9	4.1
	연안교	7.4	7,565	0.141	11.55	42,493	59,803	0.223	0.0686	0.00	34,826.8	10.4
	민락교	8.1	2,029	0.136	5.51	14,241	39,770	0.102	0.0565	0.00	39,958.0	11.2
삼락천	감전배수장	7.2	6,545	0.558	4.58	486,800	193,088	0.748	0.5694	0.00	69,328.4	15.1
학장천	엄궁교	7.2	3,735	0.098	3.49	25,293	78,575	0.127	0.8943	0.00	31,803.1	7.1
감전천	부산콘크리트 옆다리	7.1	2,595	0.418	3.99	401,800	81,618	0.073	0.8584	0.00	145,554.2	28.3
	엄궁교	7.0	6,703	1.223	15.00	2165,500	121,580	0.735	0.5960	0.00	113,903.0	27.5
장림천	장림교	7.1	24,105	0.993	23.59	601,650	53,358	0.605	0.8017	0.00	94,153.1	19.5
덕천천	덕천교	7.2	1,458	0.027	1.74	109,662	47,186	0.015	0.3279	0.00	30,166.5	8.0
대천천	화명교	7.3	1,667	0.080	2.71	10,216	99,050	0.062	0.0179	0.00	6,502.9	1.2
낙동강	물금	7.3	1,197	0.052	2.31	5,145	69,030	0.053	0.0564	0.00	11,605.1	3.0
	매리	7.3	0,896	0.051	1.85	6,001	53,305	0.036	0.0366	0.00	7,147.7	2.3
	구포선착장	7.7	2,325	0.107	3.87	6,365	70,080	0.255	0.1449	0.00	7,554.5	3.6
서낙동강	녹산 콘크리트연	7.9	4,100	0.090	3.45	259,250	99,625	0.065	0.2216	0.00	11,324.8	2.7
	강동교	7.8	3,708	0.174	6.61	82,540	200,593	0.211	0.1753	0.00	15,076.0	4.4
	조만교	7.7	4,380	0.261	6.48	26,965	110,415	0.202	0.0789	0.00	11,251.2	3.1
	동서교	7.3	1,057	0.063	1.98	20,763	76,584	0.078	0.2861	0.00	15,886.8	4.3
	식만교	7.2	2,605	0.183	4.26	26,155	71,370	0.243	0.2386	0.00	22,512.6	4.7
좌광천	(주)세양옆 다리	7.1	2,088	0.094	3.46	57,553	103,143	0.149	0.2614	0.00	16,130.6	4.9
회동댐 상류	신천교	7.2	2,580	0.174	5.77	12,262	119,905	0.076	0.2547	0.00	18,914.7	4.3
수영만	요트경기장	8.0	0,344	0.113	1.51	15,503	41,890	0.067	0.1065	0.00	35,927.3	10.5

## ○ 지점별 중금속 오염도 추이

## ▷ 동천

- 동천은 하천연장 4.9 km, 유역면적 31.1 km<sup>2</sup>로 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 나타난 바와 같이 Cu, Pb, Zn의 농도는 전년도에 비해 다소 증가하였으나, Cd, Mn, As 등은 감소한 것으로 조사되었으며, 특히 유기물함량은 7.9 %로 조사되어 전년도 20.3 %와 비교 시 큰 폭의 감소를 나타내었다.

표 2. 범4호교 연도별 중금속 농도 및 유기물함량 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	유기물함량(%)
'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
'07 평균	7.059	0.434	3.32	124.225	118.575	0.000	0.0350	15.4

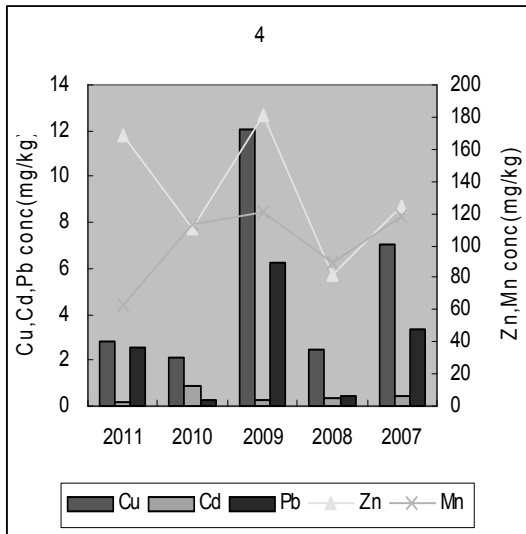


그림 2. 범4호교 연도별 중금속 오염도

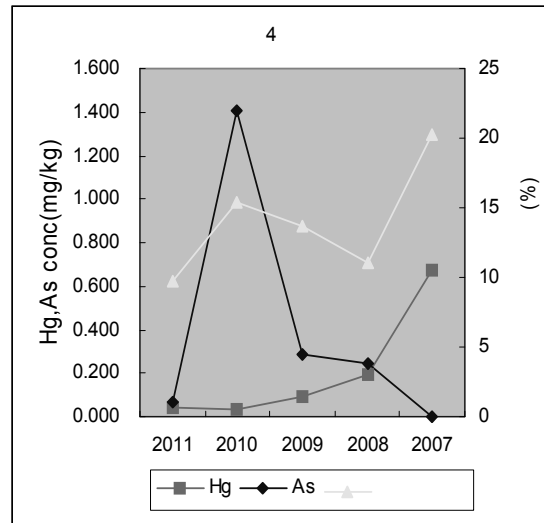


그림 3. 범4호교 연도별 수은, .비소, 유기물함량

- 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 Pb, Zn 등의 농도는 증가한 반면 Cu, Cd, Mn 등은 큰 폭의 감소를 나타내었다. 유기물함량에 있어서는 8.3 %로 조사되어 전년도 5.1 %에 비하여 다소 증가한 것으로 조사되었다.

표 3. 범일교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	유기물함량(%)
'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
'07 평균	0,175	0,234	0,06	7,145	89,650	0,000	0,0250	9,6

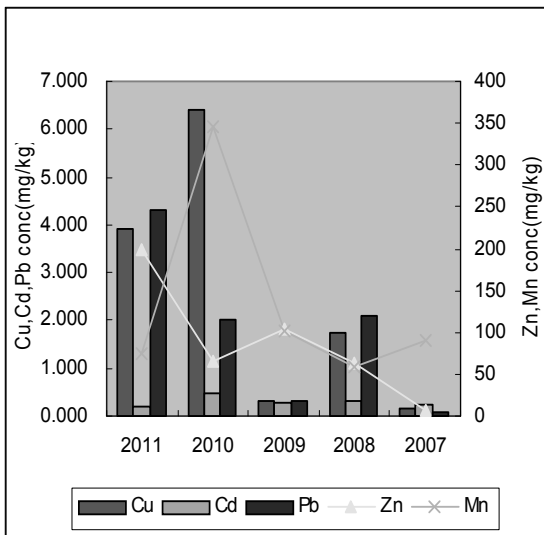


그림 4. 범일교 연도별 중금속 오염도

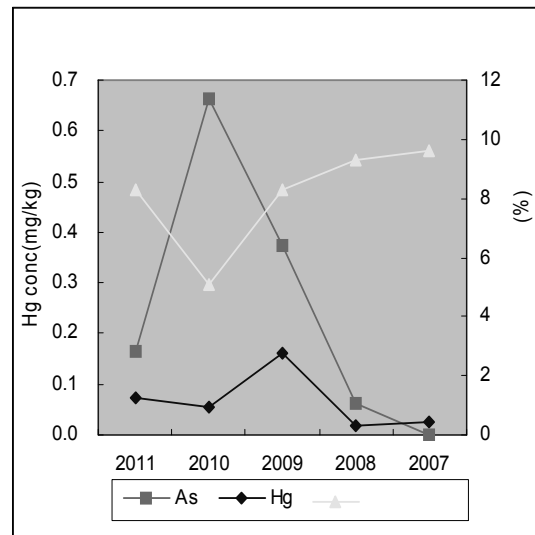


그림 5. 범일교 연도별 수은, 아소, 유기물함량

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

▷ 수영천

- 수영천은 석대천을 본류로하여 온천천으로 구성되어 있으며 하천연장은 19.2 Km이며, 유역면적은 199.9 km<sup>2</sup>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 수행하

고 있다.

- 수영천 동천교의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 6 및 그림 7에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu, Cd와 Pb의 농도는 각각 4.806 mg/kg, 0.286 mg/kg 과 8.82 mg/kg으로 조사되어 전년도의 Cu, Cd 와 Pb 각각의 농도 14.788 mg/kg, 0.695 mg/kg, 22.18 mg/kg와 비교 시 큰 폭의 감소를 나타내었다. Mn과 유기물함량에서는 전년도에 비해 다소 증가를 나타내었으나, 전체적으로 2009년 이후 뚜렷한 감소 추세를 보이고 있다.

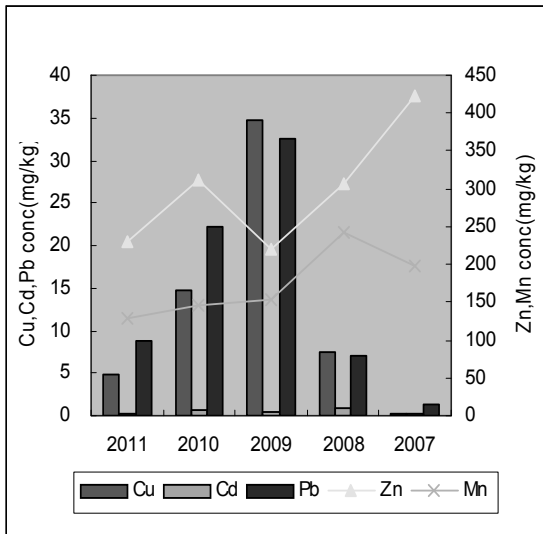


그림 6. 동천교 연도별 중금속 오염도

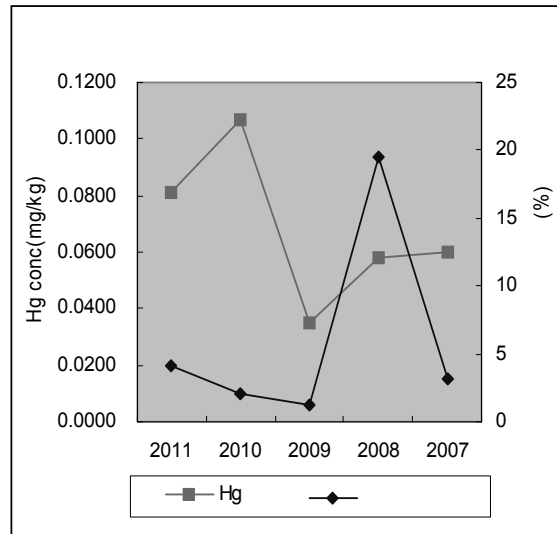


그림 7. 동천교 연도별 수은 및 유기물함량

- 연안교는 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7 %를 차지하는 온천천에 위치한 지점으로 수영강의 제1지류로서 수영강하구로 부터 약 3.1 km 상류지점에서 수영강 우안으로 유입하는 지방2급하천으로 유역의 형상은 협장한 수지상의 형태를 보이고 있다. 연안교 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 10 및 그림 11에 나타낸 바와 같이 2011년 연안교 지점의 중금속 및 유기물함량 조사결과 Cu, Cd 등 대부분의 항목에서 전년도에 비해 큰 폭의 감소를 나타내고 있다.

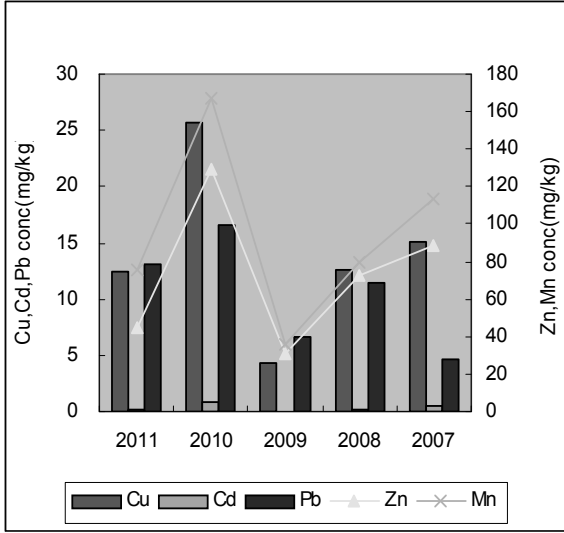


그림 8. 연안교 연도별 중금속 오염도

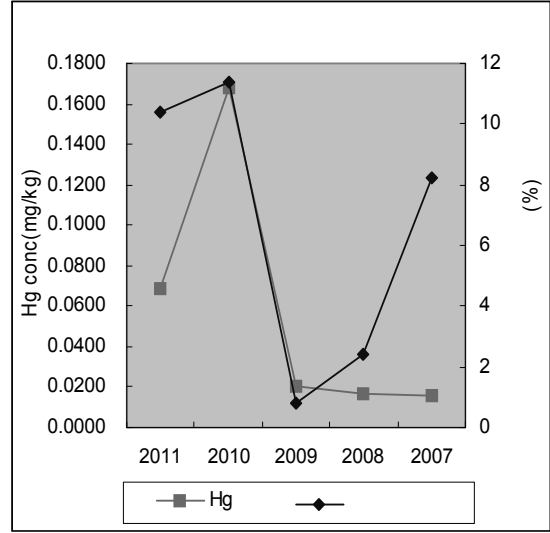


그림 9. 연안교 연도별 수은 및 유기물함량

- 민락교 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 10 및 그림 11에 나타내었다. 수영천의 하류지점인 민락교는 하천의 유량과 오염원이 해수에 의해 영향을 받고 있으며, 수영강 주변의 하천 정비 사업에도 불구하고 연안과 접하는 최 하류의 지형적인 영향으로 인해 하천퇴적물의 직접적인 개선효과는 나타나지 않고 있다. 지속적인 모니터링과 하상저질 및 수질개선을 위해 추가적인 준설 등의 검토가 필요한 것으로 사료된다.

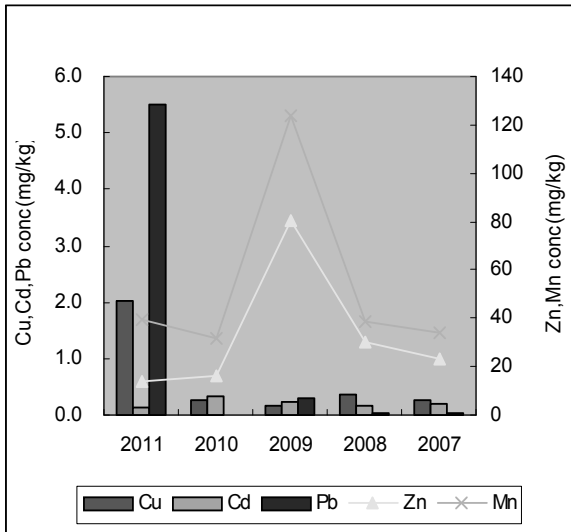


그림 10. 민락교 연도별 중금속 오염도

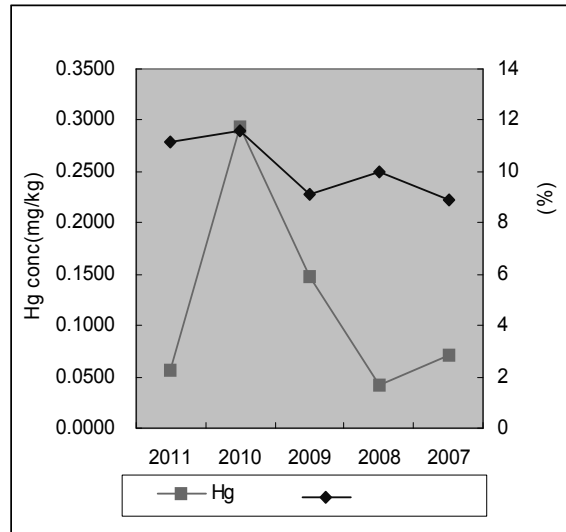


그림 11. 민락교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 삼락천

- 삼락천은 사상구 과법동에서 부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km로 평균 폭 35미터, 면적 7.8 km<sup>2</sup>을 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 조사지점으로서는 하류인 감전배수장을 조사하였다.
- 감전배수장 지점의 중금속 농도 및 유기물함량의 변화를 그림 12 및 그림 13에 나타내었다. 2011년도 조사결과 Cu의 농도가 6.545 mg/kg로 2010년도 1.913 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, 2010년 이후 다시 증가추세를 나타냄에 따라 지속적인 모니터링과 전반적인 정비계획이 요구된다.

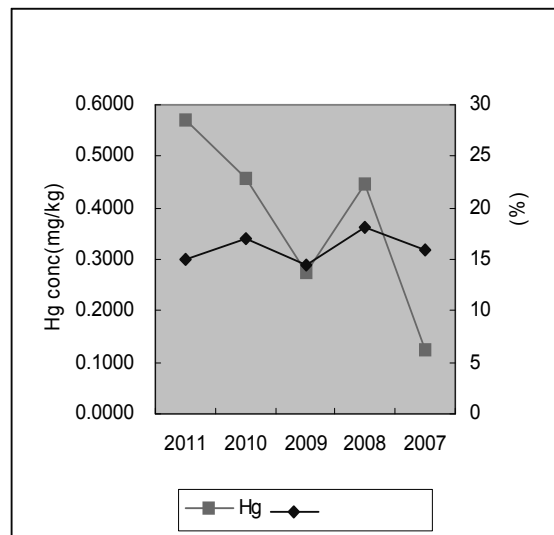
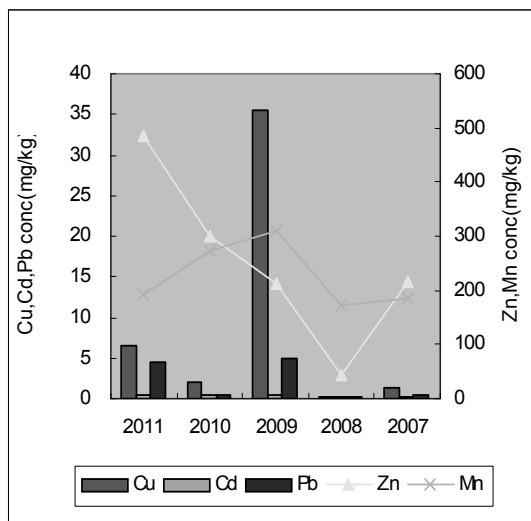


그림 12. 감전배수장 연도별 중금속 오염도

그림 13. 감전배수장 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 학장천

- 학장천은 주례동에서 엄궁동까지 약 5.35 km 길이로 평균 폭 30미터, 면적 19.42 km<sup>2</sup>을 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 15에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu, Pb의 농도가 각각 3.735 mg/kg, 3.49 mg/kg로 조사되어 전년도 Cu, Pb의 농도 각각 0.335 mg/kg, 0.32 mg/kg에 비해 크게 증가하였으나, Cd 등 타 중금속의 농도는 다소 감소함을 나타내고 있다. 특히, 학장천 생태복



원사업을 통한 낙동강 물의 도수 및 환경정비사업으로 유기물함량의 경우 2011년 조사 결과가 7.1 %로 2010년도 결과 20.9 %와 비교 시 상당한 개선을 나타내고 있다.

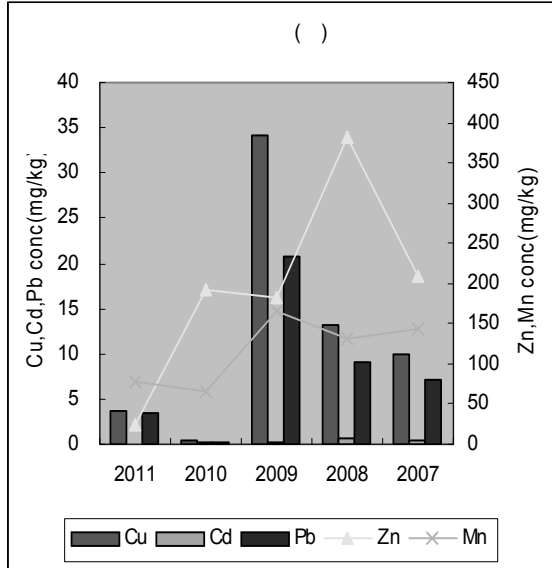


그림 14. 엄궁교 확장천 연도별중금속 오염도

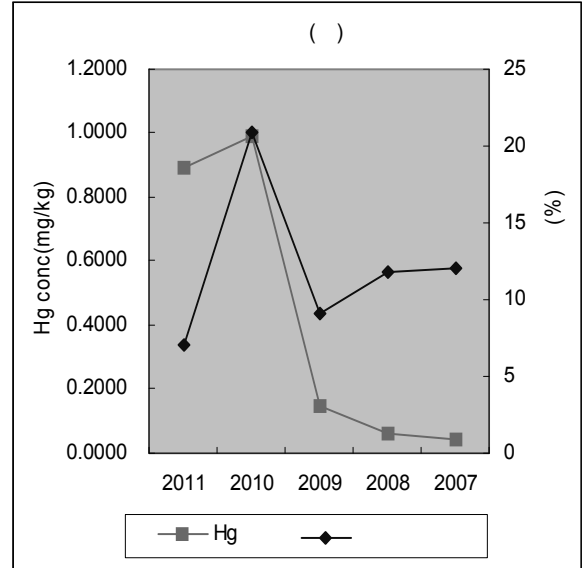


그림 15. 엄궁교 확장천 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 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, 하류 지점인 엄궁교 지점 등 2개 지점을 조사하였다.
- 부산콘크리트 옆 다리 지점의 2006년부터 2010년까지 5년간의 중금속 오염도 추이를 표 4, 그림 16, 그림 17에서 나타내었다. 2011년 조사결과 Cd 0.418 mg/kg, Pb 3.99 mg/kg, Zn 401.800 mg/kg로 2010년 Cd 0.318 mg/kg, Pb 1.49 mg/kg, Zn 401.800 mg/kg에 비하여 다소 증가 하였으며, Cu, Mn, Hg은 전년도인 2010년 조사결과 보다 감소함을 나타내었다. 유기물 함량도 28.3 %로 전체 조사지점 중 최고치를 기록하고 있어 더욱 철저한 관리가 요구된다.

표 4. 부산콘크리트 옆 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'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
'07 평균	0,658	0,176	0,23	1213,125	140,900	0,2260	0,00	30,4

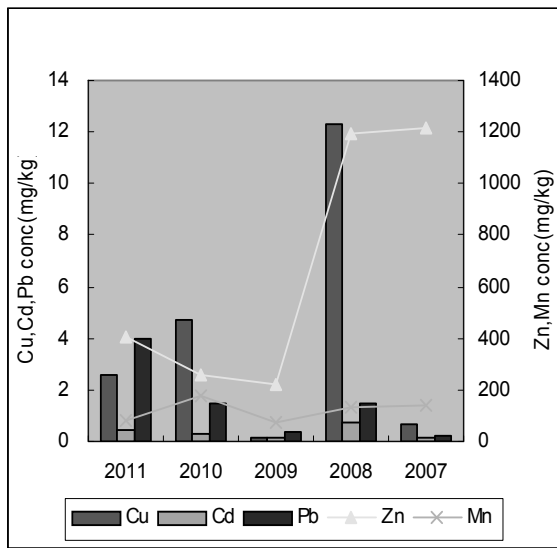


그림 16. 부산콘크리트옆다리 연도별 중금속 오염도

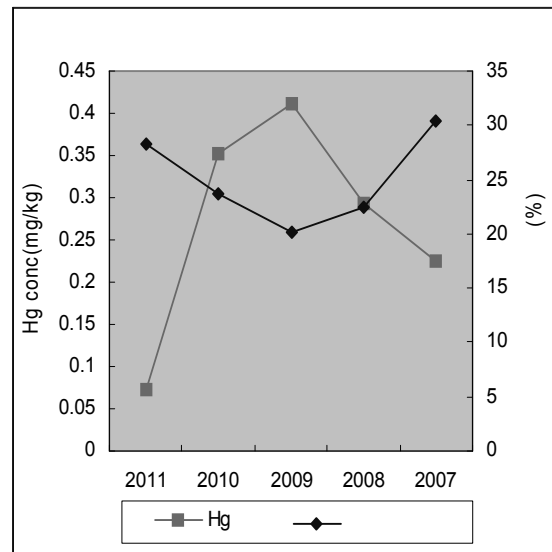


그림 17. 부산콘크리트옆다리 연도별 수은 및 유기물함량

- 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 %로서 다시 증가하였는데, 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. 및 그림 18, 그림 19에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu 6.703 mg/kg, Cd 1,223 mg/kg 등으로 조사되어, 전년도 조사결과 Cu 3.448 mg/kg, Cd 0.923 mg/kg 등과 비교 시 대부분의 중금속 항목의 농도가 증가한 것으로 조사되었다. Zn의 농도는 2,165.500 mg/kg으로 조사되어 전체 조사지점 중 최고치를 기록하였으며, 토양오염우려기준(2지역)인 600 mg/kg을 초과한 것으로 조사되었다. 유기물함량도 27.5 %로 조사되어 여전히 높은 농도 수준을 유지하

고 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, 감전수로지역에 대한 수질개선 등을 위해서는 지속적인 노력이 더욱 필요한 것으로 사료된다.

표 5. 업공교(감) 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'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
'07 평균	1.599	1.164	5.28	2698.125	103.550	0.6760	0.00	25.7

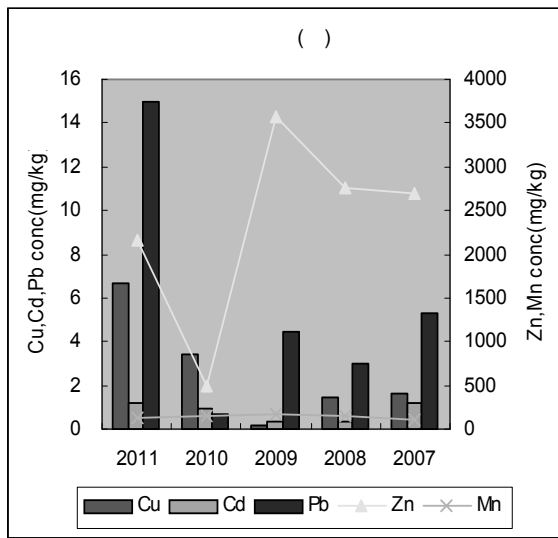


그림 18. 업공교감전수로 연도별 중금속 오염도

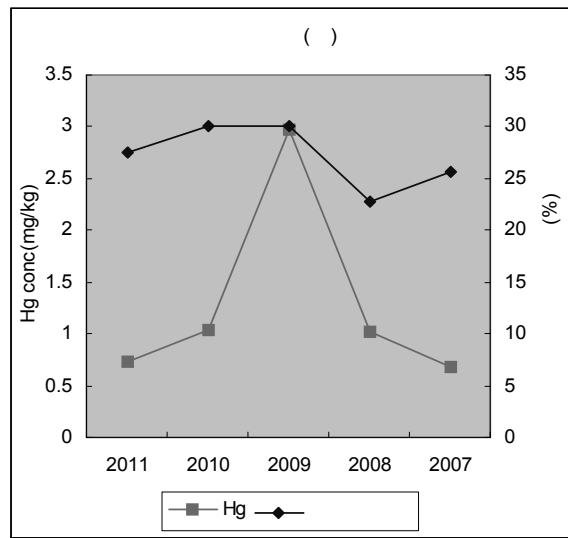


그림 19. 업공교 감전수로 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 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 우수지를 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. 2011

년도 조사결과는 Cu 24.105 mg/kg, Pb 23.59 mg/kg로 조사되어 전체 조사지점 중 각각 최고 농도를 기록하였으며, 전년도 조사결과 Cu 79.725 mg/kg, Pb 53.57 mg/kg 과 비교 시는 크게 감소한 것으로 나타내었다. Zn의 경우 2011년 조사결과 601.650 mg/kg로 전년도 761.500 mg/kg에 비하여 많은 감소를 나타내었지만 여전히 토양오염우려기준(2지역)인 600 mg/kg을 초과한 것으로 조사되었다.

표 6. 장림교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'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
'07 평균	9.995	0.940	29.83	1086.250	242.000	0.3740	0.00	13.4

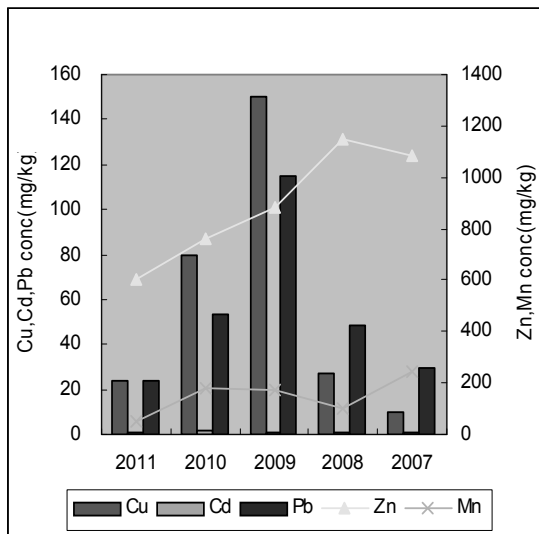


그림 20. 장림교 연도별 중금속 오염도

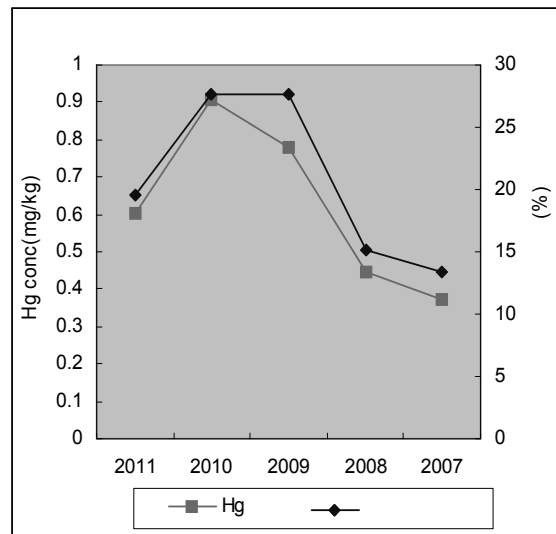


그림 21. 장림교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 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 22와 그림 23에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu 1.458 mg/kg, Cd 0.027 mg/kg, Pb 1.74 mg/kg, Mn 47.186 mg/kg로 조사되어 2010년 조사결과 Cu 23.043 mg/kg, Cd 0.308 mg/kg, Pb 5.63 mg/kg, Mn

128.438과 비교 시 큰 폭의 감소를 나타내는 등 전반적으로 Hg를 제외한 대부분의 중금속 항목의 농도가 감소하는 추세로 나타났다. 유기물함량에 있어서는 2011년 조사결과 8.0 %로 조사되어 전년도 조사결과 3.3 % 대비 증가한 것으로 나타났다.

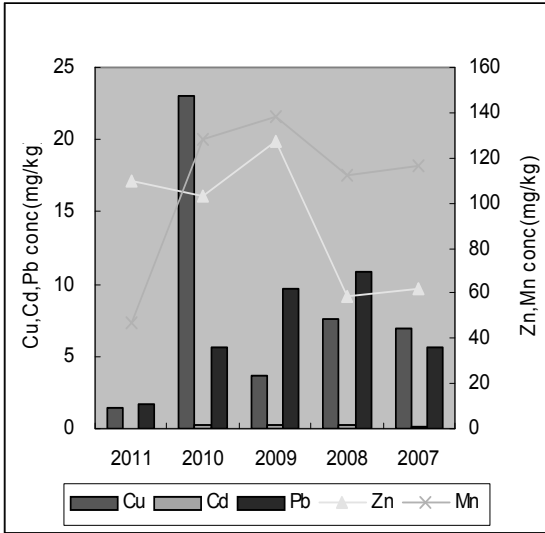


그림 22. 덕천교 연도별 중금속 오염도

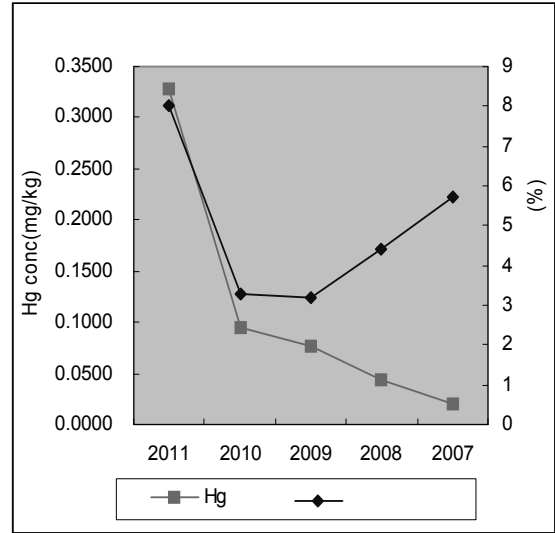


그림 23. 덕천교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 대천천

- 대천천은 금정산에서 발원하여 화명동 낙동강 합류지점까지 길이 5.5 km, 유역면적 16.4 km<sup>2</sup>를 차지하는 하천으로 자연수의 유입량이 많아 수질 상태가 양호하고 하천의 자정력도 비교적 유지되고 있다.
- 화명교 지점의 중금속 오염도는 그림 24와 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 2011년 조사결과가 1.2 %로 전년도 1.1 %와 비교 시 증가한 것으로 조사되었으나, 여전히 조사 전 지점 중 가장 낮은 수치를 나타내었다. 대천천 주변이 주로 주거 및 녹지지역으로 하천의 중금속 오염원이 거의 없어, 오염도가 지속적으로 감소되는 것으로 추정된다.

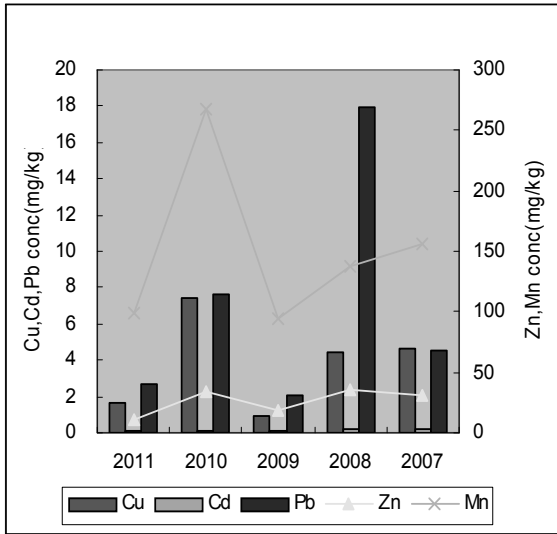


그림 24. 화명교 연도별 중금속 오염도

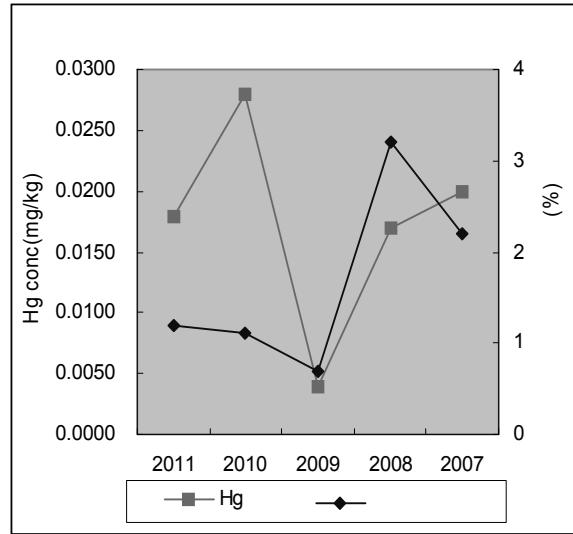


그림 25. 화명교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 낙동강

- 낙동강은 길이 506.17 km, 유역면적 2만 3384.21 km<sup>2</sup>인 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, 납 13 ppm, 망간 100 ~ 4000 ppm, 수은 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 26과 그림 27에 나타내었다. 2011년 조사결과는 Cu 1.197 mg/kg, Cd 0.052 mg/kg, Pb 2.31 mg/kg, Zn 5.145 mg/kg, Mn 69.030 mg/kg 등으로 조사되어 전년도에 비해 Pb를 제외한 대부분의 중금속 농도가 감소하였으며, 유기물함량도 3.0 %로 전년도 7.1 %와 비교 시 상당히 감소한 것으로 조사되었다.
- 낙동강 하류 매리지점의 중금속 오염도는 그림 28과 그림 29에 나타내었다. 부산시 최대의 상수원으로서 물금 지점과 같이 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다. 이는 외부로부터의 특정한 오염원이 없기 때문

에 중금속 농도가 상대적으로 낮다고 판단 할 수 있으며, 전체적인 중금속 농도는 매리 지점과 비슷하며 연도별로 큰 차이가 없다.

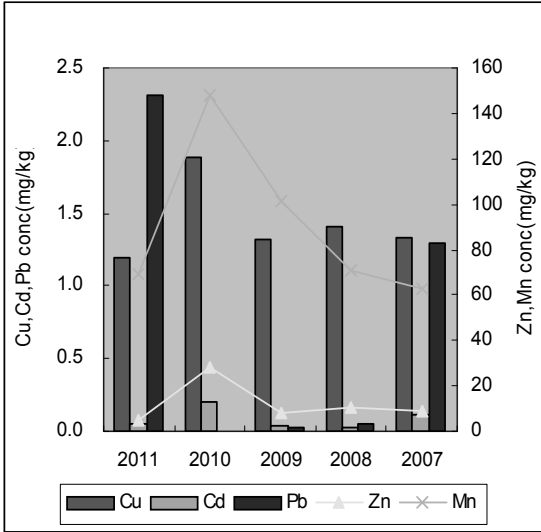


그림 26. 물금 연도별 중금속 오염도

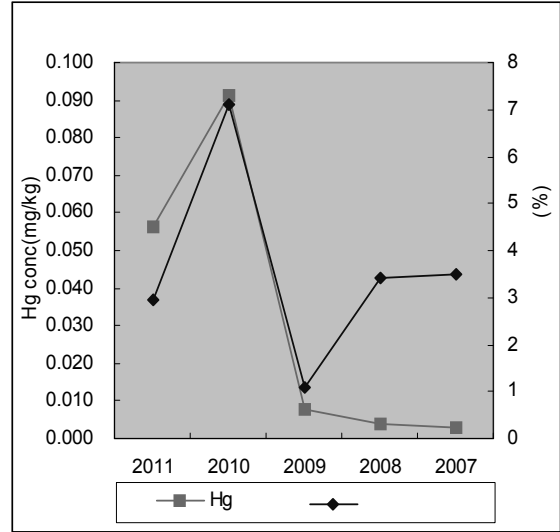


그림 27. 물금 연도별 수은 및 유기물함량

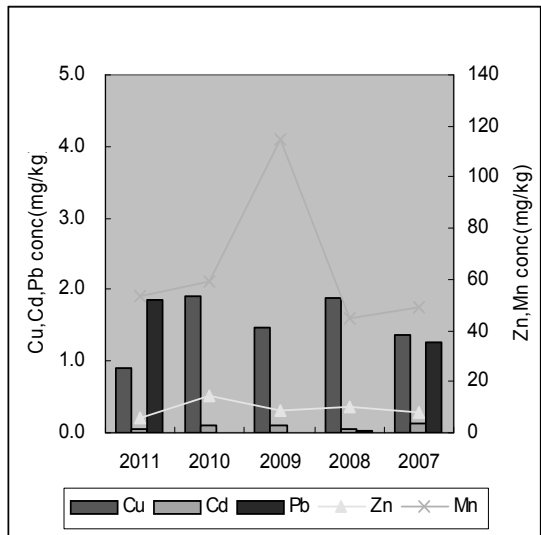


그림 28. 매리 연도별 중금속 오염도

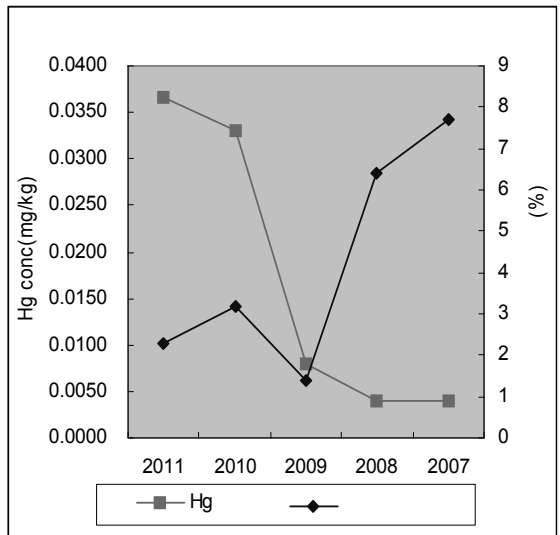


그림 29. 매리 연도별 수은 및 유기물함량

- 낙동강의 하류 지점인 구포선착장 지점은 물금과 매리 지점보다 전체적으로 오염도가 다소 높게 나타났다. 이는 생활하수 및 오수들이 함유 된 지천들이 구포선착장 지점에서 낙동강으로 합류되는 때문으로 사료 된다. 구포선착장 지점의 중금속 등의 오염도는 그림 30, 그림 31에 나타난 바와 같다. 2011년도 조사결과는 Cu 2.325 mg/kg, Cd 0.107 mg/kg, Pb 3.83 mg/kg, Mn 70.080 mg/kg 등으로 나타나, 전년도와 조사

결과와 비교 시 Cu 등이 다소 증가하였으나 큰 차이를 나타내지는 않았다. 유기물함량도 2011년 조사결과 3.6 %로 전년도 평균인 3.8 %와 비교 시 다소 감소하였으나, 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.

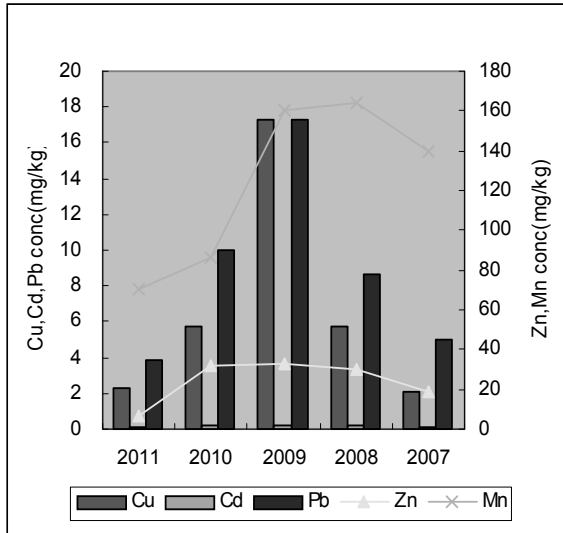


그림 30. 구포선착장 연도별 중금속 오염도

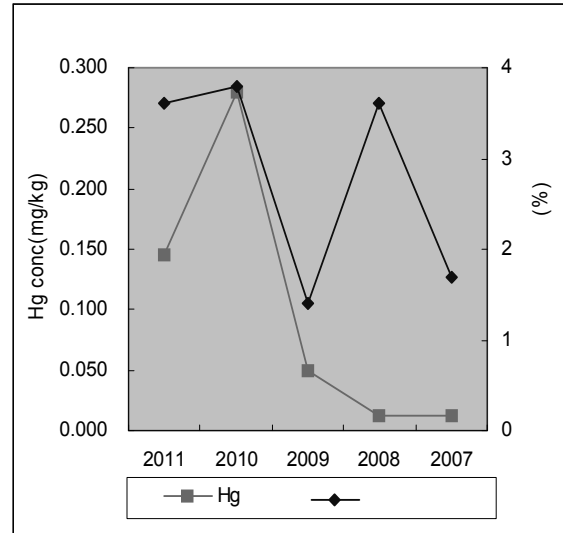


그림 31. 구포선착장 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 서낙동강

- 서낙동강은 낙동강 권역의 서낙동강 수계에 속하며, 유로연장 26.4 km·하천연장 18.55 km·유역면적 285.08 km<sup>2</sup>이다. 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 녹산콘크리트댐 지점 등 5개 지점을 조사하였다.
- 서낙동강 하류지역인 녹산콘크리트댐 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 32 및 그림 33에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu 4.100 mg/kg, Cd 0.090 mg/kg, Pb 3.45 mg/kg, Zn 259.625 mg/kg로 2010년 Cu 18.063 mg/kg, Cd 0.480 mg/kg, Pb 27.55 mg/kg, Zn 113.063 mg/kg 등과 비교 시 큰 폭의 감소를 나타내었으며, 유기물 함량도 2.7 %로 조사되어 2010년 평균인 5.5 %와 비교 시 감소함을 나타내었다.
- 강동교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 34 및 그림 35에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu 3.708 mg/kg, Cd 0.174 mg/kg, Pb 6.61 mg/kg, Zn 82.540 mg/kg로 2010년 조사결과인 Cu 2.596 mg/kg, Cd 0.159 mg/kg, Pb 5.03 mg/kg, Zn



77.395 mg/kg 등과 비교 시 Cu, Cd, Pb 등은 소 폭의 증가를 나타내었으며, Zn 등은 감소한 것으로 조사되었다. 유기물 함량도 4.4 %로 전년도 4.6 %와 비교 시 큰 차이를 나타내지 않았다.

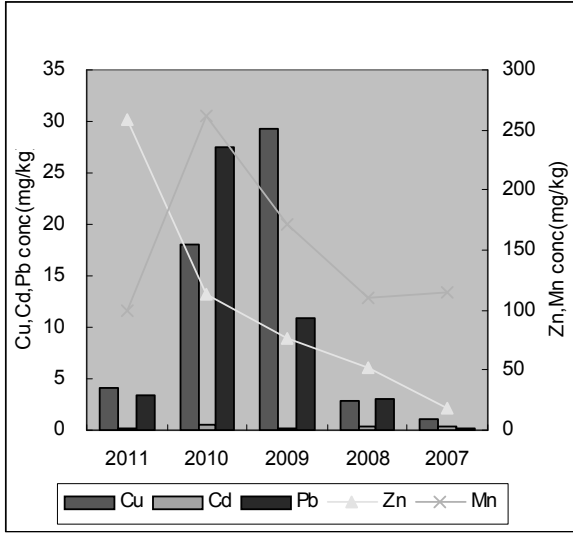


그림 32. 녹산콘크리트역 연도별 중금속 오염도

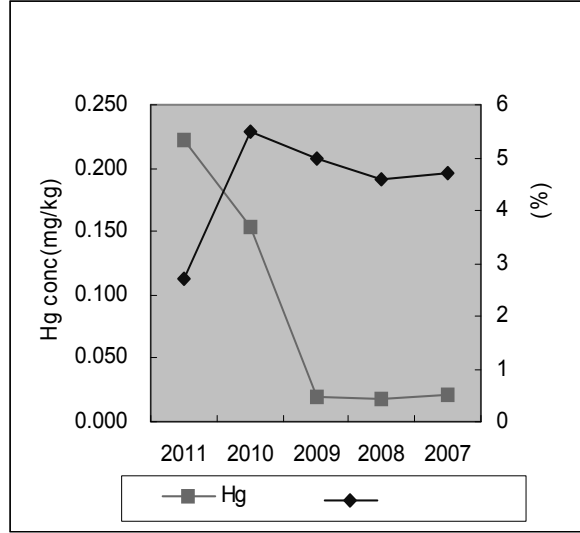


그림 33. 녹산콘크리트역 연도별 수은 및 유기물함량

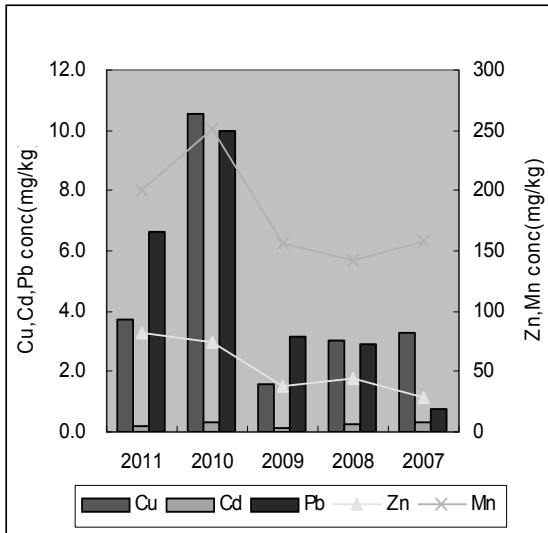


그림 34. 강동교 연도별 중금속 오염도

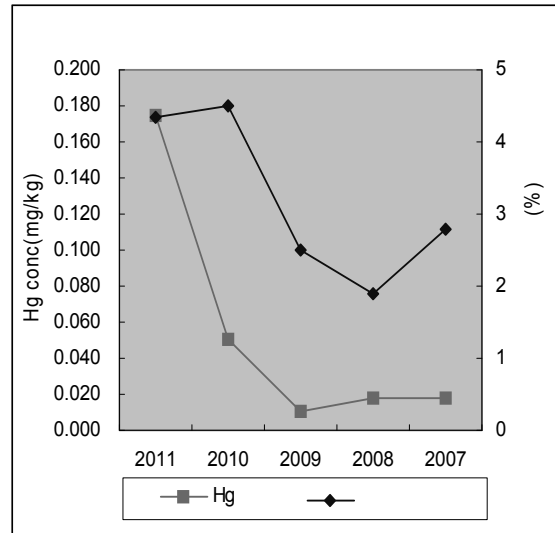


그림 35. 강동교 연도별 수은 및 유기물함량

- 조만교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 36 및 그림 37에 나타내었다. 2011년 조사 결과 Cu 4.380 mg/kg, Cd 0.261 mg/kg, Pb 6.48 mg/kg, Zn 26.965 mg/kg, Mn 110.415 mg/kg로 2010년 조사결과인 Cu 3.158 mg/kg, Cd 0.173 mg/kg, Pb 4.66 mg/kg, Zn 21.680 mg/kg, Mn 126.520 mg/kg 등과 비교 시 Mn을 제외한

대부분의 중금속 항목이 소폭의 증가를 나타내었고, 유기물함량도 3.1 %로 2010년 조사결과 2.3 % 보다 증가한 것으로 조사되었다.

- 2010년 추가조사지점인 서낙동강 지류인 평강천의 동서교와 금천천의 식만교 지점의 중금속 농도는 Cu가 각각 1.057mg/kg, 2.605 mg/kg, Cd의 농도는 각각 0.063 mg/kg, 0.183 mg/kg 등 대부분의 중금속 농도가 서낙동강의 타 지점에 비하여 낮은 농도로 검출되었으며, 유기물함량에 있어서는 동서교가 4.3 %, 식만교 지점이 4.7 %로 조사되어 서낙동강의 본류인 강동교 지점의 4.4 %와 비교 시 큰 차이는 나타내지 않았다.

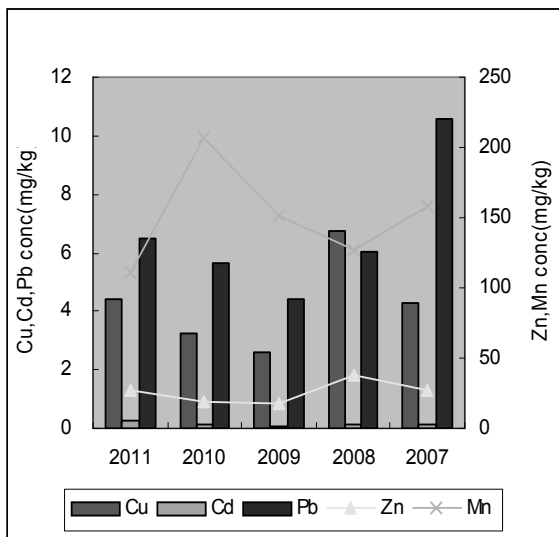


그림 36. 조만교 연도별 중금속 오염도

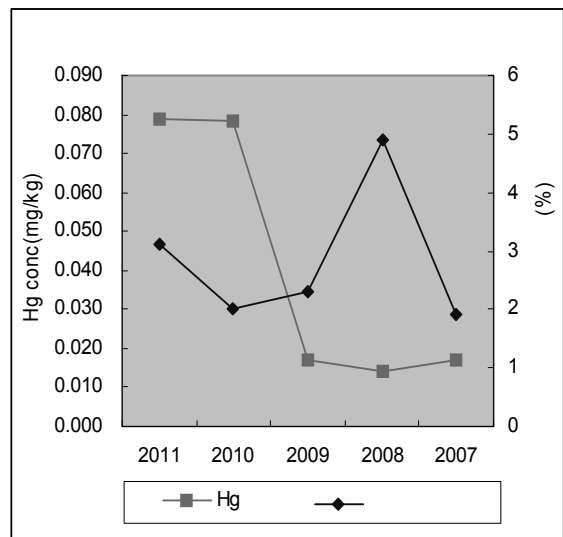


그림 37. 조만교 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 좌광천

- 좌광천은 기장군 병산리에서 시작하여 하천연장은 14.5 km, 유역면적은 45.2 km<sup>2</sup>에 이르는 하천으로 정관면의 중앙을 동류하다가 동해로 흘러든다.
- (주)세양 옆 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 38 및 그림 39에 나타내었다. 2011년 조사결과 Cu 2.088 mg/kg, Cd 0.094 mg/kg, Pb 3.46 mg/kg, Zn 57.533 mg/kg, Mn 103.143 mg/kg로 2010년 조사결과인 Cu 1.088 mg/kg, Cd 0.170 mg/kg, Pb 1.82 mg/kg, Zn 154.813 mg/kg, Mn 258.750 mg/kg 등과 비교 시 Cu, Pb은 다소 증가하였으나, Cd, Zn, Mn 등의 농도는 감소한 것으로 조사되었다. 유기물함량의 농도는 4.9 %로 2010년 조사결과 2.6 % 보다 증가한 것으로 조사되었다.

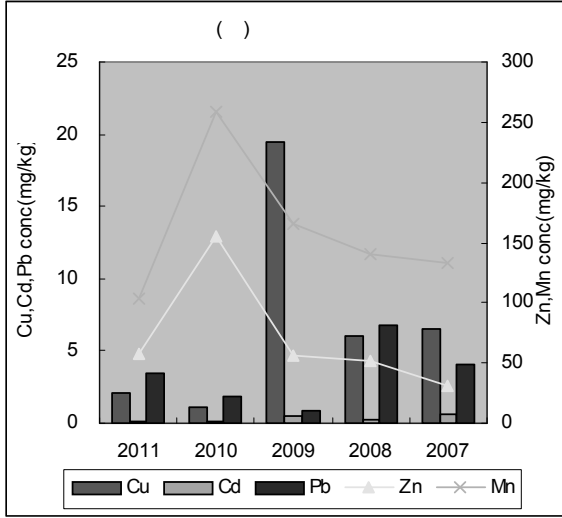


그림 38. (주)세양 옆 연도별 중금속 오염도

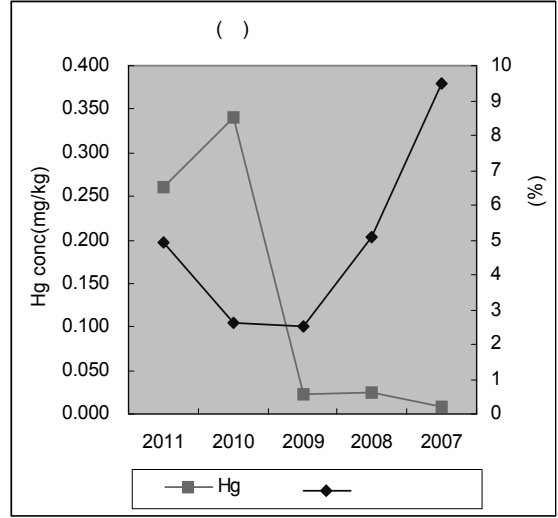


그림 39. (주)세양 옆 연도별 수은 및 유기물함량

▷ 회동댐 상류

- 신천교 지점은 상수원 보호구역으로 지정되어 있는 지점으로, 외부의 오염원으로부터 차단되어 있다. 신천교 지점의 저질은 육안으로 볼 때 자연토에 가까운 것으로 사료되며, 이 지점의 유기물함량 과 중금속 오염도는 양호한 것으로 사료된다.
- 신천교 지점의 중금속 등의 오염도를 그림 40 및 그림 41에 나타내었다. 2011년 조사 결과 Cu 2.580 mg/kg, Cd 0.174 mg/kg, Pb 5.77 mg/kg, Zn 12.262 mg/kg, Mn 119.905 mg/kg로 2010년 조사결과인 Cu 12.130 mg/kg, Cd 0.665 mg/kg, Pb 13.85 mg/kg, Zn 71.188 mg/kg, Mn 320.188 mg/kg 등과 비교 시 Cu, Cd, Pb 등 조사항목 모든 중금속의 농도가 다소 감소한 것으로 조사되었다. 유기물함량의 농도도 4.3 %로 2010년 조사결과 11.5 % 보다 크게 감소한 것으로 조사되었다.

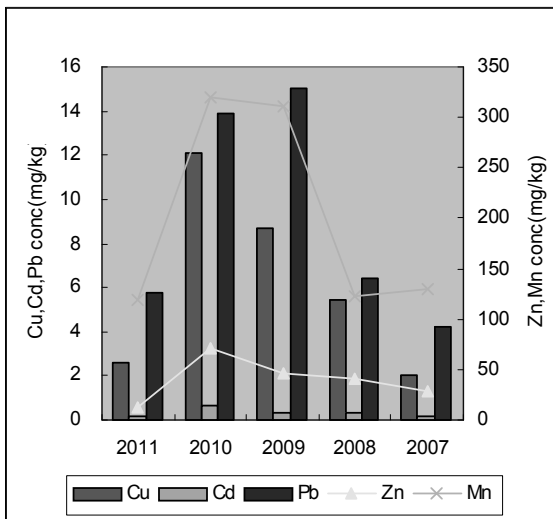


그림 40. 신천교 연도별 중금속 오염도

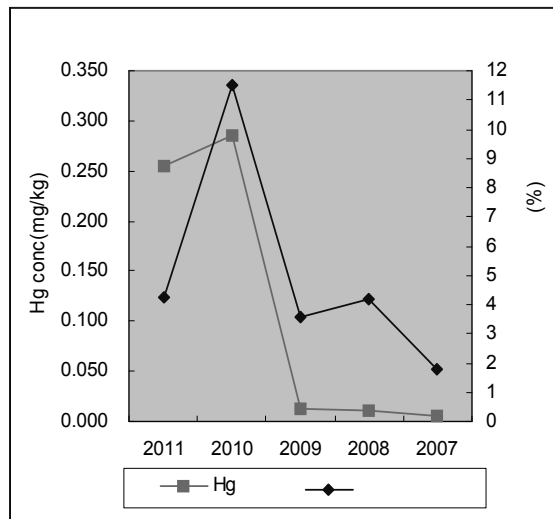


그림 41. 신천교 연도별 수은 및 유기물함량

○ 항목별 오염도 추이

▷ 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간, 수은

- 하천 저질의 중금속 함량을 조사한 결과 Zn의 농도가 감전천의 염궁교 지점에서 2,165.500 mg/kg 장림천의 장림교 지점에서 601.650 mg/kg로 조사되어 토양오염우려기준(2지역)을 초과한 것으로 나타났다. 그 외 조사항목인 Cu, Cd, Pb, Hg 등은 전 조사대상지점에서 모두 토양오염우려기준(2지역)을 만족하는 것으로 조사되었다. 하천 퇴적물에 대한 연도별 Zn의 농도 변화 추이를 살펴보면, 그림 42와 같이 낙동강 본류 및 주거 상업지역 대부분의 지점들이 비슷한 수준을 유지하고 있으나, 공업지역인 염궁교, 장림교, 부산콘크리트원, 감전배수장지점의 중금속 오염도가 높게 나타나고 있다.

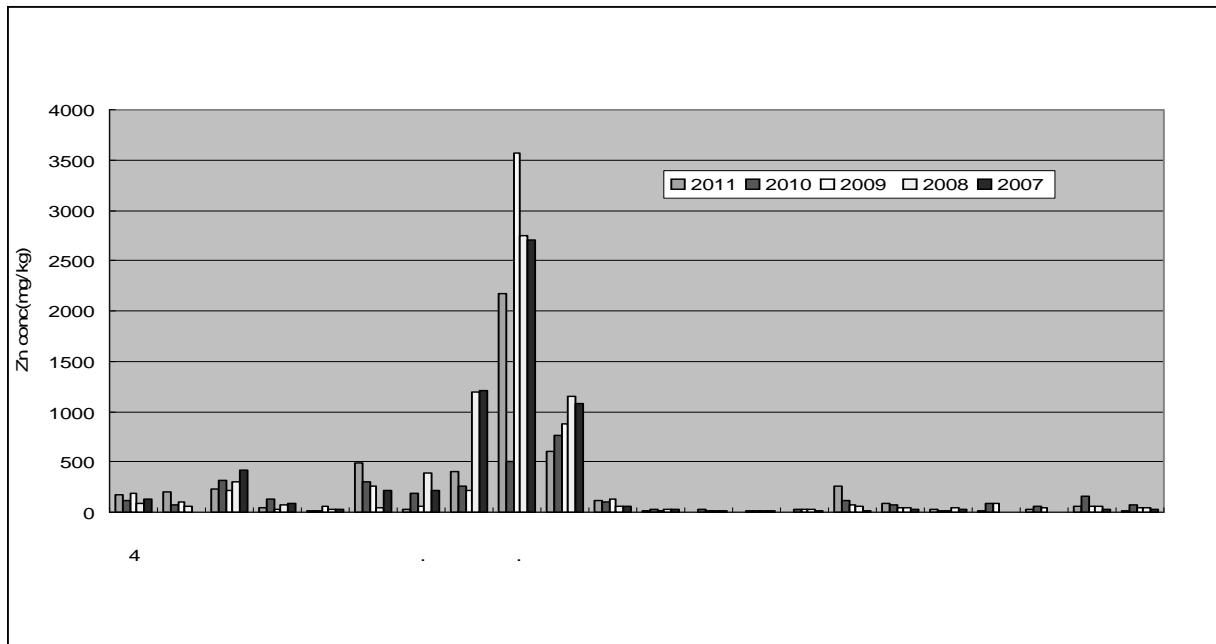


그림 42. 하상퇴적물 지점별 아연 농도 분포

▷ 비소

- 2008년 추가 항목인 비소 분석 결과 대부분의 하천이 토양오염우려기준(2지역)이내 인 것으로 나타났다. 하천 퇴적물에 대한 분기별 비소 농도 변화 추이를 살펴보면, 그림 43과 나타낸 바와 같이 공업지역인 염궁교, 장림교 지점에서 높게 나타났으며, 동천과 서낙동강 추가지점인 동서교 등에서 높게 나타났다. 그 외 낙동강 본류, 서낙동강 대부분의 지점들이 비슷한 수준을 유지하고 있다. 주 배출원은 피혁가공, 살충제, 비료제조 공정으로 토양에도 미량 존재하는 물질로서 비소중독은 무기 또는 유기비소화합물과의 접촉이나 흡입으로 발생된다.

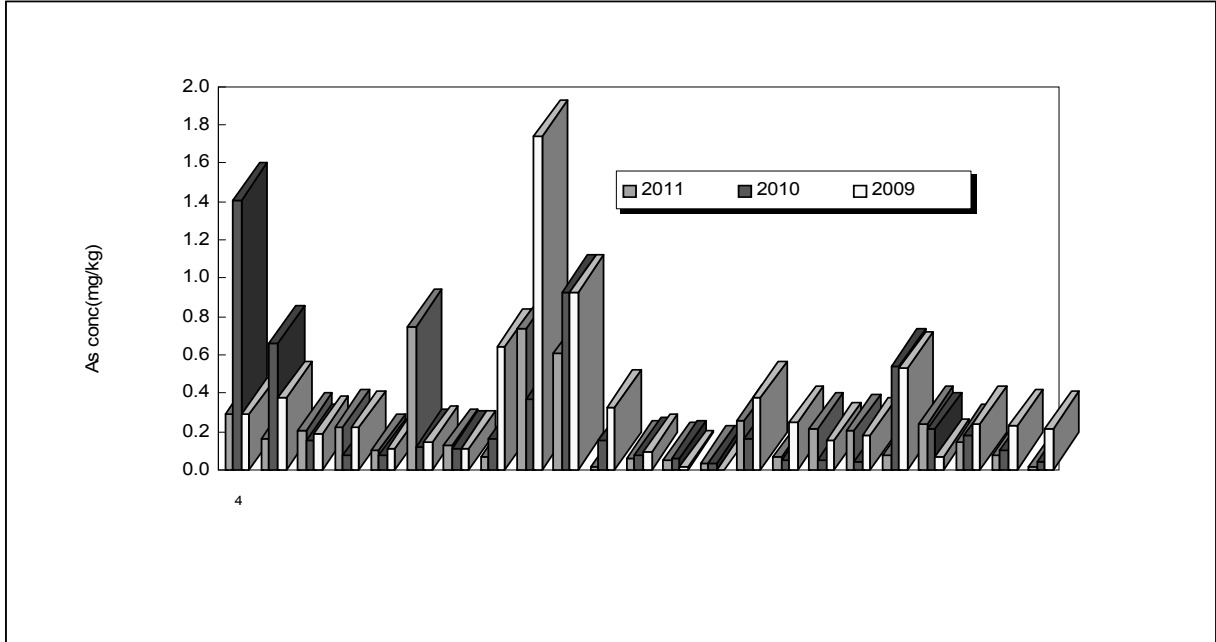


그림 43. 하상퇴적물 지점별 비소 농도 분포

▷ 6가크롬( $Cr^{+6}$ )

- 6가크롬은 2010년도 현재까지 전지점에서 불검출로 나타나, 부산지역 하천의 하상퇴적물은 6가크롬에 의한 오염은 되지 않은 것으로 보인다. 6가크롬 화합물은 크롬화합물 가운데 3산화크롬, 크롬산염, 중크롬산염이 해당되는데 수환경에서는 주로 크롬산염(chromate)의 형태로 존재하는데 매우 불용성이기 때문에 자연수 중에는 거의 침출되지 않는다. 보통의 경우 자연상태에서 3가크롬이 존재하고 산업공정 상에서 6가크롬이 주로 생성 된다.

▷COD

- 2009년 상반기부터 분석이 시작된 퇴적물의 유기물농도를 측정하기 위한 또 하나의 항목인 COD의 분석 결과를 보면, 각 지점별로 상이한 차이를 보여주고 있으며 지점별 현격한 증감 양상을 나타내고 있다. 각 지점별 퇴적물의 COD농도는 그림 44에 나타낸 바와 같다. 2011년도 조사결과 농도분포는 6502.9 ~ 145,554.2 (mg/kg)으로 조사되었으며, 감전천의 부산콘크리트 옆다리 지점에서 145,554.2 mg/kg로서 가장 높은 수치를 나타내었고, 대천천의 화명교 지점이 6502.9 mg/kg으로서 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 공업지역인 감전천, 장림천의 지점들에서 오염도가 높게 나타나, 퇴적물의 COD는 외부에서 유입된 부하량에 기인 한다고 할 수 있다. 학장천의 엄궁교 지점과 좌광천의 (주)세양 앞 지점에서 전년도에 비해 가장 크게 감소함을 나타내었는데, 2011년 이들 지점의 하천정비로 인한 영향으로 사료된다.

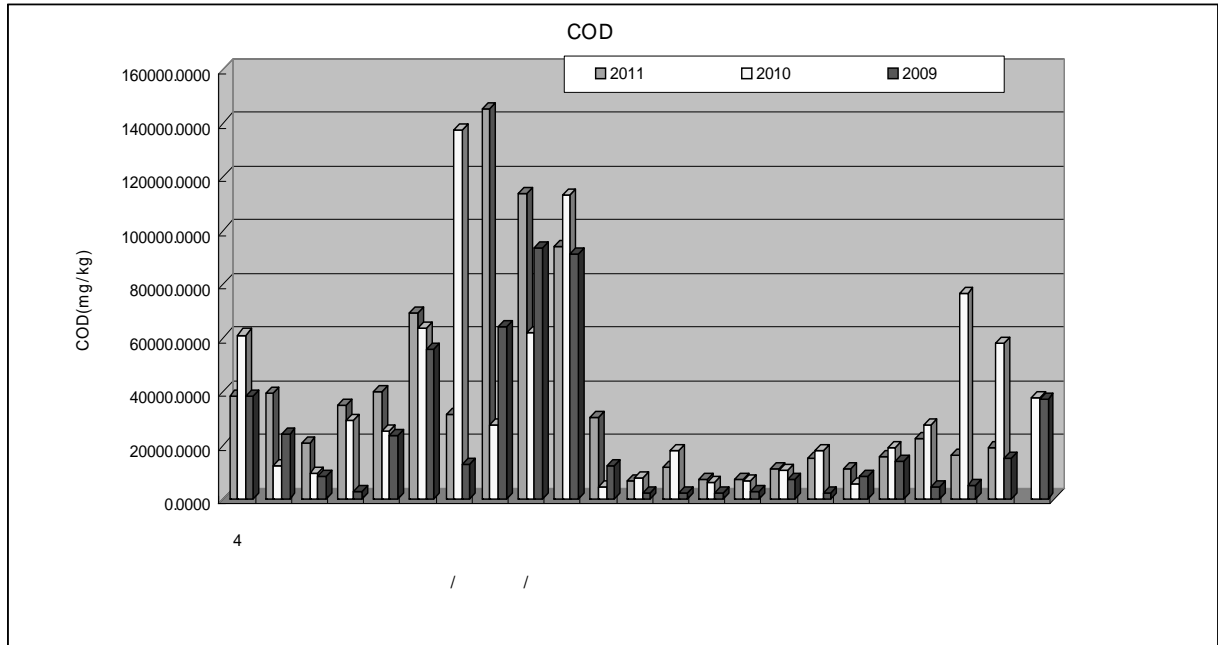


그림 44. 하상퇴적물 지점별 COD 농도분포

## 6. 결론

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

- 2011년도 12개 하천, 23개 지점의 중금속의 조사항목별 농도범위는 Cu 0.896 ~ 24.105 mg/kg, Cd 0.027 ~ 1.223 mg/kg, Pb 1.51 ~ 23.59 mg/kg, Zn 5.145 ~ 2,165.500 mg/kg, Mn 39.700 ~ 200.593 mg/kg, As 0.015 ~ 0.735 mg/kg, Hg 0.0179 ~ 0.8943 mg/kg로 나타났으며, Cu, Cd은 장림천의 장림교 지점에서, Cd, Zn, As는 감전천의 엄궁교 지점에서 최고수치를 나타내어 이 지역의 주된 중금속오염의 존재를 시사한 것으로서 정확한 배출원 규명을 위해선 차후 면밀한 조사가 요구된다.
- 토양오염우려기준 2지역에 준하여 2011년도 평균 중금속 오염도 비교시 초과 항목은 아연 1개 항목으로 나타났으며, 감전천의 엄궁교 지점에서 2,165.500 mg/kg, 장림천의 장림교 지점에서 601.650 mg/kg로 조사되어 토양오염우려기준(2지역)인 600 mg/kg을 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 2011년 조사결과가 7.1 %로 전년도 결과 20.9 %와 비교시 상당한 개선을 나타내고 있다.
- 낙동강 하류 물금지점과 매리지점의 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내었고, 외부로부터의 특정한 오염원이 없어 중금속 농도가 상대적으로 낮게 나타나고 있으며, 연도별로도 큰 차이가 없었다. 낙동강하류 지역인 구포선착장, 강동교, 조만교지점 및 추가된 서낙동의 중금속 오염도는 대부분의 중금속 농도가 감소하였으며, 유기물함량도 대체로 감소하고 있는 것으로 조사되었다.
- 기타지역인 좌광천의 (주)세양옆다리, 수영만요트경기장 지점은 타 하천지역에 비해 중금속오염도가 낮게 나타났으며 특히, 요트경기장 지점은 Cu 와 Pb 농도가 각각 0.344 mg/kg, 1.51 mg/kg로 조사대상 지점 중 최저 농도를 나타내었다.
- 6가 크롬은 조사 전 지점에서 불검출로 나타나, 6가크롬에 의한 오염은 없는 것으로 사료되며, 수소이온농도는 장림천의 장림교지점 등이 연평균 7.1로 최소치를 나타내었으며, 수영강 민락교 지점에서 8.1로 최대치를 나타내었다.
- 유기물농도를 측정하기 위한 또 하나의 항목인 COD의 분석결과를 보면 각 지점별 퇴적물의 하반기 COD 농도분포는 6502.9 ~ 145,554.2 mg/kg으로 조사되었으며, 감전천의 부산콘크리트 옆다리 지점에서 145,554.2 mg/kg으로 가장 높게 나타났고, 대천천의 화명교 지점이 6,502.9 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 공업지역인 감전천, 장림천의 지점들에서 오염도가 높게 나타난 것으로 조사되었다.
- 유기물함량은 대천천의 화명교지점이 1.2 %로서 가장 낮았는데, 주로 주거 및 녹지지역으로 구성되어 있어 하천의 중금속 오염원 영향이 거의 없는 것으로 추정되며, 공업지역에 위치한 감전수로 부산콘크리트 옆다리 지점이 28.3 %, 엄궁교 지점이 27.5 %, 장림교지점이 19.5 %로서 타지점에 비해 상당히 높은 것으로 조사되었다.