

## 하상퇴적물 조사

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

### 1. 조사개요

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

### 2. 조사기간 : 1년 (2010년 1월 ~ 12월(반기1회))

### 3. 조사지점 (12개 하천 22개 지점, 수영만 요트경기장)

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

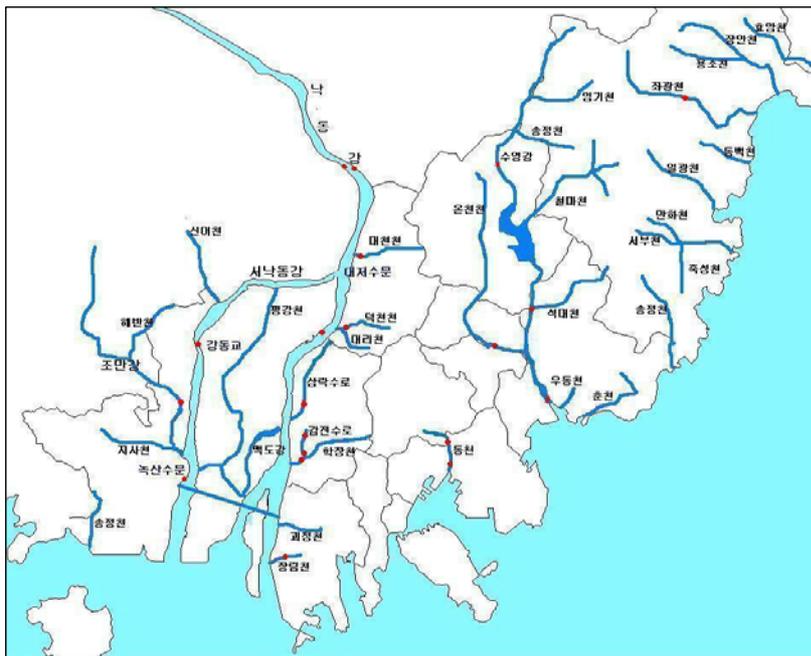


그림 1. 하상퇴적물 채취지점

담당부서 : 폐기물분석과 (☎757-7505)  
과 장 : 권동민, 담당자: 김봉기

#### 4. 조사 대상 및 항목

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

#### 5. 조사결과

##### (1) 2010년 하상퇴적물 오염도 현황

(단위 : mg/kg)

하천명	지점명	pH	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	Cr+6	COD	유기물함량 (%)
동천	범4호교	7.2	2.115	0.880	0.30	110.125	113.500	1.407	0.6750	0.00	61126.9	20.3
	범일교	8.0	6.405	0.480	2.00	65.500	345.875	0.662	0.0552	0.00	12257.1	5.1
수영천	동천교	7.3	14.8	0.7	22.2	312.3	146.3	0.2	0.1	0.00	9321.1	2.2
	연안교	7.1	25.7	0.8	16.6	129.5	167.5	0.1	0.2	0.00	29484.9	11.4
	민락교	8.3	0.270	0.323	0.00	16.000	31.625	0.073	0.2927	0.00	25270.0	11.6
삼락수로	감전배수장	7.4	1.913	0.498	0.36	298.800	271.375	0.123	0.4576	0.00	63599.4	17.1
확장천	엄궁교	7.2	0.335	0.255	0.32	191.325	64.688	0.115	0.9888	0.00	137471.7	20.9
감전수로	부산콘크리트 옆다리	7.2	4.720	0.318	1.49	254.250	175.563	0.165	0.3527	0.00	27358.4	23.7
	엄궁교	7.1	3.448	0.923	0.66	497.500	145.125	0.368	1.0323	0.00	62120.7	30.1
장림유수지	장림교	7.1	79.725	1.693	53.57	761.500	176.375	0.925	0.9053	0.00	112987.0	27.7
덕천천	덕천교	7.3	23.043	0.308	5.63	103.313	128.438	0.150	0.0944	0.00	4286.0	3.3
대천천	화명교	7.4	7.403	0.140	7.63	34.313	266.813	0.078	0.0279	0.00	7982.8	1.1
낙동강	물금	7.3	1.890	0.205	0.00	28.375	147.625	0.060	0.0911	0.00	18132.0	7.1
	매리	7.4	1.900	0.105	0.00	14.125	58.125	0.035	0.0330	0.00	6317.3	3.2
	구포선착장	8.1	5.718	0.223	9.95	31.563	86.000	0.163	0.2802	0.00	6913.6	1.5
서낙동강	녹산 콘크리트 옆	8.0	18.063	0.480	27.55	113.063	262.250	0.048	0.1533	0.00	10704.3	5.1
	강동교	8.2	10.545	0.340	9.99	73.813	250.963	0.055	0.0510	0.00	17982.4	4.5
	조만교	7.4	3.218	0.100	5.66	18.313	207.188	0.045	0.0783	0.00	5561.2	2.0
	동서교	7.3	13.910	0.378	6.63	90.125	312.188	0.540	0.0766	0.00	18991.0	5.0
	식만교	7.2	2.038	0.215	11.92	52.375	101.125	0.211	0.1957	0.00	27332.3	6.2
좌광천	(주)세양 옆 다리	7.3	1.088	0.170	1.82	154.813	258.750	0.178	0.3402	0.00	76354.2	2.6
회동댐 상류	신천교	7.2	12.130	0.665	13.85	71.188	320.188	0.103	0.2862	0.00	58048.8	11.5
수영만	요트경기장	8.1	0.423	0.308	0.06	6.300	18.438	0.043	0.3105	0.00	37958.6	13.3

(2) 지점별 중금속 오염도 추이

가. 동천

동천은 하천연장 4.9km, 유역면적 31.1km<sup>2</sup>로 부전천, 호계천, 가야천, 전포천으로 구성되어 부산항으로 유입되는 하천으로 동천의 조사지점으로는 중류지점인 범4호교, 하류지점인 범일교 2개 지점을 조사하였다. 북항의 바닷물을 상류로 끌어와 흘려보내는 하천유지용수 사업과 상류 광무교에서 하류까지 바닥의 오염물질을 걷어내는 준설작업 결과 하류지역인 범일교지점은 많이 개선된 양상을 나타내고 있다.

표 1. 범4호교 연도별 중금속 농도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'10 평균	2.115	0.880	0.30	110.125	113.500	0.6750	1.407	20.3
'09 평균	12.039	0.308	6.25	181.750	120.750	0.1952	0.288	11.1
'08 평균	2.445	0.318	0.47	81.150	89.700	0.0927	0.244	13.7
'07 평균	7.059	0.434	3.32	124.225	118.575	0.0350	0.000	15.4
'06 평균	6.299	0.343	4.64	111.975	139.775	0.0414	0.000	9.7

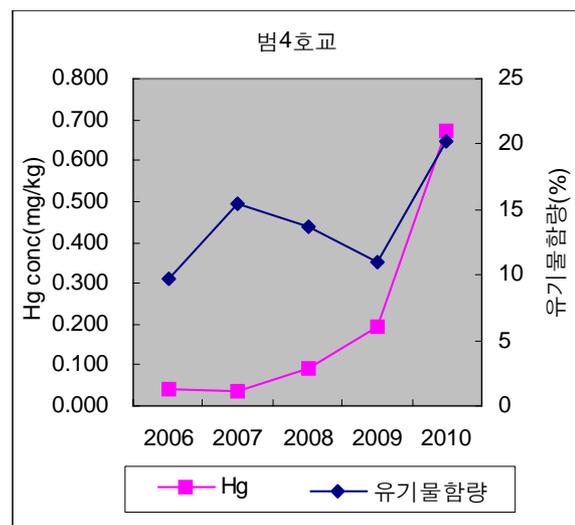
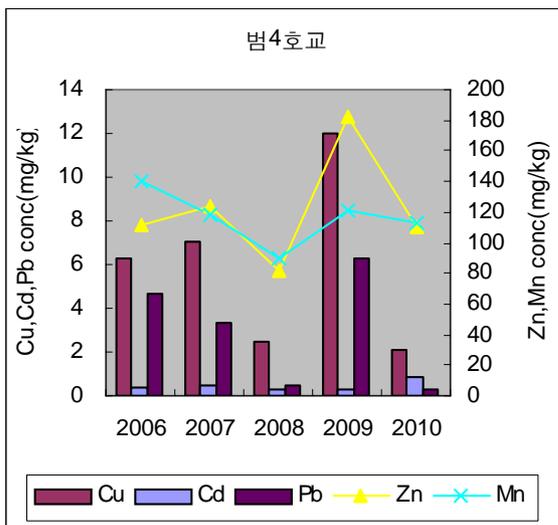


그림 2. 범4호교 연도별 중금속 오염도

그림 3. 범4호교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 범4호교 지점의 중금속 오염도를 연도별 비교 조사한 결과 표 1, 그림 2에 나타낸바와 같이 구리가 2006년 6.299 mg/kg에서 2010년 2.115 mg/kg, 납이 4.64 mg/kg에서 2010년 0.30 mg/kg, 아연은 111.975 mg/kg에서 110.125 mg/kg로서 유사하였으며, 카드뮴이 2006년 0.343 mg/kg에서 2010년 0.880 mg/kg,으로 중금속 오염도가 다소 증가한 것으로 나타났다.

표 2. 범일교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'10 평균	6.405	0.480	2.00	65.500	345.875	0.0552	0.662	5.1
'09 평균	0.310	0.260	0.33	103.250	101.125	0.1615	0.373	8.3
'08 평균	1.743	0.305	2.10	63.000	57.925	0.0175	0.064	9.3
'07 평균	0.175	0.234	0.06	7.145	89.650	0.0250	0.00	9.6
'06 평균	0.153	0.180	0.61	7.220	93.333	0.0158	0.00	7.1

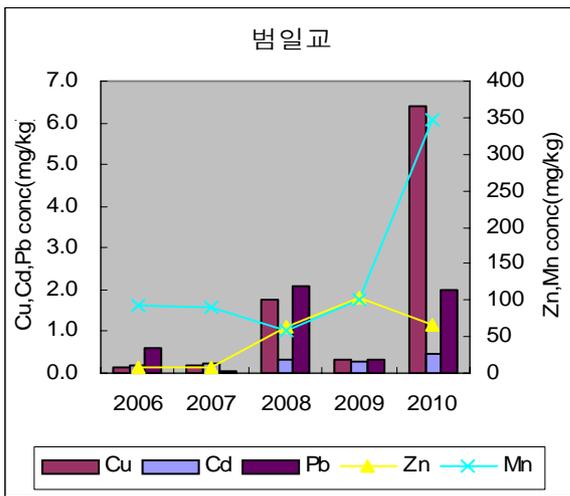


그림 4. 범일교 연도별 중금속 오염도

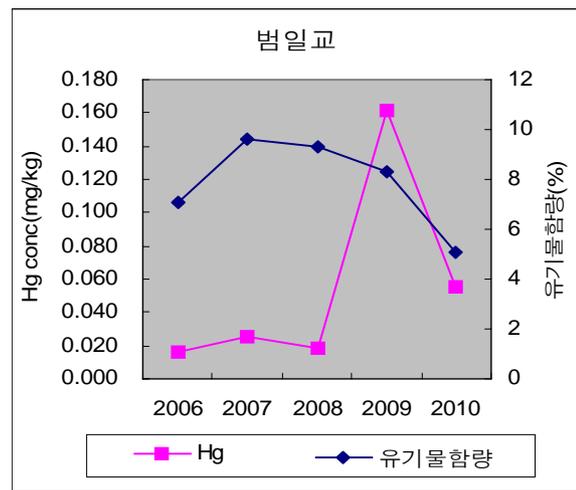


그림 5. 범일교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 범일교는 상류의 범4호교 지점보다 중금속 오염도가 전체적으로 다소 낮았으며, 그림 4에서 연도별로 중금속 오염도의 추이를 살펴본 결과 구리의 오염도가 2006년 0.153 mg/kg, 2009년 0.310 mg/kg으로 소폭 증가하였으나 2010년에는 6.405 mg/kg으로서 큰 폭으로 증가하는 양상으로 나타났으며 전 지점 대비 구리농도가 가장 낮은 농도를 나타내었다.

○ 카드뮴, 납농도 또한 다소 증가하는 추세를 나타내었으며, 수은은 2006년 이래 연평균농도가 0.0158 mg/kg에서 0.0552 mg/kg 범위 내에서 증가와 감소를 반복하였는데, 2007년도 이후 매년 오염도가 감소하고 있는 추세이지만 2009년에는 다소 증가하였다. 오염원은 주로 생활오수의 유입인데 동천은 하천의 정화사업을 목적으로 하수관로 공사와 함께 수중보가 설치되어 생활하수의 유입이 차단되고 주기적인 퇴적물의 준설이 시행되고 있고, 2009년 말부터 건설본부 주관의 동천유지용 수확보사업으로 대대적인 하천정비사업이 시행되어 동천의 대폭적인 수질개선효과를 가져올 것으로 전망된다.

나. 수영천

수영천은 석대천을 본류로하여 온천천으로 구성되어 있으며 하천연장은 19.2Km이며, 유역 면적은 199.9km<sup>2</sup>로 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 최근 2008년 7월부터 시행된 회동수원지 원수를 일일 30,000톤 방류하는 등의 물환경 개선사업을 수행하고 있다.

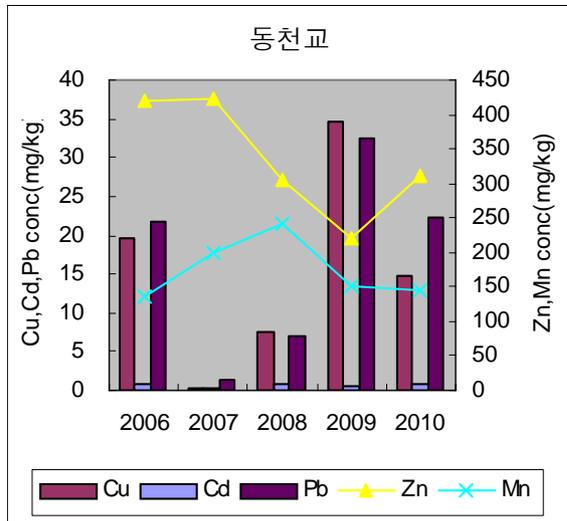


그림 6. 동천교 연도별 중금속 오염도

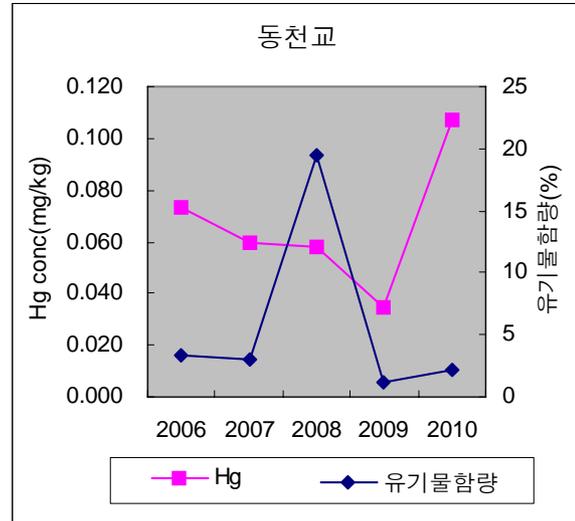


그림 7. 동천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 수영천 동천교의 중금속 농도 변화를 그림 6에 나타낸바와 같이 2008년 망간의 중금속 오염도가 242.100 mg/kg에서 2010년 146.250 mg/kg으로 감소하는 양상을 나타내었고, 타지점에 비해 특히 망간의 오염도가 높게 나타났는데, 망간의 경우 토양 중 함유량이 높아 오염원 추정에 큰 의미는 없는 것으로 보인다. 2009년 구리가 34.625 mg/kg에서 2010년 14.788 mg/kg으로 다소 감소하였으나, 수은이 0.0351 mg/kg에서 2010년 0.1071 mg/kg,으로서 오염도가 전반적으로 증가하였다.

○ 연안교는 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7%를 차지하는 온천천에 위치한 지점으로 수영 강의 제1지류로서 수영강 하구로부터 약 3.1km 상류지점에서 수영강 우안으로 유입하는 지방2급 하천이다.

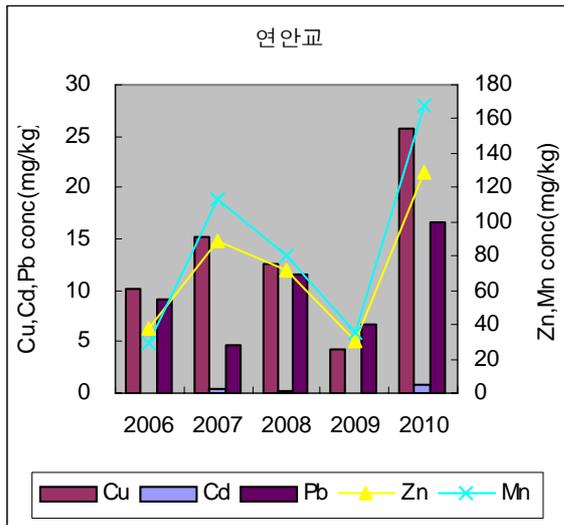


그림 8. 연안교 연도별 중금속 오염도

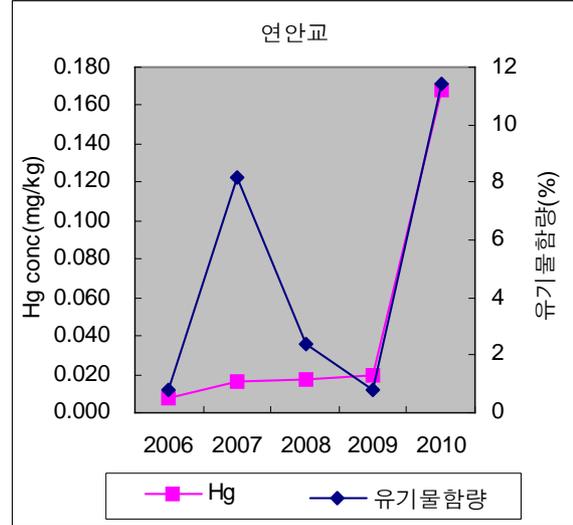


그림 9. 연안교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

2008년 카드뮴이 0.204 mg/kg에서 2010년 0.753 mg/kg으로 다소 증가하였고, 구리도 12.650 mg/kg에서 2010년 25.693 mg/kg,으로서 오염도가 다소 증가하는 양상을 나타내고 있어 지속적인 모니터링이 요구된다.

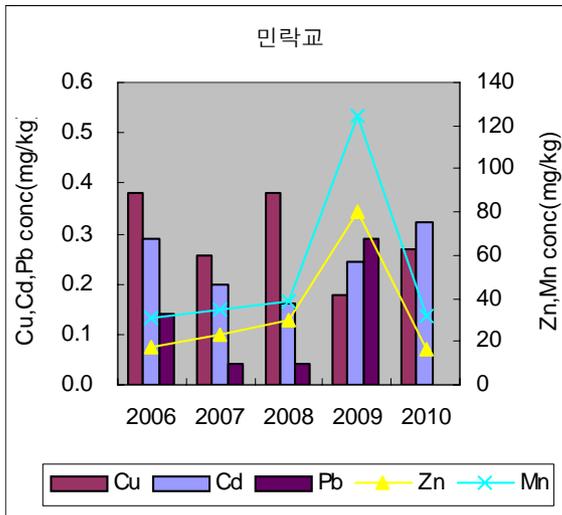


그림 10. 민락교 연도별 중금속 오염도

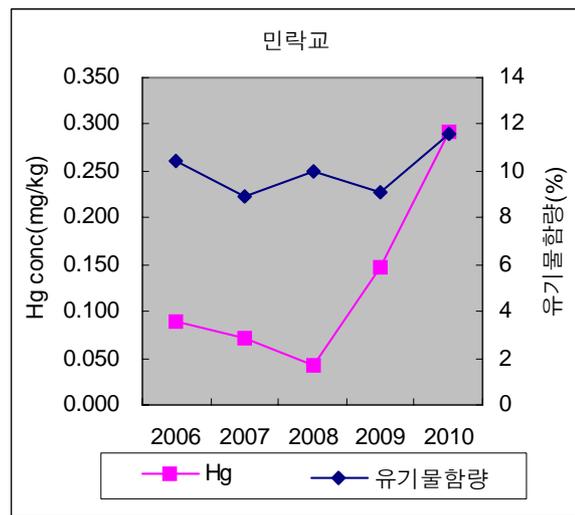


그림 11. 민락교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 수영천의 하류지점인 민락교는 하천의 유량과 오염원이 해수에 의해 영향을 받고 있으며, 수영강 주변의 하천 정비 사업의 영향으로 중금속 오염도 분포는 그림 10에 나타낸 바와 같이, 2009년 대비 2010년까지 다소 개선되는 추세를 보였으나, 구리는 다소 증가하는 양상을 나타내고 있다.

다. 삼락수로

- 삼락수로는 사상구 패법동에서 부터 엄궁유수지까지 약 2.5km길이로 평균폭 35미터, 면적 7.8km<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 조사지점으로는 하류인 감전배수장을 조사하였다.
- 이 하천은 대체로 경사가 완만하고 공단 주변과 택지개발 등의 영향으로 하상정비와 콘크리트 제방으로 형성되어 차집하수관거 공사가 완료된 이후 예전보다 매우 양호한 수질을 나타내고 있는데 이는 하상퇴적물의 오염도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 사료된다.
- 삼락수로 하천준설공사 이후 2007년도 카드뮴과 아연의 연평균 농도가 0.256 mg/kg, 216.400 mg/kg에서 2008년 각각 0.238 mg/kg, 43.325 mg/kg을 나타내어 전 항목 오염농도가 현저하게 감소하여 준설을 통한 하천 환경 개선 효과를 보았으나, 2010년 각각 0.498 mg/kg, 298.800 mg/kg을 나타내어 납을 제외한 전 항목에서 증가하는 추세여서 지속적인 모니터링과 전반적인 정비계획이 요구된다.

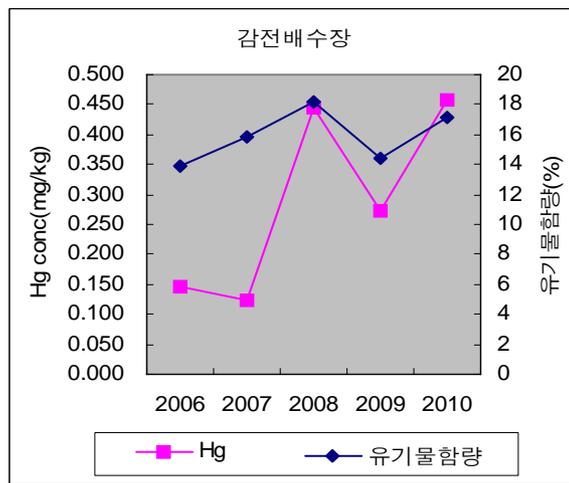
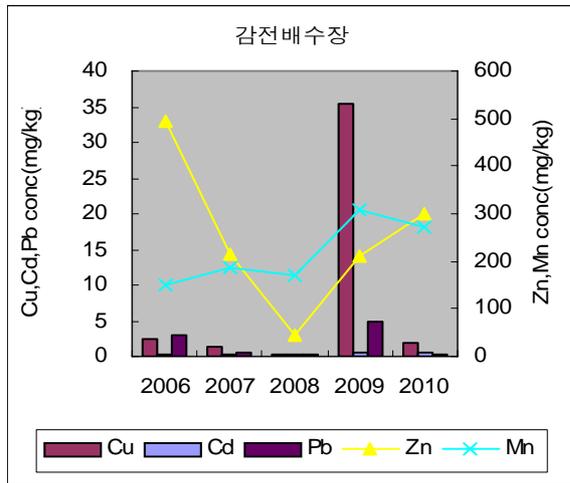


그림 12. 감전배수장 연도별 중금속 오염도

그림 13. 감전배수장 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

라. 확장천

확장천은 주례동에서 엄궁동까지 약 5.35km 길이로 평균폭 30미터, 면적 19.42km<sup>2</sup>을 차지하며, 주변은 새로운 아파트 단지가 조성되어 공장폐수가 유입되는 경우는 적고 생활오수가 대부분을 차지하며, 가정으로부터의 유기물 부하량 증가로 인해 오염도가 증가하는 것으로 나타났다. 엄궁 유수지에서 차집되어 장림하수처리장으로 이송된다.

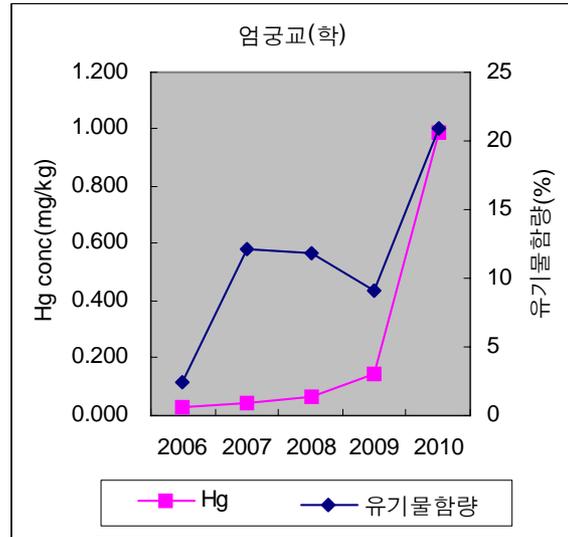
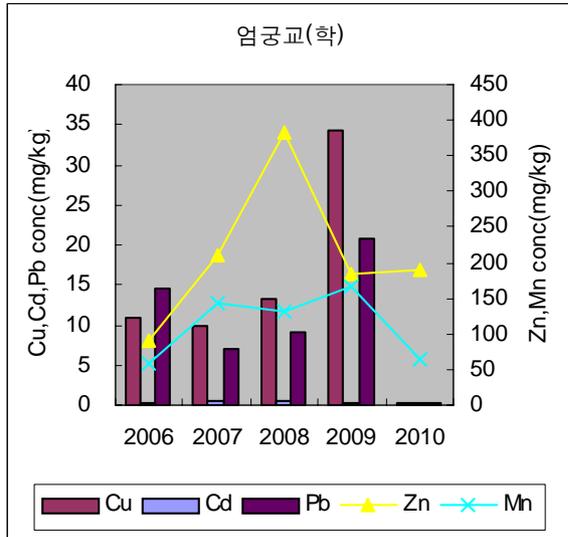


그림 14. 업공교 학장천 연도별중금속 오염도    그림 15. 업공교 학장천 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 학장천 업공교 지점의 경우 전년도 대비 다소 감소하는 경향을 보이고 있다. 이는 주변 상업지역과 인구밀집지역에서의 생활하수로 인한 인위적 영향이 많이 감소한 것으로 판단되는데, 수은의 경우 2009년 0.0645 mg/kg에서 2010년 0.9888 mg/kg로 많이 증가하였지만, 구리의 경우 2009년 34.250 mg/kg에서 2010년 0.335 mg/kg으로 큰폭으로 감소하였다. 망간 또한 165.750 mg/kg에서 64.688 mg/kg으로 다소 감소하였고, 아연은 183.000 mg/kg에서 191.325 mg/kg으로 다소 증가하였다.

마. 감전수로

업공교의 감전수로는 감전유수지앞 ‘해표사료’ 앞에서부터 업공유수지까지 약 2.5km 구간의 수로로서, 오·우수 합류 하수로의 역할을 해 오고 있으며, 지역 여건상 산업폐수가 주를 이룬다. 감전수로는 사상공단 일대의 소규모 금속·정비·세차 시설 등에서 배출되는 하수를 업공유수지까지 운반하는 하수로이고, 공장폐수에서 기인한 중금속이 퇴적물의 표면에 흡착된 형태로 존재하고 있어 감전수로 주변에 산재한 많은 공장들의 영향을 받은 것으로 사료된다. 조사지점으로는 중류인 (주)부산콘크리트 옆다리 부근, 하류지점인 업공교지점 등 2개지점을 조사하였다.

표 3. 부산콘크리트 옆 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'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
'06 평균	0.431	0.193	0.62	1362.250	114.725	0.175	0.00	27.0

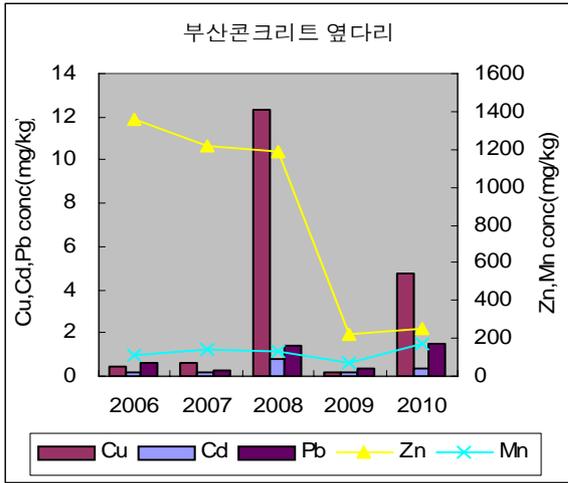


그림 16. 부산콘크리트연다리 연도별 중금속 오염도 그림

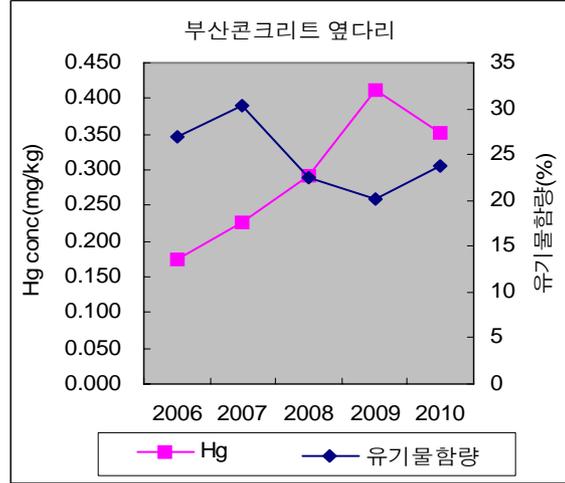


그림 17. 부산콘크리트연다리 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 부산콘크리트연 다리 지점의 2006년부터 2010년 까지 5년간의 중금속 오염도 추이를 표 3, 그림 16, 그림 17에서 나타낸바 망간은 2006년 114.725 mg/kg에서 2008년 134.400 mg/kg으로 완만하게 증가하는 추세를 보이다 2010년 다소 증가하였고, 수은은 2006년 0.1749 mg/kg에서 2010년 0.3527 mg/kg으로 다소 증가하는 양상을 나타내었다.

○ 아연의 경우 2007년 평균 농도가 1213.125 mg/kg으로 토양오염우려기준 (가지역 : 300 mg/kg)과 비교하였을 때 초과한 것으로 나타나 아연의 오염이 심각한 수준으로 나타났으나, 2010년에는 254.250 mg/kg로서 큰폭으로 감소하여 토양오염우려기준 이내로 나타났다.

○ 소하천 정비와 하수관로시설 확충 등으로 중금속 농도가 큰 폭으로 감소하는 등 긍정적인 추세를 보이는 듯 했으나, 2006년 이후 중금속 오염도가 증가 후 2010년까지 증감을 반복하고 있다. 이 지점의 유기물함량은 2007년도 평균 농도 30.4%를 나타내다가, 2010년 23.7%로서 다소 감소하였는데 부산콘크리트 연다리 지점의 하상 퇴적물은 산업 폐수에 의한 심각한 중금속 오염과 더불어 유기물오염 등으로 슬러지화 된 상태라고 볼 수 있다.

표 4. 엄궁교(감) 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

항 목	(단위 : mg/kg)							유기물함량(%)
	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	
'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
'06 평균	0.243	0.215	0.59	2575.500	75.325	0.3909	0.00	45.4

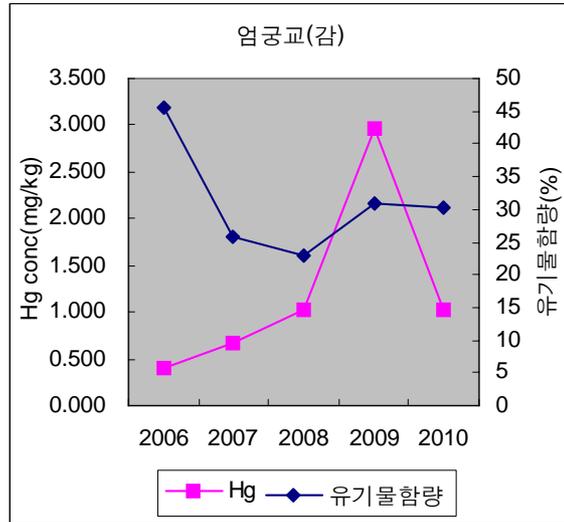
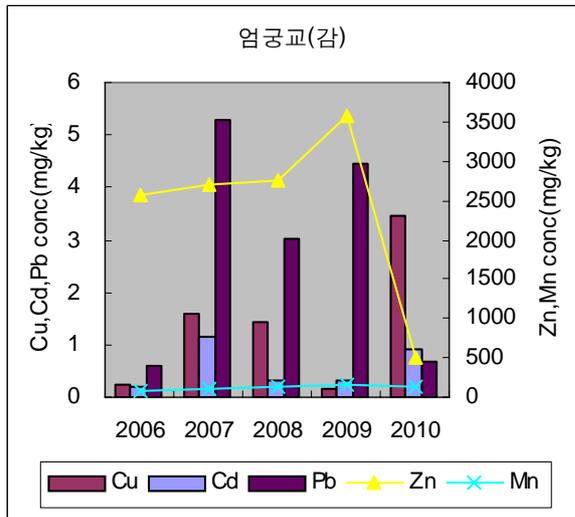


그림 18. 업궁교 감전수로 연도별 중금속 오염도      그림 19. 업궁교 감전수로 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 감전수로 업궁교 지점의 2006년부터 2010년까지 5년 동안의 중금속 오염도 추이를 표 4. 및 그림18, 그림 19에서 살펴보면, 망간의 경우 2006년 75.325 mg/kg이후 2010년 145.125 mg/kg으로 완만한 증가 추세를 보이고 있으나, 아연의 경우 2010년 497.500 mg/kg, 비소 0.368 mg/kg, 수은 1.0323 mg/kg 유기물함량 30.1%의 농도로 2009년 과는 달리 11개항목 중 Hg 1개항목이 전지점 중 최고치를 나타내었다. '97년도 말부터 시행된 소하천 정비계획 및 하수관로 시설의 확충으로 중금속 오염도가 급격히 감소했었지만, 그 후 2006년부터 카드뮴, 납, 망간, 수은의 오염도가 큰 폭으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 2010년도에는 전년 대비 항목별 유사하거나 감소추세를 나타내었다. 지속적인 유수지 준설 및 감전수로 정비사업의 결과로 오염도가 개선되는 양상을 보이고 있지만, 감전수로 지역에 대한 근본적 대책수립 및 관리방안은 지속적으로 필요하다고 판단된다.

바. 장림유수지

장림천은 장림2동에서부터 낙동강유입 직전의 장림교까지 약 1.6km 길이의 하천으로 장림동 일대의 생활하수 및 장림하수처리장으로 유입 안되는 소규모 사업장의 산업 폐수 등이 장림 유수지를 거쳐 장림하수처리장으로 유입되고 있으며, 장림천의 오염도는 전반적으로 증가하는 양상을 나타내고 있다.

표 5. 장림교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

항 목	(단위 : mg/kg)							
	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	As	유기물함량(%)
'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
'06 평균	56.943	1.276	36.04	947.500	161.675	0.1647	0.00	17.5

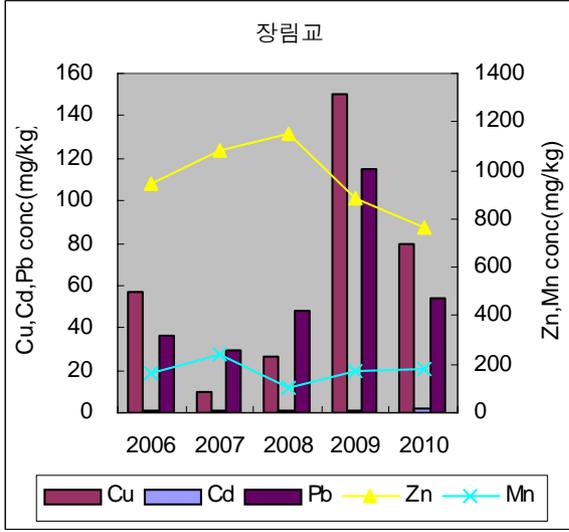


그림 20. 장림교 연도별 중금속 오염도

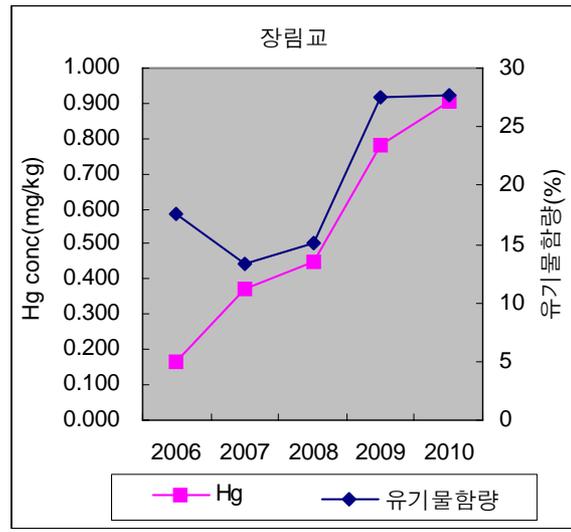


그림 21. 장림교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 장림교 지점의 중금속 오염도를 표 5, 그림 20, 그림 21에 나타내었는데, 전체적으로 중금속의 오염도가 심각하였으며, 지속적으로 증가하는 추세를 나타내고 있지만 전년 대비 다소 감소하는 양상을 나타내었다. 망간의 경우 2008년 103.750 mg/kg에서 2010년 176.375 mg/kg으로 다소 증가하였으나, 수은은 2006년 0.1647 mg/kg이후 2010년 0.9053 mg/kg으로 지속적으로 증가 추세를 나타내고 있어 하천정비 사업은 계속되고 있으나 여전히 하천으로 많은 오염 물질이 유입되고 있음을 알 수 있다.
- 납의 경우 2006년 이후 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으나, 2010년 53.57 mg/kg으로서 조사 전지점 중 최고치를 나타내었고, 구리는 79.725 mg/kg, 카드뮴은 1.693 mg/kg로서 역시 최고치를 나타내어 장림교 지점의 중금속 오염도가 심각하다는 것을 알 수 있다.
- 아연의 경우 2006년 947.500 mg/kg으로 이후 다소 증가한 이후, 2010년 761.500 mg/kg으로 감소 추세를 보이고 있으나 이 지점 만이 토양오염우려기준(2지역 : Zn 600 mg/kg)과 비교하였을 때 오염도를 초과하여 아연 오염의 심각성을 보여주고 있다. 아연의 오염은 도금, 도료, 도장, 염색 공정, 전자공업 등에서 배출된다.

사. 덕천천

덕천천은 북구 만덕동에서 구포까지 연장 약 3.7km, 폭 약 6m의 소하천으로 대부분의 구간이 복개 되어 있고, 덕천동 및 구포동의 생활하수가 주 수원으로 덕천배수장으로 유입된 후 장림하수처리장 까지 유입된다.

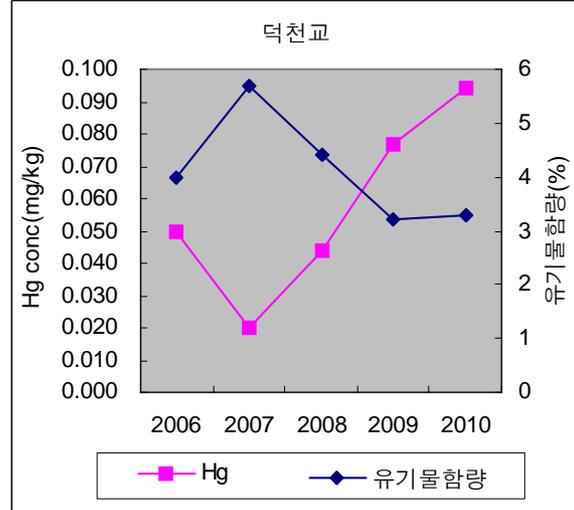
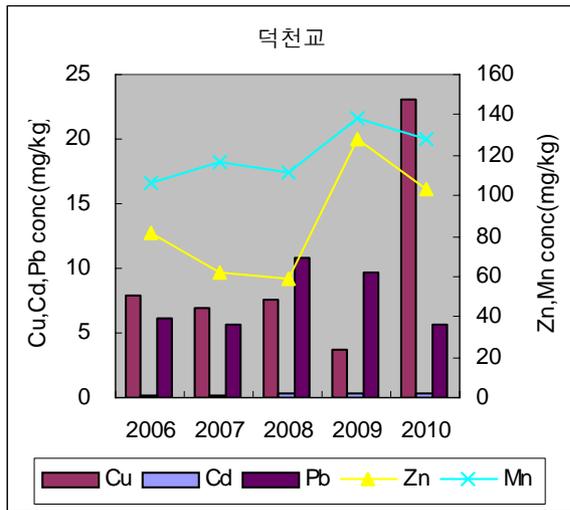


그림 22. 덕천교 연도별 중금속 오염도

그림 23. 덕천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 덕천교 중금속 오염도는 그림 22에 나타난 바와 같이 납이 2006년 6.08 mg/kg에서 2010년 5.63 mg/kg로서 다소 감소하고 있지만, 구리는 2006년 이후 완만한 감소추세를 유지하다가 2010년 23.043 mg/kg로서 큰폭으로 증가하였고, 수은 또한 2008년의 0.0441 mg/kg에서 2010년 0.0944 mg/kg로 다소 유사한 경향을 보이고 있으며, 다른 항목 또한 비슷한 양상을 나타내고 있다.

아. 대천천

대천천은 금정산에서 발원하여 화명동 낙동강 합류지점까지 길이 5.5km, 유역면적 16.4km<sup>2</sup>를 차지하는 하천으로 자연수의 유입량이 많아 수질 상태가 양호하고 하천의 자정력도 비교적 유지되고 있다.

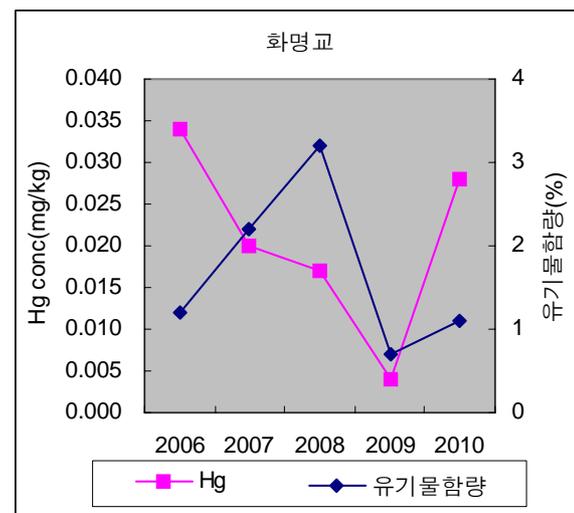
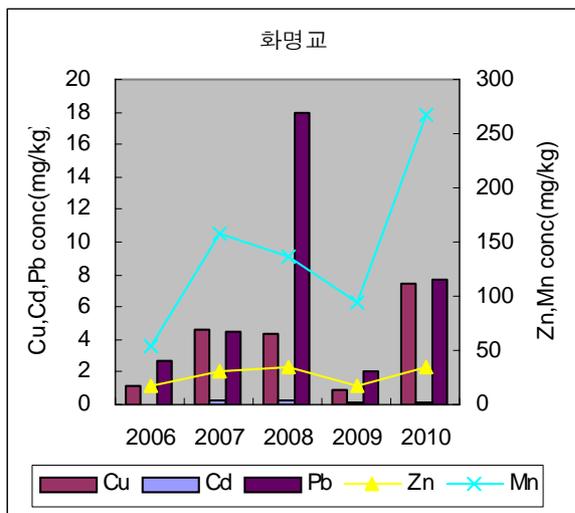


그림 24. 화명교 연도별 중금속 오염도

그림 25. 화명교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 화명교 지점의 저질 시료는 유기물의 혐기성 분해에 의한 짙은 색의 저질이 아닌 자연토와 같은 황색을 띄고 있었다. 망간의 경우 2006년 이후 감소 추세를 보이다가, 2010년 266.813 mg/kg로 다소 큰폭의 증가세를 보이고 있다. 유기물함량이 3.3%로서 조사 전지점 중 낮은 수치를 나타내었으며, 대천천 주변이 주로 주거 및 녹지지역으로 구성되어 있어 하천의 중금속 오염원이 거의 없으며, 오염도가 감소 되는 것으로 추정된다.

자. 낙동강

- 낙동강은 길이 506.17km, 유역면적 2만 3384.21km<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 차단 되어져야 한다
- 물금 지점은 부산시 북구, 동래구, 연제구, 해운대구 등에 1일 약 30만톤의 수돗물을 공급하는 부산의 주요 상수원 취수지점의 하나이다. 이 지점은 외부의 오염으로부터 차단 되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다.
- 토양 내에서의 정상적인 구리 함량은 거의 20ppm, 지각(crust)중의 카드뮴 농도는 평균 0.15ppm, 납은 13ppm, 망간은 100 ~ 4000ppm, 수은은 평균 0.08ppm 정도 함유되어 있다고 한다. 이런 점을 감안할 때 물금지점의 저질 내 중금속 농도는 물금지역 토양의 지역적 특성에 기인한 것 이라고 볼 수 있다.

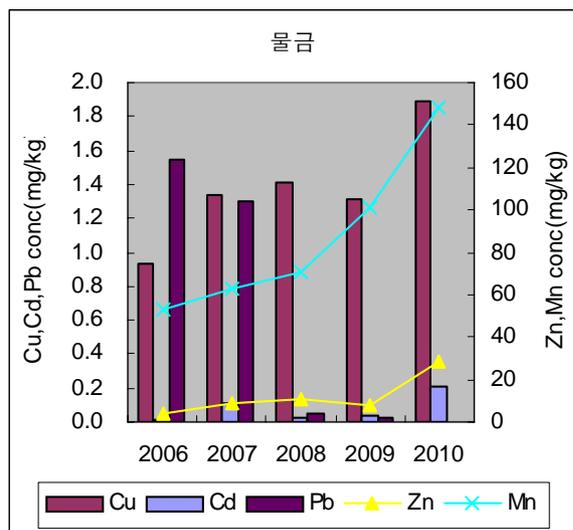


그림 26. 물금 연도별 중금속 오염도

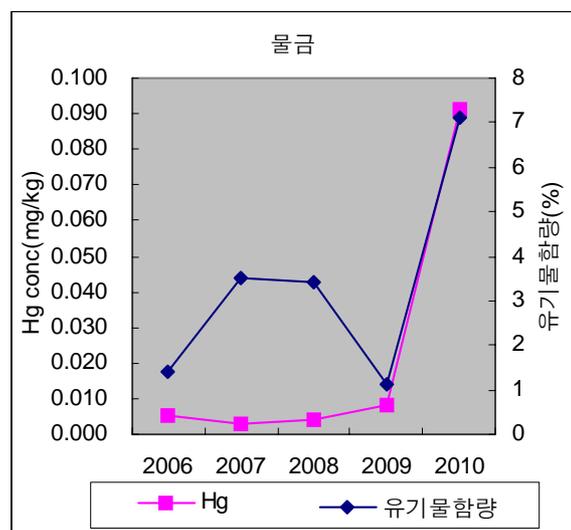


그림 27. 물금 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 물금지점의 중금속 오염도는 그림 26에 나타낸 바와 같이 구리의 경우 2006년 이후 0.934 ~ 1.890 mg/kg, 카드뮴은 0.018~0.205 mg/kg, 납은 0.00~1.55 mg/kg의 범위를 나타내고 있는데, 납농도가 조사 전 지점 중 최소값을 나타내었다.

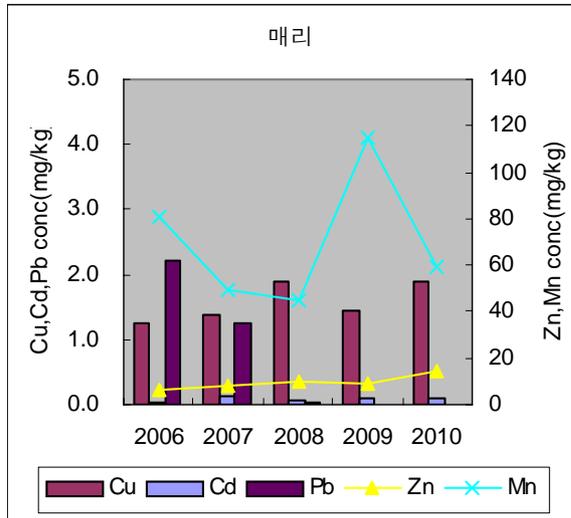


그림 28. 매리 연도별 중금속 오염도

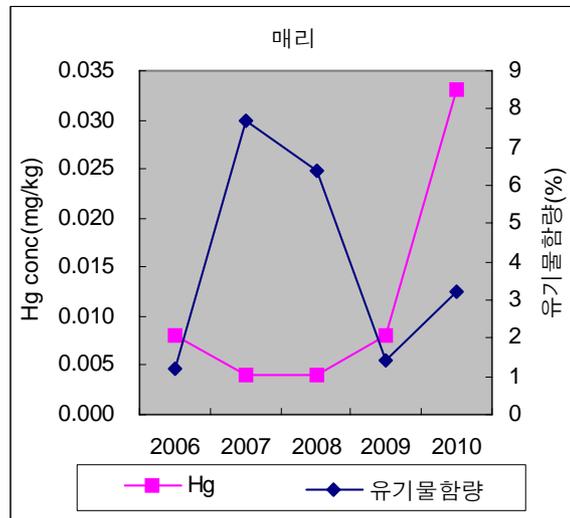


그림 29. 매리 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 낙동강 하류 매리지점은 부산시 최대의 상수원으로서 물금지점과 같이 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다. 이는 외부로부터의 특정한 오염원이 없기 때문에 중금속 농도가 상대적으로 낮다고 판단할 수 있으며, 전체적인 중금속 농도는 매리 지점과 비슷하며 연도별로 큰 차이가 없다.

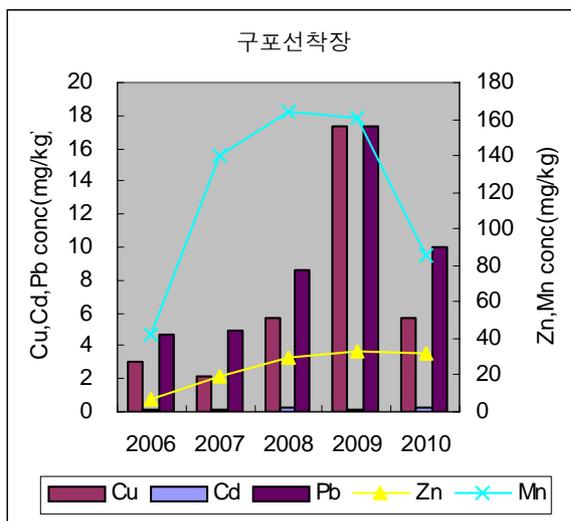


그림 30. 구포선착장 연도별 중금속 오염도

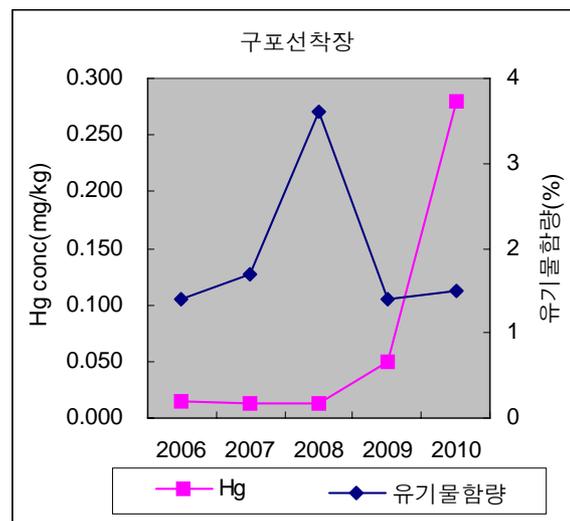


그림 31. 구포선착장 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 낙동강의 하류 지점인 구포선착장 지점은 물금과 매리 지점보다 전체적으로 중금속 오염도가 높다. 이는 생활하수 및 오수들이 함유된 지천들이 구포선착장 지점에서 낙동강으로 합류되는 때문으로 사료 된다. 구포선착장 지점의 중금속 오염도는 그림 30에 나타난 바와 같이 망간은 2006년 41.933 mg/kg에서 2009년 160.125 mg/kg으로 큰폭으로 증가하였고 2010년 86.000 mg/kg으로 다소 감소 하였으며, 구리, 납, 망간, 비소도 전년 대비 소폭 감소하였지만 아연은 유사한 양상을 보이고 있다.

○ 유기물함량은 전년도와 동일하게 1.5%를 나타내었는데 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.

차. 서낙동강

서낙동강은 낙동강 권역의 서낙동강 수계에 속하며, 유로연장 26.4km, 하천연장 18.55km, 유역면적 285.08km<sup>2</sup>이다. 강서구 대저동 대저수문부터 명지동, 녹산동의 명지수문, 녹산수문 경계지점까지 흐르며 인근에 관개용수와 농업용수를 공급하는 역할을 하지만, 물의 흐름이 여러 수에 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 유기물함량은 2.0~6.2%의 범위로 나타났는데, 이는 서낙동강으로 유입되는 지천에 함유된 유기물과 호소의 정체, 인근 식당에서 배출되는 오수에 원인이 있는 것으로 판단된다.

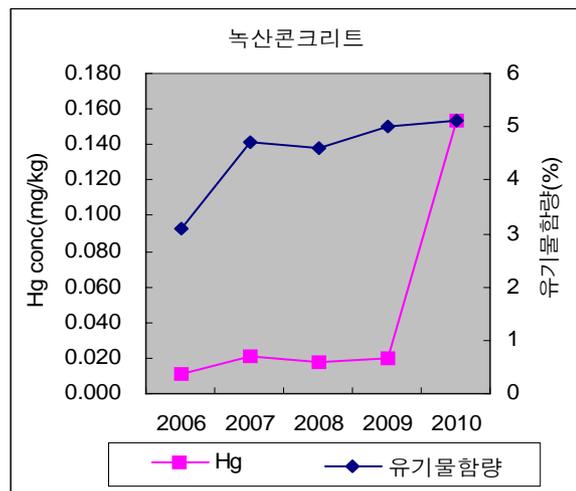
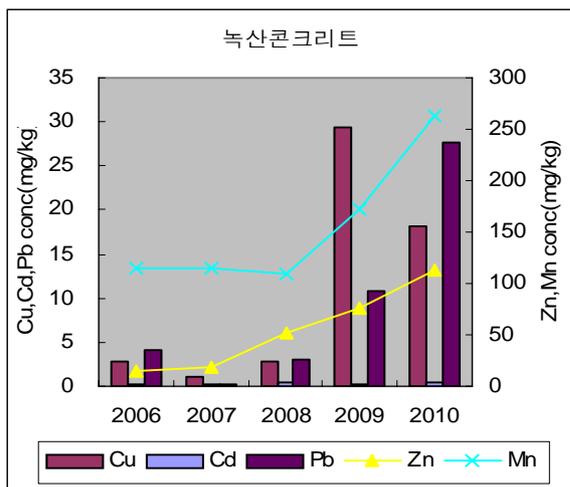


그림 32. 녹산콘크리트연도별 중금속 오염도

그림 33. 녹산콘크리트연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 서낙동강의 조사지점은 중·하류지역인 강동교, 조만교, 동서교, 식만교, 하류지역인 녹산 콘크리트 옆 지점 등 5개지점을 조사하였다. 상반기에 오염도가 높게 나타났던 낙동강 하류지역인 구포선착장, 조만교지점 및 추가된 서낙동강 지천은 오염도가 낮게 나타났지만, 강동교지점 및 서낙동강지천의 식만교지점은 오염도가 높게 나타났는데, 대부분의 조사지점에서 결과값이 상반기 대비 유사하거나, 다소 증가하는 경향을 보여주었는데, 이는 2009년 장마기의 집중호우로 인해 침전물이 씻겨 내려가 농도값이 낮게 나타났으나, 올해는 강우의 영향이 미미한 것으로 나타났다. 녹산콘크리트 지점은 구리와 비소를 제외한 중금속 농도가 전반적으로 전년대비 증가하였다. 아연의 경우 2006년 14.225 mg/kg으로 연도별 평균 중 낮은 수치를 보였는데, 2010년 113.063 mg/kg으로 증가하였다.

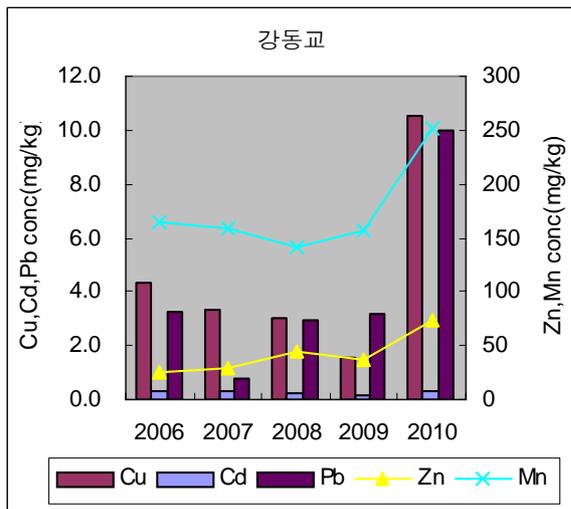


그림 34. 강동교 연도별 중금속 오염도

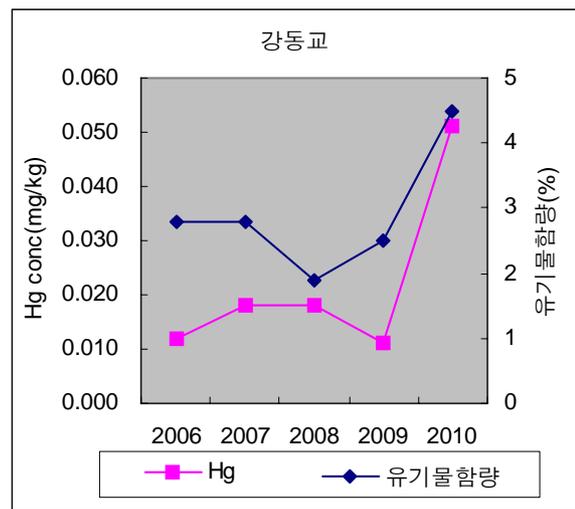


그림 35. 강동교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 그림 33은 강동교 지점의 연도별 중금속 오염도를 나타낸 것으로 2006년부터 2010년 까지 오염도가 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있지만, 중금속 오염도는 낮은 편이다. 유기물함량은 1.9%~4.5%로 비교적 일정한 수치를 보이고 있다.

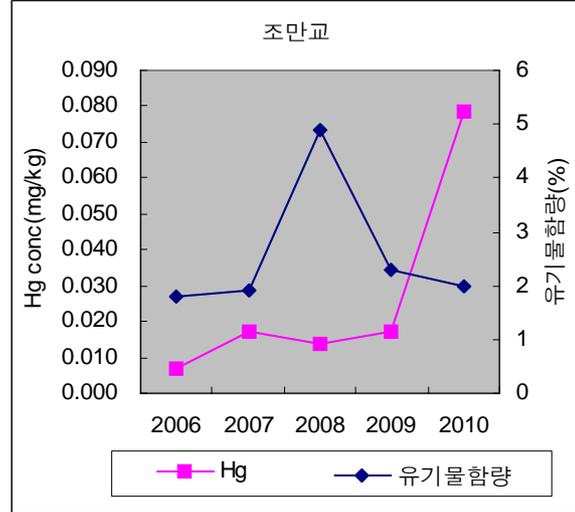
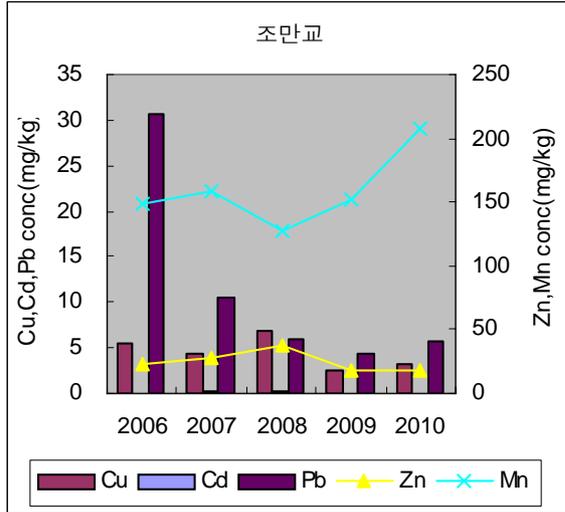


그림 36. 조만교 연도별 중금속 오염도      그림 37. 조만교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 서낙동강 조만교 지점의 연도별 하상퇴적물의 중금속오염도 분포는 그림 36에 나타낸바와 같이 납이 2008년 6.03 mg/kg에서 2010년 5.66 mg/kg으로 다소 유사한 경향을 나타내고 있으며, 아연, 구리 항목 역시 거의 유사한 농도를, 망간은 2007년 158.225 mg/kg이후 계속 증가하는 추세를 나타내고 있는데 하천오염도가 높은 조만천의 영향에 의한 것으로 보인다.

○ 2010년 수은의 농도가 0.0783 mg/kg으로 나타내었으나, 우리나라 논토양에서의 자연함유량이 0.09ppm임을 감안할 때 우려할 만한 수준은 아니라고 사료된다. 그림 37에 나타난 조만교지점의 유기물함량은 1.8% ~ 4.9%로 비슷한 수치를 보이고 있다.

카. 좌광천

좌광천은 기장군 병산리에서 시작하여 하천연장은 14.5km, 유역면적은 45.2km<sup>2</sup>에 이르는 하천으로 정관면의 중앙을 동류하다가 동해로 흘러든다.

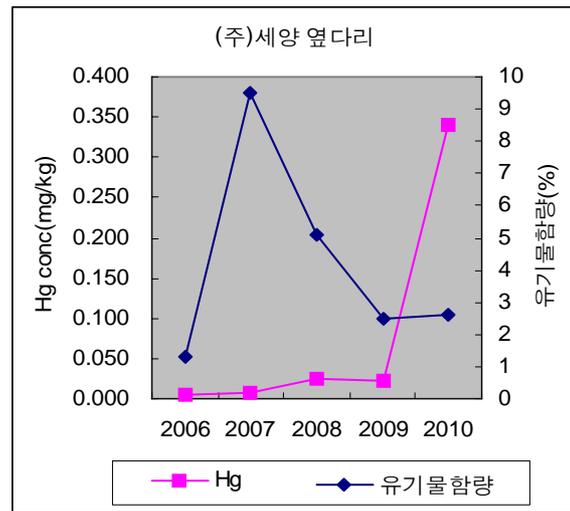
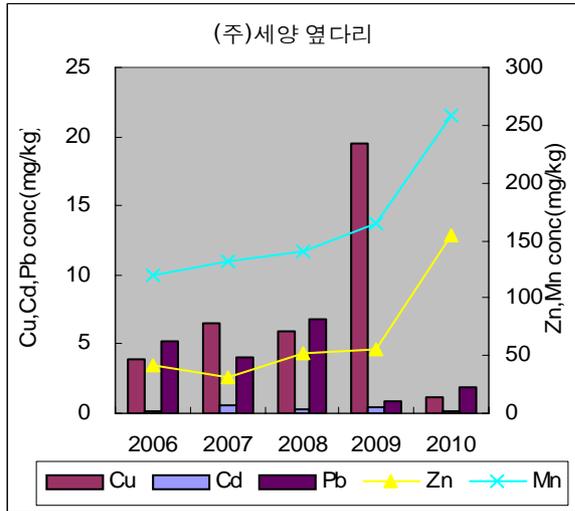


그림 38. (주)세양옆 연도별 중금속 오염도    그림 39. (주)세양옆 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 그림 38에서 (주)세양옆 지점의 중금속 연도별 오염도를 보면 구리의 경우 2006년 3.924 mg/kg이후 2010년 1.088 mg/kg를 나타내면서 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으며, 카드뮴은 2008년 0.229 mg/kg에서 2010년 0.170 mg/kg로서 다소 감소하였고, 납 또한 감소 추세를 보이고 있으며, 아연은 2006년 이후 지속적인 감소추세를 보이다 2010년 다소 증가하였다.
- 망간의 경우 2006년 119.275 mg/kg으로 증가한 후, 2009년까지 완만한 증가세를 유지하다가 2010년 다시 증가하는 양상을 나타내고 있다. 그림 39에 나타난 수은농도는 2006년 0.0049 mg/kg에서 2010년 0.3402 mg/kg으로 큰폭으로 증가하여, 지속적인 주변 환경관찰이 요구된다.

타. 회동댐 상류

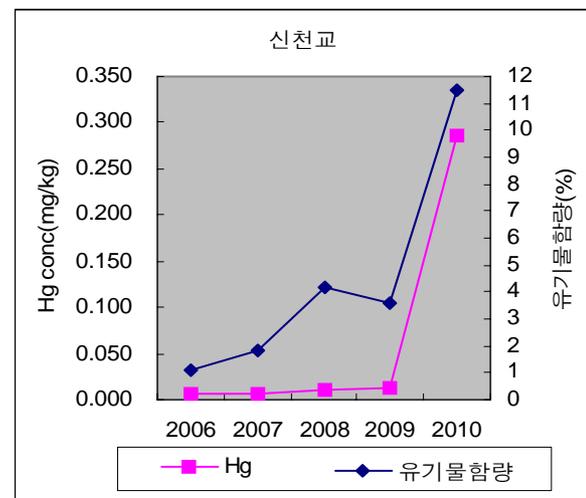
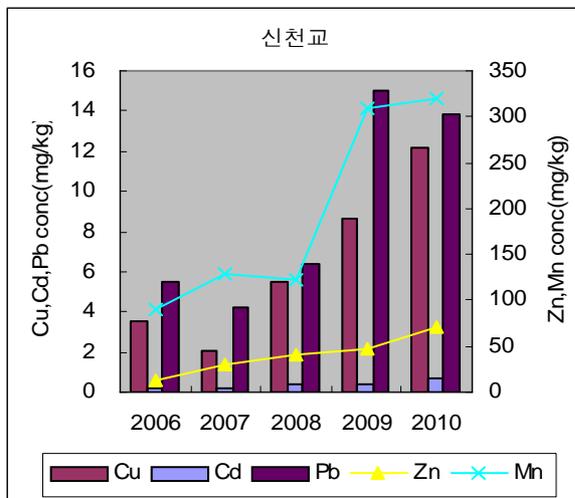


그림 40. 신천교 연도별 중금속 오염도    그림 41. 신천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

○ 신천교 지점은 상수원 보호구역으로 지정되어 있는 지점으로, 외부의 오염원으로부터 차단되어 있다. 신천교 지점의 저질은 육안으로 볼 때 자연토에 가까운 것으로 사료되며, 이 지점의 유기물함량 수치와 중금속 오염도는 양호하다.

(3) 항목별 오염도 추이

가. 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간, 수은

하천 저질의 중금속 함량을 조사한 결과 아연항목에서 장림교지점에서 토양오염우려기준(2지역)을 초과한 것으로 나타났으며, 하천 퇴적물에 대한 연도별 아연 농도 변화 추이를 살펴보면, 그림 42와 같이 낙동강 본류 및 주거 상업지역 대부분의 지점들이 비슷한 수준을 유지하고 있으나, 공업지역인 엄궁교, 장림교, 부산콘크리트 옆, 감전배수장지점의 중금속 오염도가 높게 나타났는데, 오염원은 자동차 유해배출 물질 및 도로 성분인 구리, 납, 카드뮴, 아연이 주요인으로 추출된다.

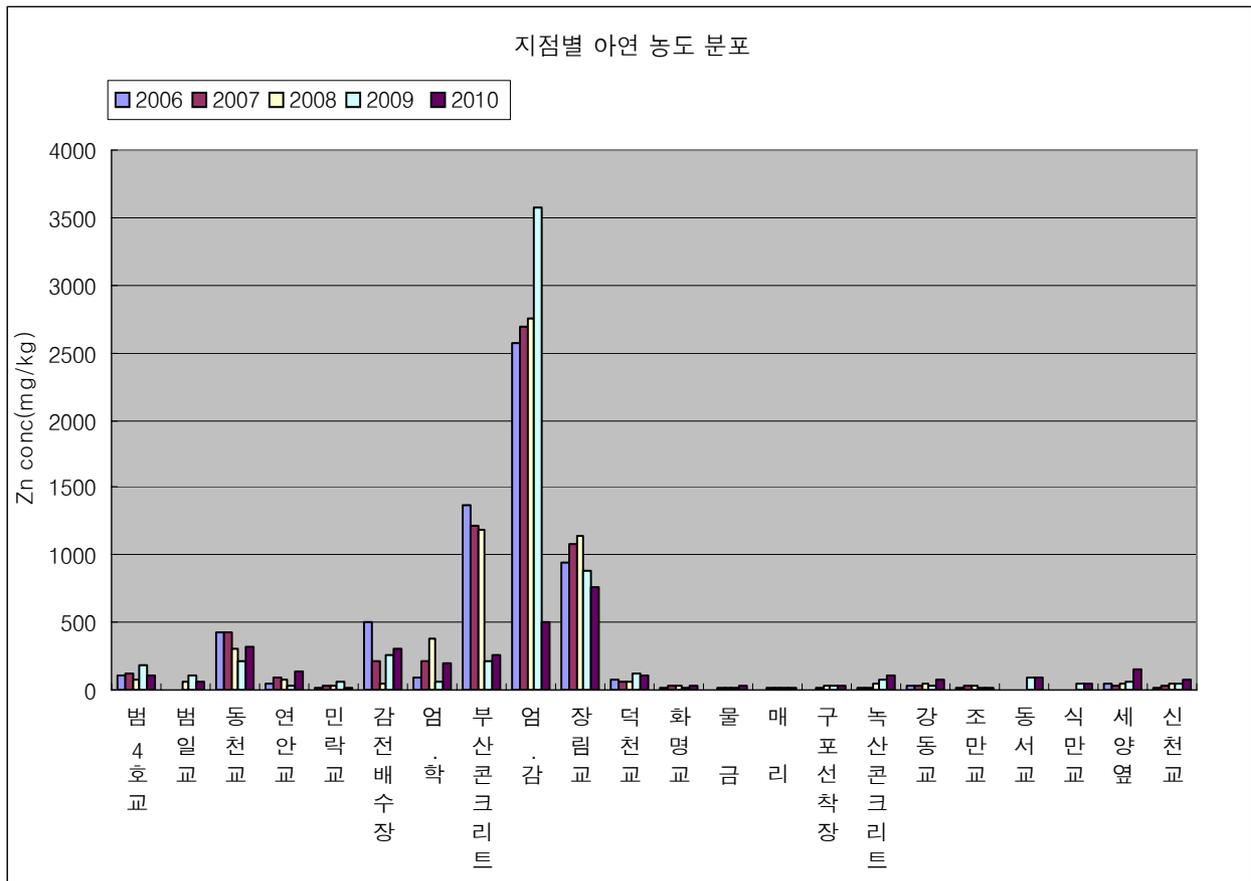


그림 42. 하상퇴적물 지점별 아연 농도 분포

나. 비소

2008년 추가 항목인 비소 분석 결과 대부분의 하천이 토양오염우려기준(2지역)이내 인 것으로 나타났으며, 하천 퇴적물에 대한 분기별 비소 농도 변화 추이를 살펴보면, 그림 43과 같이 낙동강 본류, 서낙동강 대부분의 지점들이 비슷한 수준을 유지하고 있으나, 서낙동강 추가지점 인 동서교 및 식만교지점이 다소 높게 나타났으며, 아연의 경우와 비슷하게 공업지역인 엄궁교, 장림교지점의 중금속 오염도가 높게 나타났는데 주 배출원은 피혁가공, 살충제, 비료제조공정으로 토양에도 미량 존재하는 물질로서 비소중독은 무기 또는 유기비소화합물과의 접촉이나 흡입으로 발생된다.

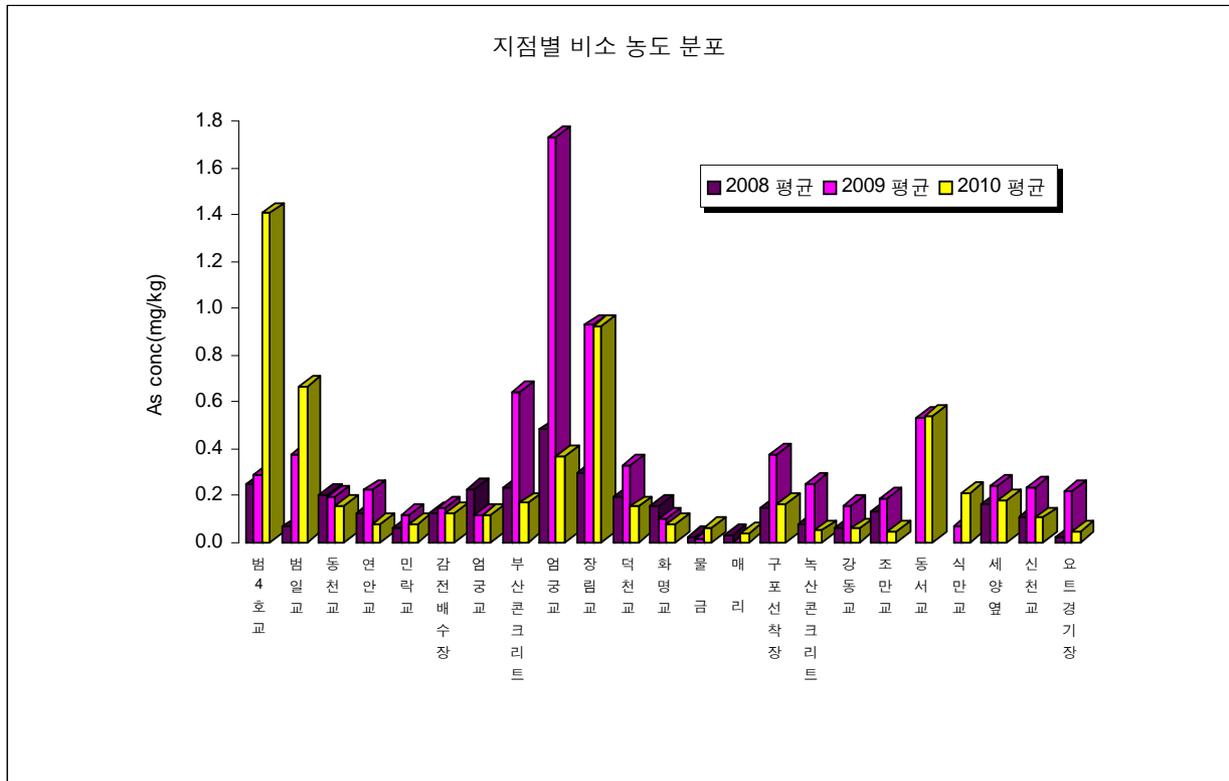


그림 43. 하상퇴적물 지점별 비소 농도 분포

다. 6가크롬(Cr<sup>+6</sup>)

6가 크롬은 2010년도 현재 까지 전 지점에서 불검출로 나타나 부산지역 하천의 하상퇴적물은 6가 크롬에 의한 오염은 되지 않은 것으로 보인다. 6가 크롬 화합물은 크롬 화합물 가운데 3산화크롬, 크롬산염, 중크롬산염이 해당되는데 수환경에서는 주로 크롬산염(chromate)의 형태로 존재하는데 매우 불용성이기 때문에 자연수 중에는 거의 침출되지 않는다. 보통의 경우 자연상태에서 3가 크롬이 존재하고 산업공정 상에서 6가크롬이 주로 생성된다. 다량의 6가크롬에 단시간 중독되는 경우 피부의 궤양 및 위장, 신장, 간에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

라. COD

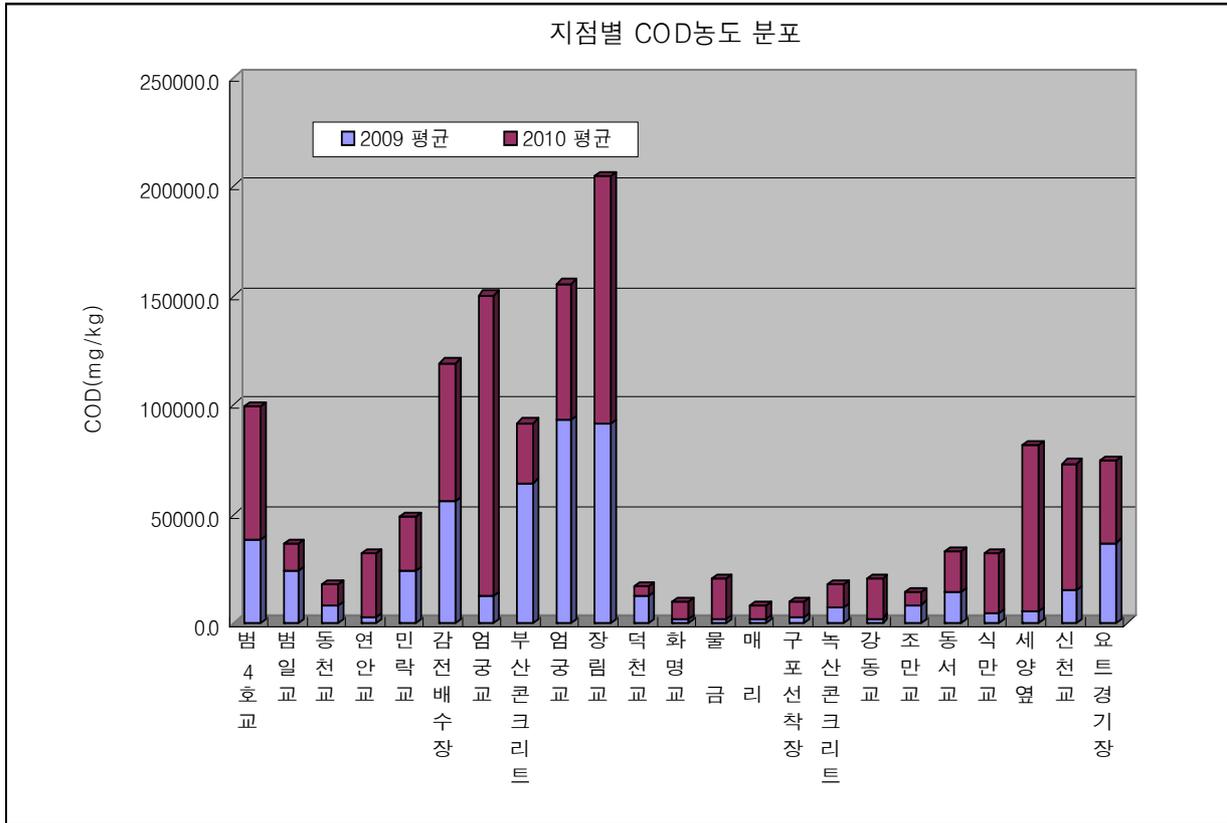


그림 44. 하상퇴적물 지점별 COD 농도 분포

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 COD농도를 그림 44에 나타낸 바와 같이, 농도분포는 4286.0~112987.0 mg/kg으로 조사되었으며, 연평균 농도는 장림교 지점에서 112987.0 mg/kg로서 가장 높은 수치를 나타내었고, 덕천교지점이 4286.0 mg/kg으로서 가장 낮은 값을 나타내고 있어, 공업지역의 오염도가 높게 나타나 퇴적물의 COD는 외부에서 유입된 부하량에 기인 한다고 할 수 있다. 장림교를 제외한 공업지역에선 유사하거나 다소 감소하는 양상을 보이고 있지만, 대부분의 조사 지점에서 전년도 대비 결과값이 증가하는 경향을 나타내었는데, 전년과 비교해서 강우의 영향이 오염도 감소에 많은 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

마. 수소이온농도(pH)

pH는 토양내에 있는 여러 무기물 및 유기물들의 존재 형태에 영향을 끼쳐 토양내에 존재하는 미생물에게도 영향을 미친다. 또한 pH에 따라서 퇴적물 속에 포함되어 있는 중금속들의 용출도 달라진다. 즉 낮은 pH에서는 퇴적물의 용출율이 높아져 수질에도 악영

향을 끼칠 수 있다. 부산 시내 하상퇴적물의 2006년~2010년도별 pH 변화를 그림 45에 나타내었다. 장림유수지의 장림교지점 등이 연평균 7.1로 최소값을 나타내었으며, 수영강 민락교 지점에서 연평균 8.3으로 최대값을 나타내었다. 전지점이 전년 대비 유사한 것으로 나타났으나, 덕천교, 조만교지점은 다소 높게, 학장천의 엄궁교 지점은 전년도에 비하여 다소 낮게 나타났다.

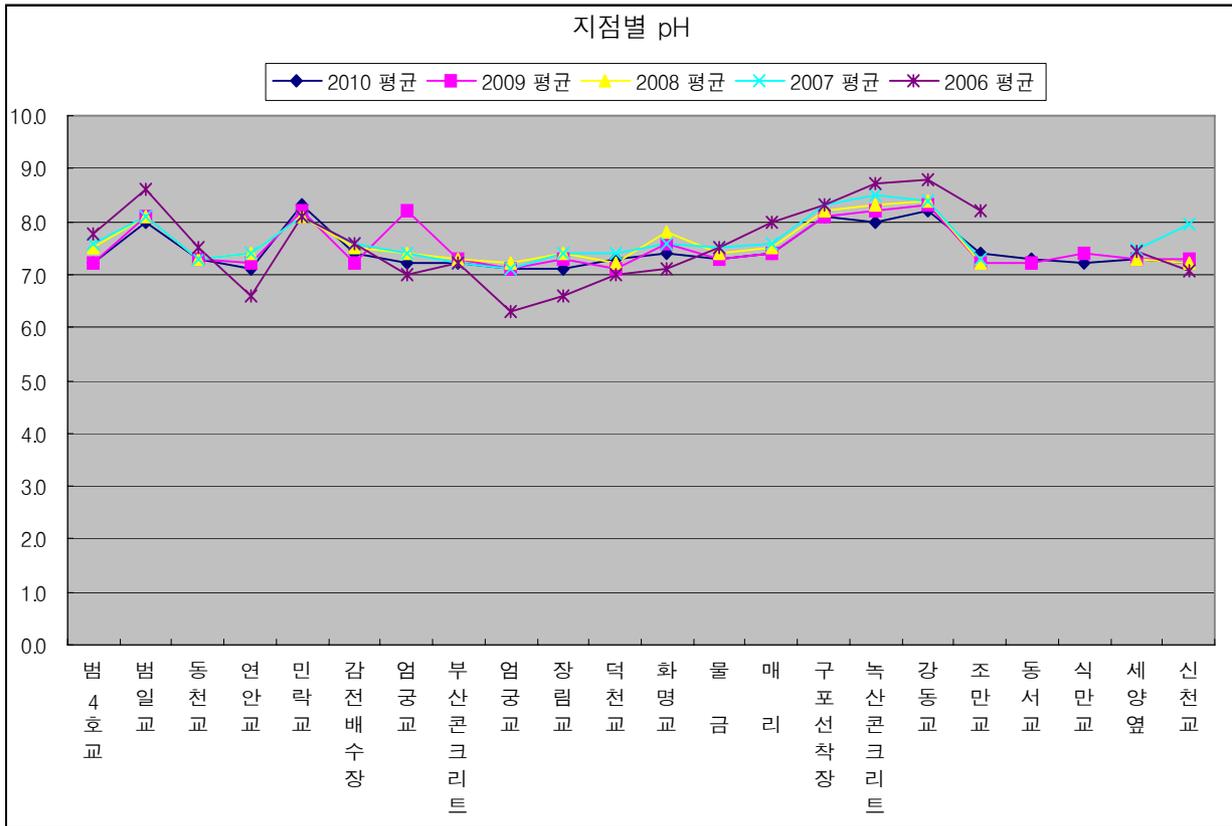


그림 45. 하상퇴적물 지점별 pH 변화

## 7. 결론

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

- 조사항목별 최고, 최저농도를 살펴보면 최고농도의 지점별 분포는 전반기 대비 유사한 경향을 나타내었는데, 전반기와 같이 Cu, Cd, Pb, Zn, COD 농도는 장림유수지의 장림교지점에서 그외 Hg, 유기물함량농도는 감전유수지의 엄궁교에서 최고수치를 나타내어 이지역의 주된 중금속오염의 존재를 시사한 것으로서 정확한 배출원 규명을 위해선 차후 면밀한 조사가 요구된다.

- 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.
- 토양오염우려기준 2지역에 준하여 2010년도 평균 중금속 오염도 비교시 초과 항목은 아연 1개 항목으로 나타났으며, 초과 지점은 공업지역에 위치한 장림천의 장림교지점으로서, 아연농도가 761.500 mg/kg(600 mg/kg이하)로 나타났다.
- 낙동강하류 지역인 구포선착장, 강동교, 조만교지점 및 추가된 서낙동강지천은 대부분 조사항목에서 상반기 대비 오염도가 유사하거나 다소 증가하는 양상을 보이고 있는데, 전년도와는 달리 강우의 영향이 오염도 감소에 많은 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.
- 기타지역인 좌광천의 (주)세양옆다리, 수영만 요트경기장지점은 타 하천지역에 비해 중금속 오염도가 낮게 나타났으며 특히, 요트경기장지점은 하천 22개 지점 중 대부분 항목에서 낮은 수치를 나타내었다.
- 6가 크롬은 조사 전 지점에서 불검출로 나타나, 6가크롬에 의한 오염은 없는 것으로 사료되며, 수소이온농도는 장림유수지의 장림교지점 등이 연평균 7.1로 최소값을 나타내었으며, 수영강 민락교 지점에서 연평균 8.3으로 최대값을 나타내었다.
- 유기물농도를 측정하기 위한 또 하나의 항목인 COD의 분석결과를 보면 각 지점별 퇴적물의 하반기 COD농도분포는 4286.0~112987.0 mg/kg으로 조사되었으며, 연평균 농도는 장림교지점에서 112987.0 mg/kg로서 가장 높은 수치를 나타내었고, 덕천교지점이 4286.0 mg/kg으로서 가장 낮은 값을 나타내었는데, 공업지역의 오염도가 높게 나타나 퇴적물의 COD는 외부에서 유입된 부하량에 기인 한다고 할 수 있다.
- 유기물함량은 대천천의 화명교지점이 1.1%로서 가장 낮았는데, 주로 주거 및 녹지지역으로 구성되어 있어 하천의 중금속 오염원 영향이 거의 없는 것으로 추정되며, 공업지역에 위치한 감전수로 임궁교지점이 30.1%, 장림교지점이 27.7%로서 타 지점에 비해 상당히 높았으며 유기물 오염 등으로 인하여 하상퇴적물의 성상이 슬러지화 된 상태이므로 준설이 시급한 것으로 나타났다.