

## 하상퇴적물 오염도 조사

○ 부산지역 하천의 하상퇴적물에 대한 오염 실태를 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 (2008년 1월 ~ 12월(분기1회))

### 3. 조사지점(12개하천 20개지점,수영만 요트경기장)

동천(범4호교, 동천교), 수영천(조양교, 연안교, 민락교), 삼락수로(감전배수장), 학장천(엄궁교), 감전수로(부산콘크리트유포 다리, 엄궁교), 장림유수지(장림교), 덕천천(덕천교), 대천천(화명교), 낙동강(물금, 매리, 구포선착장), 서낙동강(강동교, 조만교, 녹산콘크리트유포), 좌광천((주)세양유포), 회동댐 상류(신천교), 요트경기장(수영만)

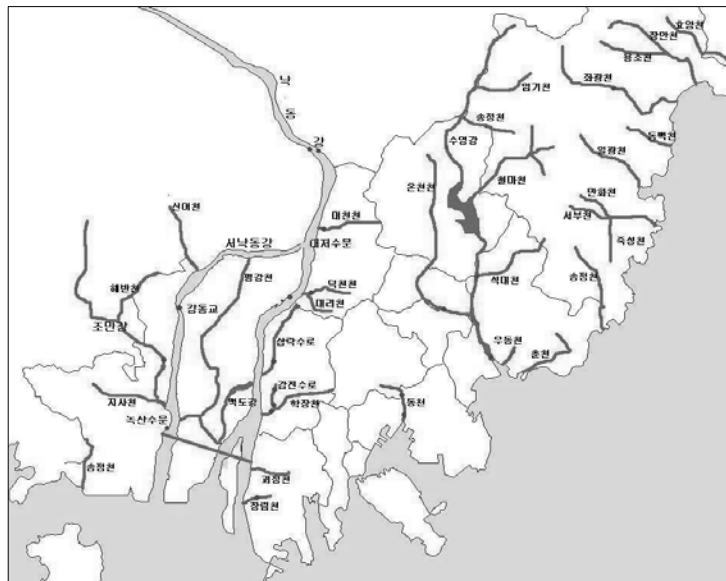


그림 1. 하상퇴적물 채취지점

#### 4. 조사 대상 및 항목

12개 하천 20개 지점과 수영만 1개지점 하상퇴적물 10개 항목 : Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Cr<sup>6+</sup>, As, Hg, pH, 유기물함량

#### 5. 조사방법

(1) 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.

(2) 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간

(1)의 전처리 시료 10 g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1N HCl 용액 50 mL를 가하여 항온수평진탕기(100회/분)를 사용하여 1시간 진탕한 다음 여과하여 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer : Varian SpectraAA 220FAST Sequential)를 이용하여 분석하였다.

(3) 비소

분석용 시료 10 g을 정밀히 취하여 100 mL 삼각플라스크에 넣고 염산용액(1N) 50 mL를 넣어 항온수평 진탕기(100회 1분)를 사용하여 30 °C를 유지하면서 30분간 진탕한 다음 여과하여 원자 흡광광도계(Atomic Absorption Spectrophotometer : Varian SpectraA 220FAST Sequential)를 이용하여 분석하였다.

(4) 6가 크롬

(1)의 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.

(5) 수은

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

(6) 수소이온농도

(1)의 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.

(7) 강열감량 및 유기물함량

(1)의 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 °C의 전기로 안에서 3시간 강열 후 측정하였다.

### 6. 조사결과

○ 2008년 하상퇴적물 오염도 현황

(단위 : mg/kg)

하천명	지 점 명	pH	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	As	Hg	Cr <sup>+6</sup>	유기물 함량(%)
동 천	범4호교	7.5	2.445	0.318	0.47	81.150	89.700	0.244	0.0927	0.00	13.7
	동천교	8.1	1.743	0.305	2.10	63.000	57.925	0.064	0.0175	0.0	9.3
수영천	조양교	7.3	7.416	0.866	6.94	305.938	242.100	0.203	0.0495	0.0	5.1
	연안교	7.4	12.650	0.204	11.49	72.225	79.825	0.125	0.0169	0.0	2.4
	민락교	8.0	0.379	0.161	0.04	30.025	38.725	0.060	0.0421	0.0	10.0
삼락수로	감전 배수장	7.5	0.173	0.238	0.24	43.325	171.875	0.123	0.4457	0.0	18.2
학장천	엄궁교	7.4	13.149	0.614	9.17	382.250	132.075	0.225	0.0637	0.0	11.8
감전수로	부산콘크리트 트 옆다리	7.3	12.269	0.765	1.44	1,190.750	134.400	0.229	0.2927	0.0	22.4
	엄궁교	7.2	1.431	0.329	3.01	2,753.750	140.775	0.480	1.0168	0.0	22.8
장림유수지	장림교	7.4	26.674	1.215	48.24	1,146.875	103.750	0.294	0.4466	0.0	15.1
덕천천	덕천교	7.2	7.623	0.269	10.86	58.550	111.950	0.193	0.0441	0.0	4.4
대천천	화명교	7.8	4.410	0.213	17.94	34.975	137.188	0.155	0.0171	0.0	3.2
낙동강	물금	7.4	1.405	0.029	0.05	10.325	71.100	0.020	0.0039	0.0	3.4
	매리	7.5	1.883	0.059	0.02	10.188	45.088	0.026	0.0035	0.0	6.4
	구포 선착장	8.2	5.716	0.256	8.62	29.875	164.475	0.146	0.0115	0.0	3.6
서낙동강	녹산 콘크리트옆	8.3	2.829	0.340	3.09	51.700	109.775	0.074	0.0176	0.0	4.6
	강동교	8.4	3.057	0.270	2.92	44.900	141.500	0.061	0.0151	0.0	1.9
	조만교	7.2	6.761	0.159	6.03	37.450	126.913	0.128	0.0149	0.0	4.9
좌광천	췌세양 옆다리	7.3	5.975	0.229	6.72	52.175	139.913	0.159	0.0251	0.0	5.1
회동댐상류	신천교	7.2	5.478	0.363	6.38	41.675	122.025	0.108	0.0105	0.0	4.2
수영만	요트경기장	8.1	0.454	0.258	0.08	2.975	12.025	0.021	0.0400	0.00	14.2

○ 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 범4호교, 하류지점인 동천교 2개 지점을 조사하였다.

표 1. 범4호교 연도별 중금속 농도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr <sup>+6</sup>	유기물함량 (%)
'08 평균	2.445	0.318	0.47	81.150	89.700	0.0927	0.00	13.7
'07 평균	7.059	0.434	3.32	124.225	118.575	0.0350	0.00	15.4
'06 평균	6.299	0.343	4.64	111.975	139.775	0.0414	0.00	9.7
'05 평균	9.056	0.358	4.49	108.437	83.092	0.0248	0.00	7.9
'04 평균	6.040	0.179	5.46	75.751	76.475	0.0118	0.00	7.4

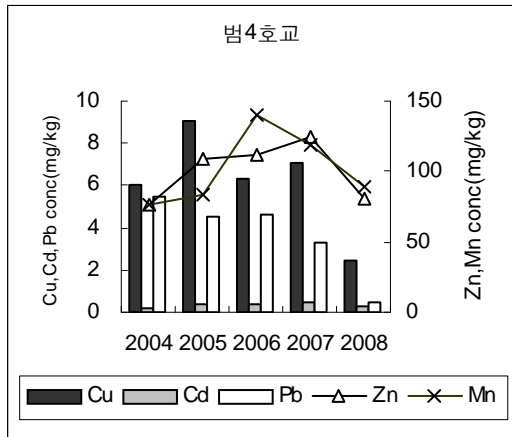


그림 2. 범4호교 연도별 중금속 오염도

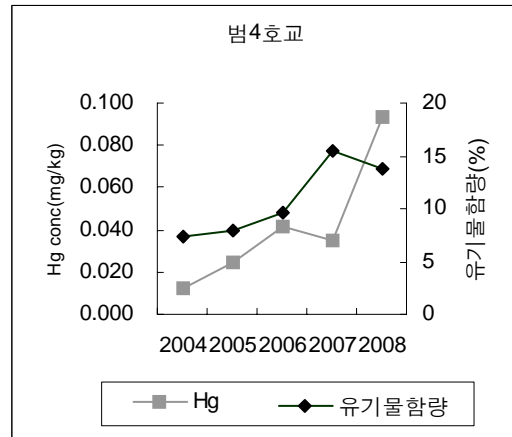


그림 3. 범4호교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 범4호교 지점의 중금속 오염도를 연도별 비교 조사한 결과 표 1, 그림 2에 나타낸바와 같이 구리가 2007년 7.059 mg/kg에서 2008년 2.445 mg/kg, 카드뮴이 0.434 mg/kg에서 2008년 0.318 mg/kg, 납이 3.32 mg/kg에서 0.47 mg/kg로서, 감소 추세를 나타내었고, 수은이 2007년 0.0350 mg/kg에서 2008년 0.0927 mg/kg,으로 중금속 오염도가 증가한 것으로 나타났다.

표 2. 동천교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr <sup>+6</sup>	유기물함량 (%)
'08 평균	1.743	0.305	2.10	63.000	57.925	0.0175	0.00	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
'05 평균	0.248	0.105	2.06	24.275	82.925	0.0303	0.00	11.4
'04 평균	-	-	-	-	-	-	-	-

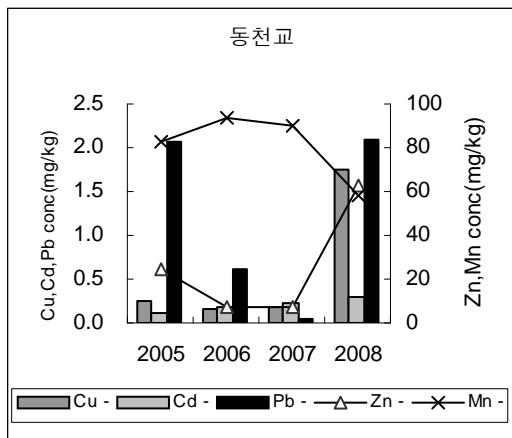


그림 4. 동천교 연도별 중금속 오염도

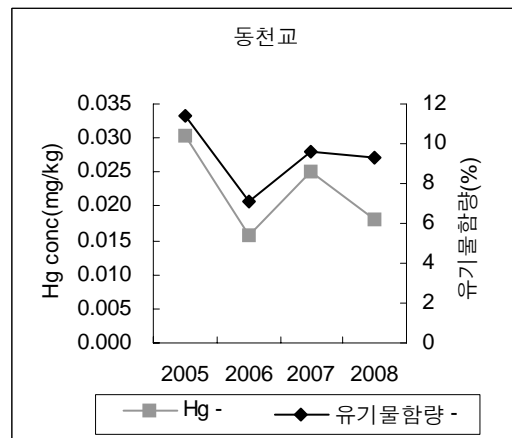


그림 5. 동천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 동천교는 상류의 범4호교 지점보다 중금속 오염도가 전체적으로 다소 낮았으며, 그림 4에서 연도별로 중금속 오염도의 추이를 살펴본 결과 구리의 오염도가 2005년 0.248 mg/kg, 2008년 1.743 mg/kg으로 큰폭으로 높게 나타났으나, 조사 전지점 대비 구리농도가 낮은 농도를 나타내었다.
- 납, 아연농도 또한 다소 증가하는 추세를 나타내었으며, 수은은 2005년 이래 연평균농도가 0.0158 mg/kg에서 0.0303 mg/kg 범위 내에서 증가와 감소를 반복하였는데, 2005년도 이후 매년 오염도가 감소하고 있는 추세이며, 오염원은 주로 생활오수의 유입인데 동천은 하천의 정화사업을 목적으로 하수관로 공사와 함께 수중보가 설치되어 생활하수의 유입이 차단되고 주기적인 퇴적물의 준설이 시행되고 있다.

▷ 수영천

수영천은 석대천을 분류로하여 온천천으로 구성되어 있으며 하천연장은 19.2 Km이며, 유역면적은 199.9 km<sup>2</sup>로 수영천의 조사지점으로는 석대천과 합류하는 조양교, 온천천의 연안교, 수영강 하류의 민락교 3개 지점을 조사하였다.

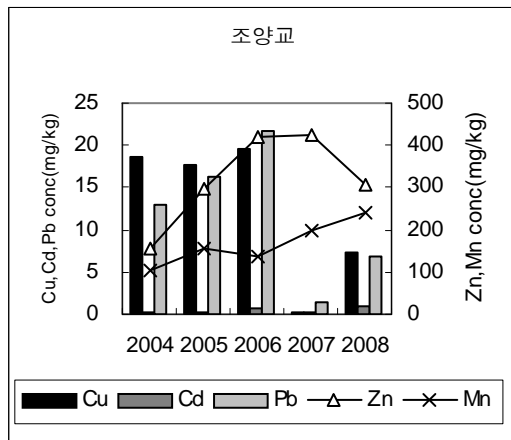


그림 6. 조양교 연도별 중금속 오염도

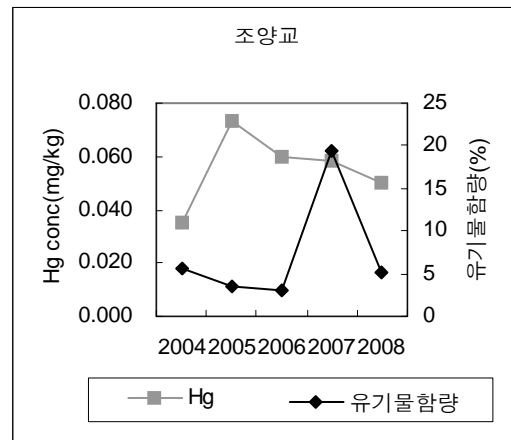


그림 7. 조양교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 조양교의 중금속 농도 변화를 그림 6에 나타낸바와 같이 2004년 망간의 중금속 오염도가 105.150 mg/kg에서 2008년 242.100 mg/kg으로 증가하는 양상을 나타내었고, 타지점에 비해 특히 망간의 오염도가 높게 나타났는데, 망간의 경우 토양 중 함유량이 높아 오염원 추정에 큰 의미는 없는 것으로 보인다. 2005년 구리가 17.790 mg/kg에서 2008년 7.416 mg/kg으로, 수은이 0.0731 mg/kg에서 2008년 0.0495 mg/kg, 납이 16.32 mg/kg에서 6.94 mg/kg로서 오염도가 전반적으로 개선된 것으로 나타났다.
- 연안교는 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7%를 차지하는 온천천에 위치한 지점으로 온천천은 여러 지류들과 합류하여 수영강으로 흘러든다. 수영강의 경우 2004년부터 지류인 온천천에 대한 정화 사업을 실시하여 하천 주변 정화 및 저질에 대한 준설공사를 시행하였다.

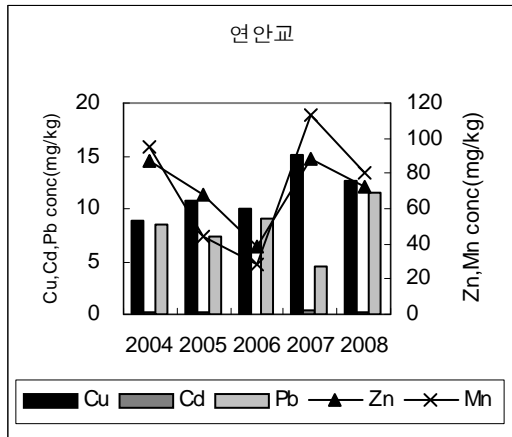


그림 8. 연안교 연도별 중금속 오염도

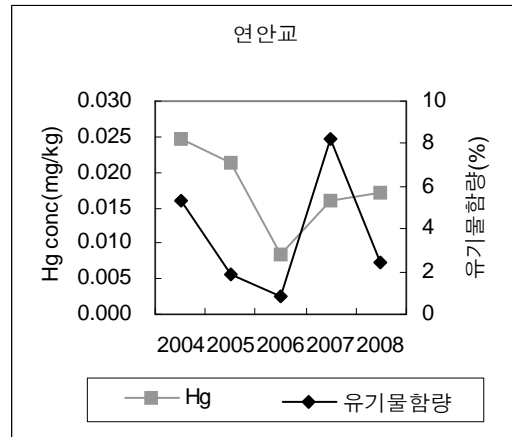


그림 9. 연안교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

구리의 경우 2004년 8.881 mg/kg에서 2008년 12.650 mg/kg으로 다소 증가 추세를 보이고 있으나, 아연 및 카드뮴, 망간은 연도별 유사한 경향을 나타내고 있다. 납은 2007년 4.61 mg/kg에서 2008년 11.49 mg/kg으로 다소 증가하였다.

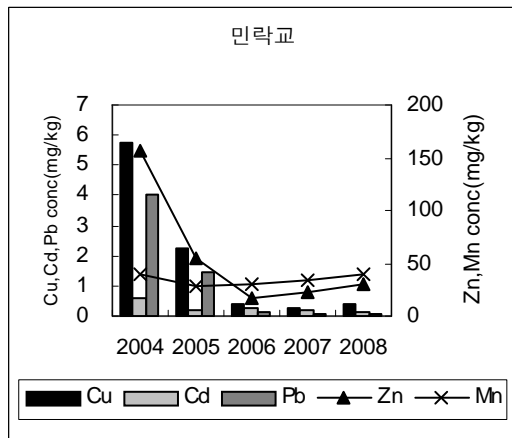


그림 10. 민락교 연도별 중금속 오염도

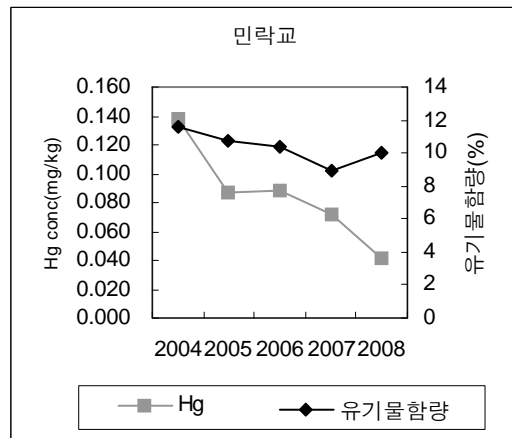


그림 11. 민락교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 수영천의 하류지점인 민락교는 하천의 유량과 오염원이 해수에 의해 영향을 받고 있으며, 수영강 주변의 하천 정비 사업의 영향으로 중금속 오염도 분포는 그림 10에 나타난 바와 같이, 2004년 이후 2008년 까지 크게 개선되는 추세를 보이고 있으며, 거의 모든 항목이 감소하는 양상을 나타내고 있다.

▷ 삼락수로

- 삼락수로는 사상구 괘법동에서 부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km길이로 평균폭 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 업궁 유수지까지 운반하는 수로기능을 하며 조사지점으로는 하류인 감전배수장을 조사하였다.

- 감전배수장 지점이 위치한 삼락수로는 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 보고 있다.

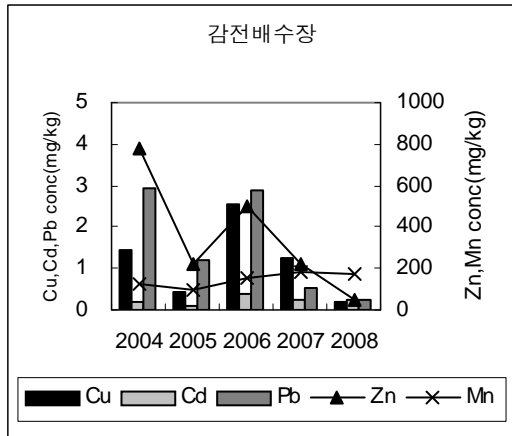


그림 12. 감전배수장 연도별 중금속 오염도

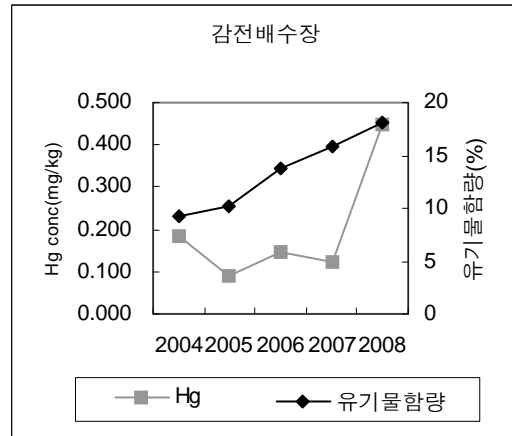


그림 13. 감전배수장 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

▷ 학장천

학장천은 주례동에서 업궁동까지 약 5.35 km 길이로 평균폭 30미터, 면적 19.42 km<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. 업궁유수지에서 차집되어 장림하수처리장으로 이송된다.

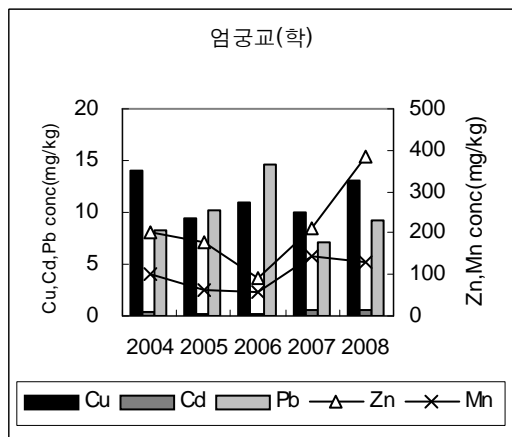


그림 14. 업궁교 학장천 연도별중금속 오염도

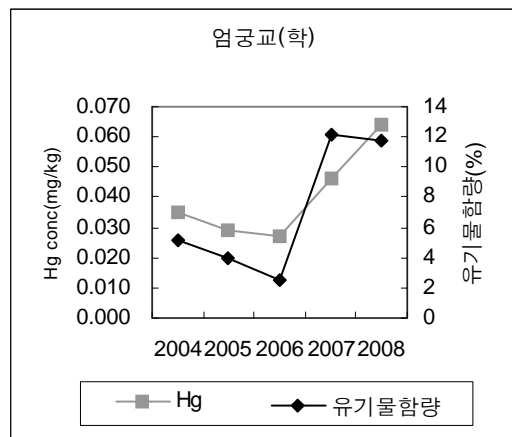


그림 15. 업궁교 학장천 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 확장천 업공교 지점의 경우 전년도와 유사하거나 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. 납의 경우 2007년 7.05 mg/kg에서 2008년 9.17 mg/kg로 비슷한 경향을 나타내었고, 구리의 경우 2007년 9.940 mg/kg에서 2008년 13.149 mg/kg으로 다소 증가하였다. 아연 또한 209.500 mg/kg에서 382.250 mg/kg으로 증가하였고, 망간은 143.850 mg/kg에서 132.075 mg/kg으로, 다소 감소하는 경향을 나타내었다.

▷ 감전수로

업공교의 감전수로는 감전유수지앞 ‘해표사료’ 앞에서부터 업공유수지까지 약 2.5 km 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 하수이고, 자연수의 유입은 우수 외에는 없으며, 유입되는 하수의 특성상 오염물의 농도가 매우 높다. 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	Cr <sup>+6</sup>	유기물함량 (%)
'08 평균	12.269	0.765	1.44	1,190.750	134.400	0.2927	0.00	22.4
'07 평균	0.658	0.176	0.23	1,213.125	140.900	0.2260	0.00	30.4
'06 평균	0.431	0.193	0.62	1,362.250	114.725	0.175	0.00	27.0
'05 평균	6.771	0.360	6.93	801.250	89.200	0.1240	0.00	19.5
'04 평균	15.448	0.564	12.82	1,095.250	90.700	0.3450	0.00	9.6

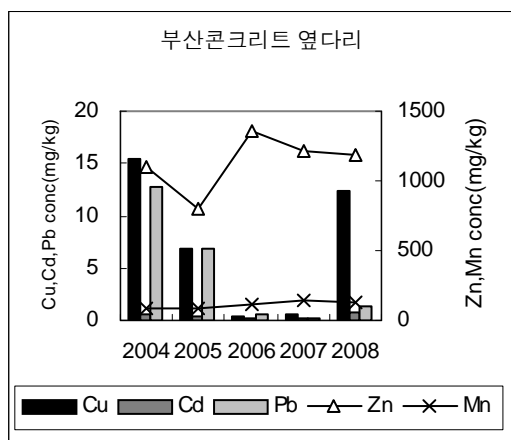


그림 16. 부산콘크리트옆다리 연도별 중금속 오염도

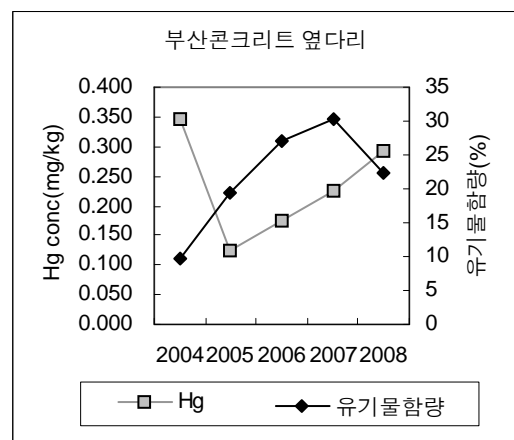


그림 17. 부산콘크리트옆다리 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 부산콘크리트 옆 다리 지점의 2004년부터 2008년 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 계속하고 있으며, 수은 또한 2005년 0.1235 mg/kg에서 2008년



0.2927 mg/kg으로 큰폭으로 증가하는 양상을 나타내었다.

- 아연의 경우 2006년 평균 농도가 1,362.250 mg/kg으로 토양오염우려기준 (나지역 : 800 mg/kg) 과 비교하였을 때 초과한 것으로 나타나 아연의 오염이 심각한 수준으로 나타났으나, 2008년에는 1,190.750 mg/kg로서 다소 감소하였다.
- 소하천 정비와 하수관로시설 확충 등으로 중금속 농도가 큰 폭으로 감소하는 등 긍정적인 추세를 보이는 듯 했으나, 2004년 이후 중금속 오염도가 증가 후 2007년까지 증감을 반복하고 있다. 이 지점의 유기물함량은 2007년도 평균 농도 30.4%를 나타내다가, 2008년 22.4%로서 다소 감소하였는데 부산콘크리트 옆다리 지점의 하상 퇴적물은 산업 폐수에 의한 심각한 중금속 오염과 더불어 유기물오염 등으로 슬러지화 된 상태라고 볼 수 있다.

표 4. 업공교(감) 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량표 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr <sup>+6</sup>	유기물함량 (%)
'08 평균	1.431	0.329	3.01	2,753.750	140.775	1.0168	0.00	22.8
'07 평균	1.599	1.164	5.28	2,698.125	103.550	0.6760	0.00	25.7
'06 평균	0.243	0.215	0.59	2,575.500	75.325	0.3909	0.00	45.4
'05 평균	0.863	0.213	2.51	1,452.457	53.904	0.1845	0.00	17.2
'04 평균	7.531	0.315	3.04	1,038.250	111.400	0.2243	0.00	19.34

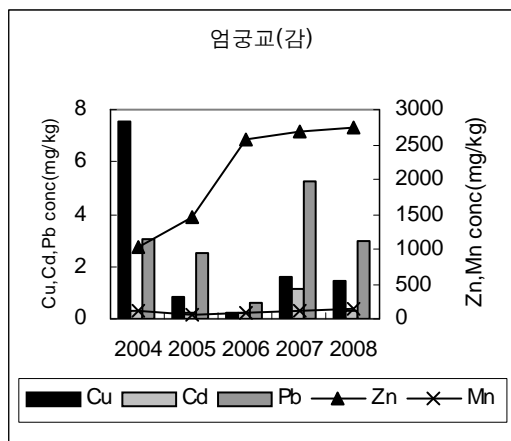


그림 18. 업공교 감전수로 연도별 중금속 오염도

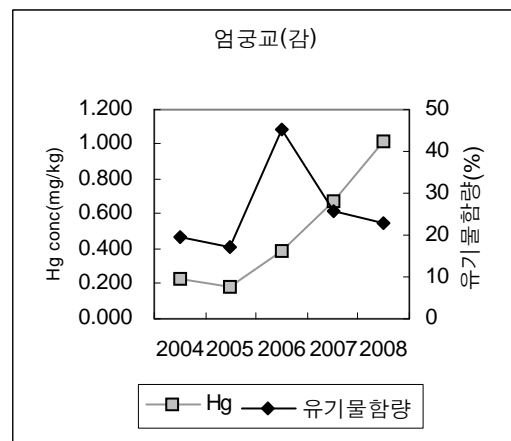


그림 19. 업공교 감전수로 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 감전수로 업공교 지점의 2004년 부터 2008년까지 5년 동안의 중금속 오염도 추이를 표 4 및 그림 18, 그림 19에서 살펴보면, 망간의 경우 2005년 53.904 mg/kg 이후 2008년 140.775 mg/kg으로 완만한 증가 추세를 보이고 있으나, 아연의 경우 2008년 2,753.750 mg/kg, 비소 0.480 mg/kg, 수은 1.0168 mg/kg의 농도로 조사 전지점 중 최고치를 나타내었다. '97년도 말부터 시행된 소하천 정비계획 및 하수관로 시설의 확충으로 중금속 오염도가 급격히 감소했었지만, 그 후 2006년 부터 카드뮴, 납, 망간, 수은의 오염도가 큰 폭으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

- 2008년 아연 평균 농도를 토양오염 우려 기준(나지역 : 800 mg/kg)과 비교하였을 때 오염도를 초과한 것으로 나타나 아연 오염이 심각한 수준으로 나타났다. 아연의 오염은 도금, 도료, 도장, 염색공정, 전자공업 등에서 배출된다.

▷ 장림유수지

장림유수지는 장림2동에서 부터 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, 장림유수지의 오염도는 전반적으로 증가하는 양상을 나타내고 있다.

표 5. 장림교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr <sup>+6</sup>	유기물함량 (%)
'08 평균	26.674	1.215	48.24	1,146.875	103.750	0.4466	0.00	15.1
'07 평균	9.995	0.940	29.83	1,086.250	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
'05 평균	15.296	0.881	35.10	899.750	202.630	0.0707	0.00	12.6
'04 평균	19.505	1.378	40.18	1,129.500	139.675	0.0941	0.00	15.9

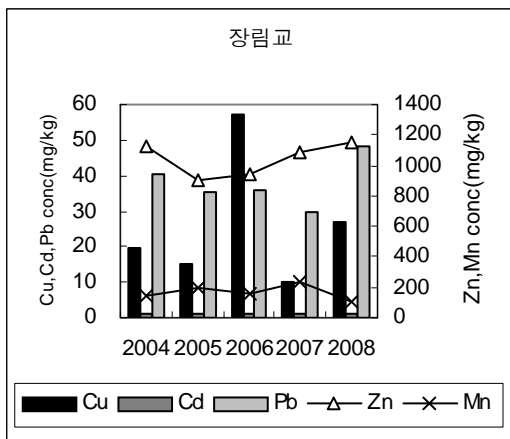


그림 20. 장림교 연도별 중금속 오염도

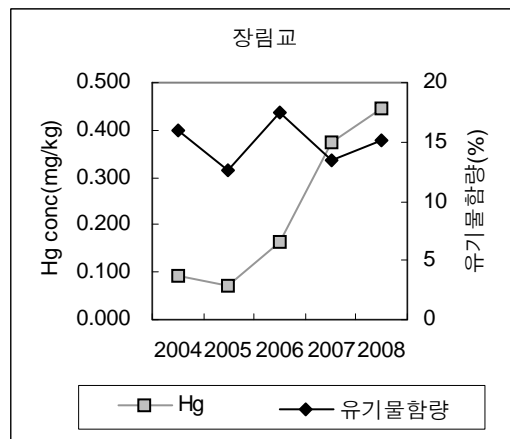


그림 21. 장림교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 장림교 지점의 중금속 오염도를 표 5, 그림 20, 그림 21에 나타내었는데, 전체적으로 중금속의 오염도가 심각하였으며, 지속적으로 증가하는 추세를 나타내고 있다. 망간의 경우 2007년 242.000 mg/kg에서 2008년 103.750 mg/kg으로 다소 감소하였으나, 수은은 2005년 0.0707 mg/kg 이후 2008년 0.4466 mg/kg으로 지속적으로 증가 추세를 나타내었다.
- 납의 경우 2004년 이후 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으나, 2008년 48.24 mg/kg으로서 조사 전지점 중 최고치를 나타내었고, 구리는 26.674 mg/kg, 카드뮴은 1.215 mg/kg로서 역시

최고치를 나타내어 장림교지점의 중금속 오염도가 심각하다는 것을 알 수 있다.

이는 장림유수지 인근 공업지역에서 배출되는 유해물질에 의해 지속적으로 오염이 되고 있음을 의미하는데, 주변 사업장에 대한 지속적인 지도 단속이 요망된다.

- 아연의 경우 2005년 899.750 mg/kg으로 다소 감소한 이후, 2008년 1,146.875 mg/kg으로 증가하였는데 이 지점 역시 감전수로와 마찬가지로 토양오염우려기준(나지역 : Zn 800 mg/kg)과 비교하였을 때 오염도를 초과하여 아연 오염의 심각성을 보여주고 있다.

▷ 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.

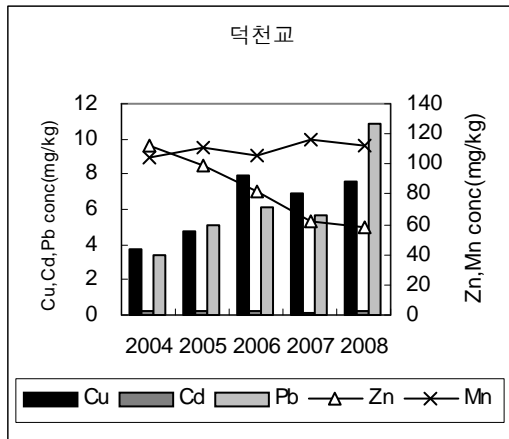


그림 22. 덕천교 연도별 중금속 오염도

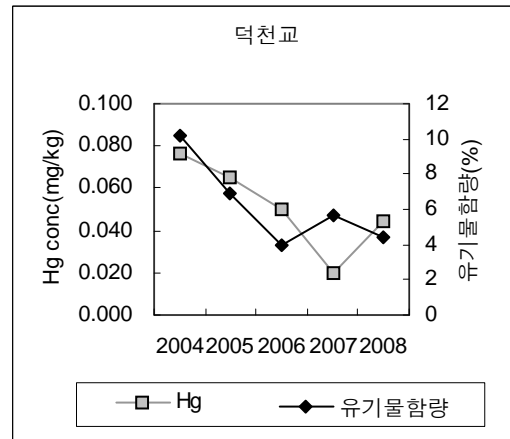


그림 23. 덕천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 덕천교 중금속 오염도는 그림 22에 나타난 바와 같이 구리가 2004년 3.708 mg/kg에서 2008년 7.623 mg/kg로서 지속적으로 증가하고 있지만, 아연은 2004년 이후 완만한 감소추세를, 망간 또한 전년도 116.725 mg/kg에서 2008년 111.950 mg/kg로 다소 감소하는 경향을 보이고 있으며, 다른 항목 또한 비슷한 양상을 나타내고 있다.

▷ 대천천

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

- 화명교 지점의 저질 시료는 유기물의 혐기성 분해에 의한 짙은 색의 저질이 아닌 자연토와 같은 황색을 띄고 있었다. 망간의 경우 2004년 이후 감소 추세를 보이다가, 2007년 156.775 mg/kg로 다소 큰폭의 증가세를 보였으나, 2008년 137.188 mg/kg로서 다소 감소하였다. 대천천 주변이 주로 주거 및 녹지지역으로 구성되어 있어 하천의 중금속 오염원이 거의 없으며, 오염도가 감소되는 것으로 추정된다.

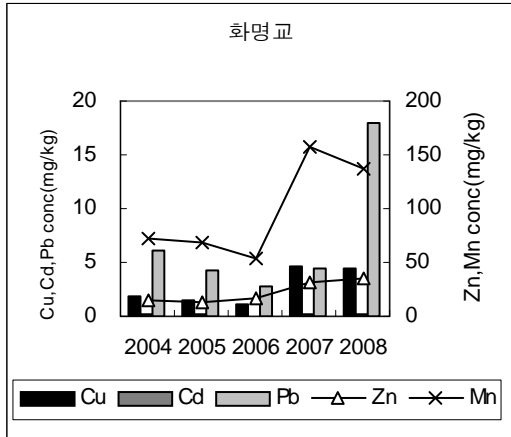


그림 24. 화명교 연도별 중금속 오염도

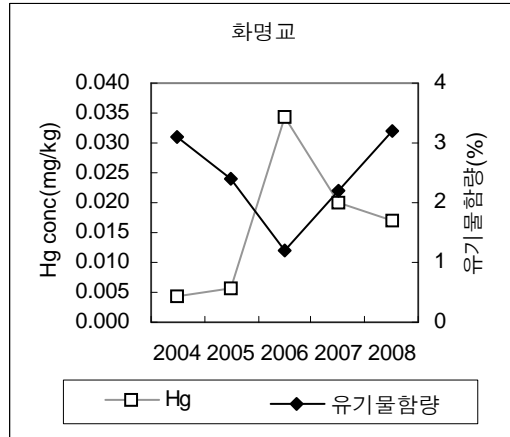


그림 25. 화명교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

▷ 낙동강

- 낙동강은 길이 506.17 km, 유역면적 2만 3,384.21 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 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 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다.
- 토양 내에서의 정상적인 구리 함량은 거의 20 ppm, 지각(crust)중의 카드뮴 농도는 평균 0.15 ppm, 납은 13 ppm, 망간은 100 ~ 4,000 ppm, 수은은 평균 0.08 ppm 정도 함유되어 있다고 한다. 이런 점을 감안할 때 물금지점의 저질 내 중금속 농도는 물금지역 토양의 지역적 특성에 기인한 것 이라고 볼 수 있다.

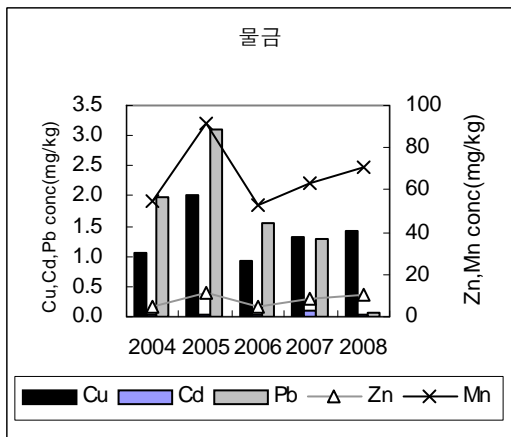


그림 26. 물금 연도별 중금속 오염도

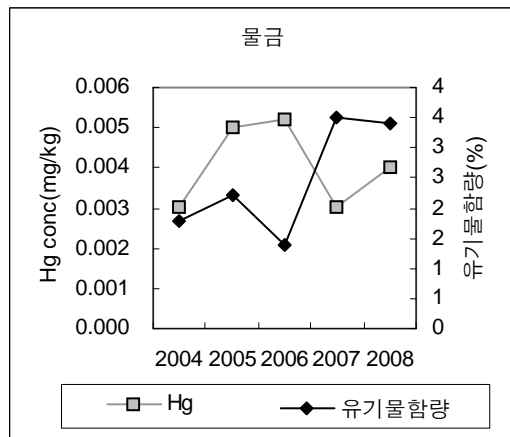


그림 27. 물금 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 물금지점의 중금속 오염도는 그림 26에 나타낸 바와 같이 구리의 경우 2004년 이후 0.934~2.014 mg/kg, 카드뮴은 0.018~0.108 mg/kg, 납은 0.05~3.09 mg/kg의 범위를 나타내고 있는데, 카드뮴 및 비소농도가 조사 전 지점 중 최소값을 나타내었다.

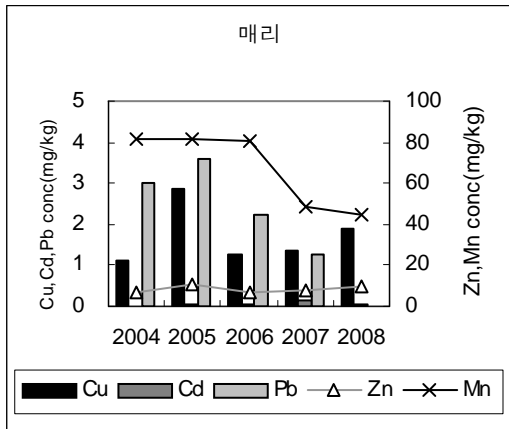


그림 28. 매리 연도별 중금속 오염도

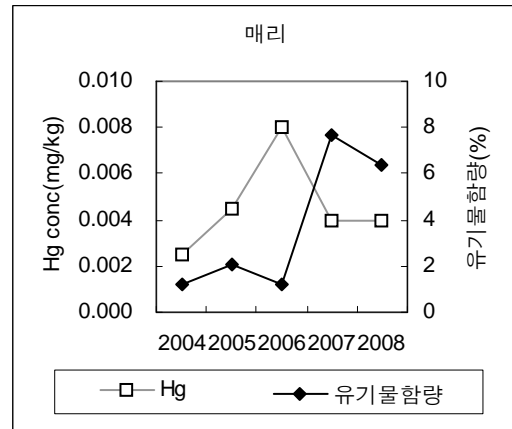


그림 29. 매리 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 낙동강 하류 매리지점은 부산시 최대의 상수원으로서 물금지점과 같이 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다. 전체적인 중금속 농도는 매리 지점과 비슷하며 연도별로 큰 차이가 없다.

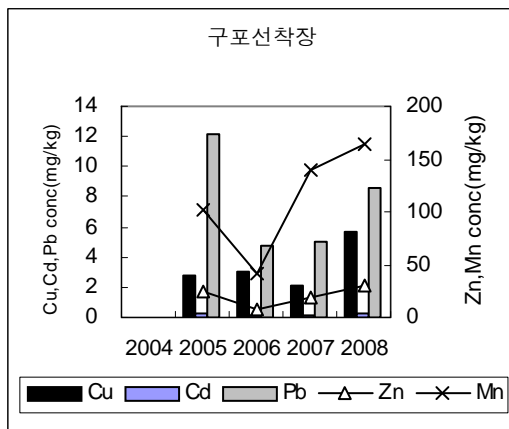


그림 30. 구포선착장 연도별 중금속 오염도

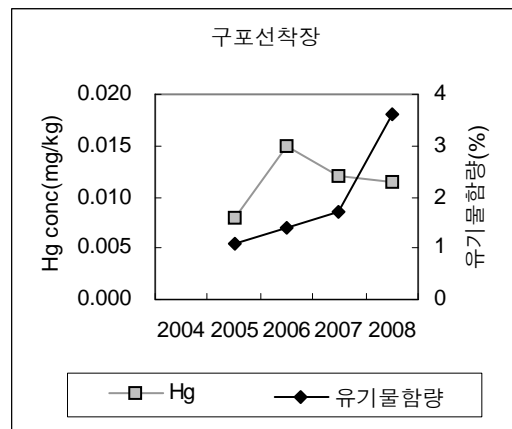


그림 31. 구포선착장 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 낙동강의 하류 지점인 구포선착장 지점은 물금지점과 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 나타낸 바와 같이 망간은 2006년 41.933 mg/kg에서 2008년 164.475 mg/kg으로 큰폭으로 증가하였고, 아연도 전년 대비 소폭 증가하였지만 수은은 유사한 양상을 보이고 있다.
- 유기물함량은 전년도 보다 다소 증가하여 3.6%를 나타내었다.

▷ 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 분류와 차단됨으로써 고여 있는 호수 상태를 이루고 있다. 또한 가정과 공장, 식당 등의 각종 오·폐수가 여러 지천을 통해 유입되면서 수질이 나빠진 상태이다.

- 서낙동강의 유기물함량은 1.9~4.9%의 범위로 나타났는데, 이는 서낙동강으로 유입되는 지천에 함유된 유기물과 호소의 정체, 인근 식당에서 배출되는 오수에 원인이 있는 것으로 판단 된다.

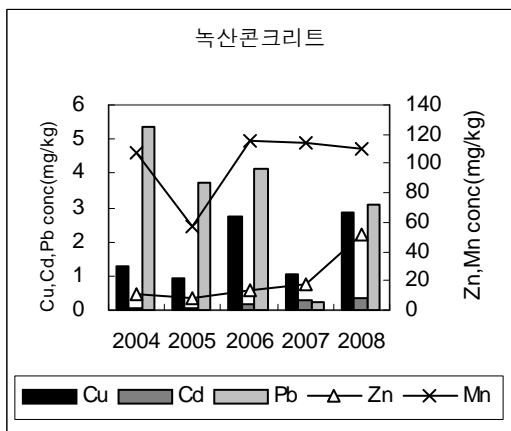


그림 32. 녹산콘크리트열 연도별 중금속 오염도

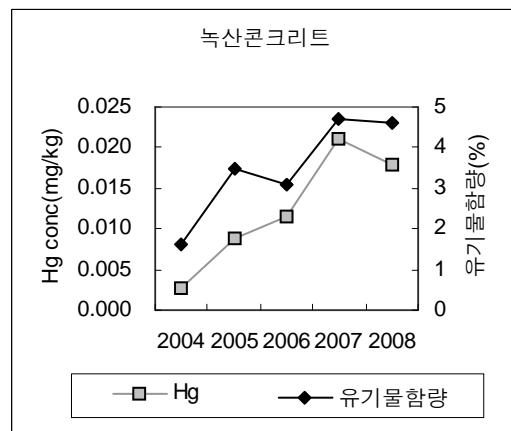


그림 33. 녹산콘크리트열 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 서낙동강의 조사지점은 중·하류지역인 강동교, 조만교, 하류지역인 녹산콘크리트열 지점 등 3개지점을 조사하였다. 녹산콘크리트 지점은 망간과 수은을 제외한 중금속 농도가 전반적으로 전년도 보다 다소 증가하였다. 아연의 경우 2005년 8.305 mg/kg으로 연도별 평균 중 가장 낮은 수치를 보였는데 2008년 51.700 mg/kg으로 증가하였다.

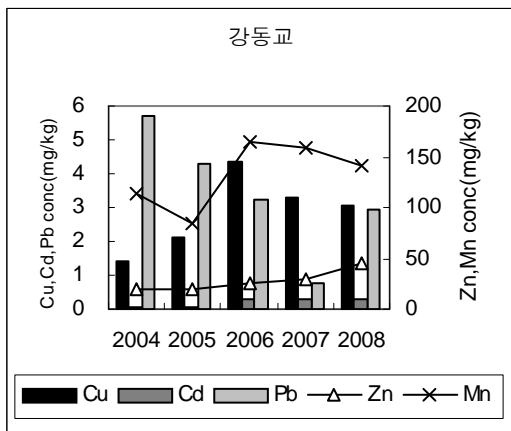


그림 34. 강동교 연도별 중금속 오염도

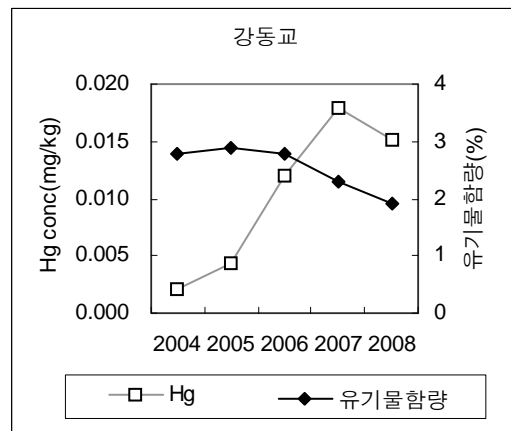


그림 35. 강동교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 그림 33은 강동교 지점의 연도별 중금속 오염도를 나타낸 것으로 2004년부터 2008년 까지 오염도가 완만하게 증가하는 경향을 보이고 있지만, 중금속 오염도는 양호한 편이다. 유기물함량은 1.9% ~ 2.9%로 비교적 일정한 수치를 보이고 있다.

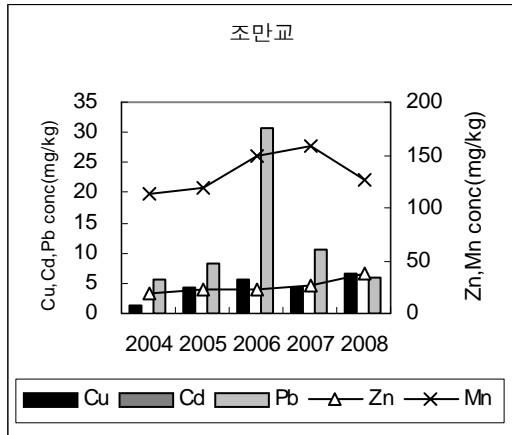


그림 36. 조만교 연도별 중금속 오염도

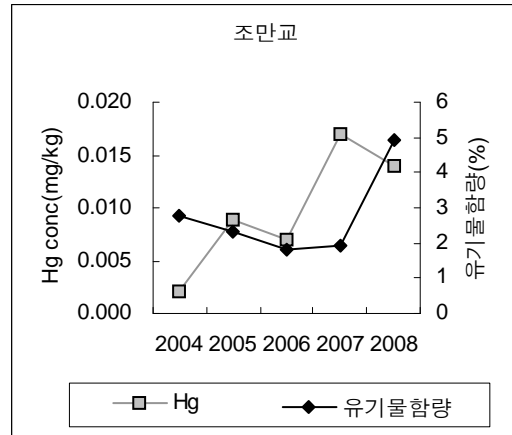


그림 37. 조만교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 서낙동강 조만교 지점의 연도별 하상퇴적물의 중금속오염도 분포는 그림 36에 나타낸바와 같이 납이 2007년 10.57 mg/kg에서 2008년 6.03 mg/kg으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 아연, 구리함량은 거의 유사한 농도를, 망간은 2004년 113.875 mg/kg이후 계속 증가하는 추세를 나타내고 있는데 하천오염도가 높은 조만천의 영향에 의한 것으로 보인다.

- 2008년 수은의 농도가 0.0149 mg/kg으로 나타내었으나, 우리나라 논토양에서의 자연함유량이 0.09 ppm임을 감안할 때 우려할 만한 수준은 아니라고 사료된다. 그림 37에 나타난 조만교 지점의 유기물함량은 1.8% ~ 4.9%로 비슷한 수치를 보이고 있다.

▷ 좌광천

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

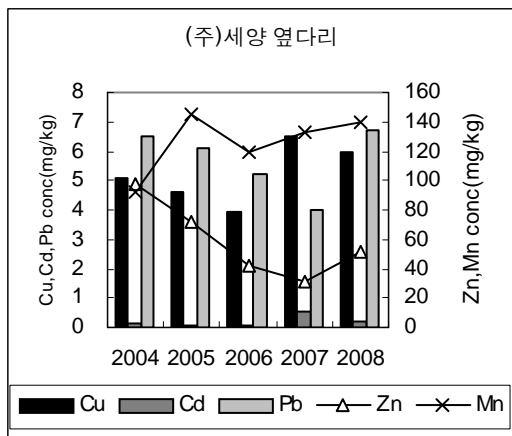


그림 38. (주)세양 옆 연도별 중금속 오염도

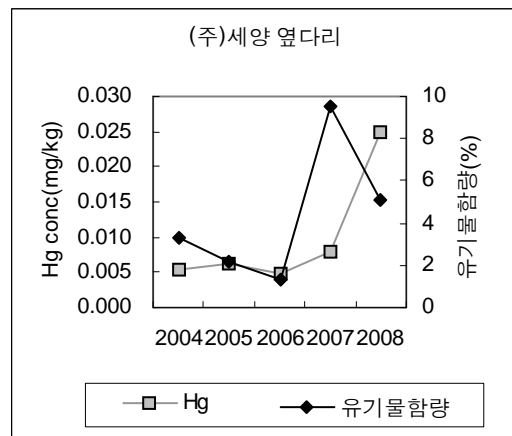


그림 39. (주)세양 옆 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 그림 38에서 (주)세양열 지점의 중금속 연도별 오염도를 보면 구리의 경우 2004년 5.056 mg/kg 이후 2008년 5.975 mg/kg를 나타내면서 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으며, 카드뮴은 2007년 0.555 mg/kg에서 2008년 0.229 mg/kg로서 다소 감소하였고, 납은 증가추세를 보이고 있으며, 아연은 2004년 이후 지속적인 감소추세를 보이다 2008년 다소 증가하였다.
- 망간의 경우 2005년 144.525 mg/kg으로 증가한 후, 2006년까지 감소하다가 2008년 다시 증가하는 양상을 나타내고 있다. 그림 39에 나타난 수은농도는 2004년 0.0054 mg/kg에서 2008년 0.0251 mg/kg으로 큰폭으로 증가하여, 지속적인 주변 환경관찰이 요구된다.

▷ 회동댐 상류

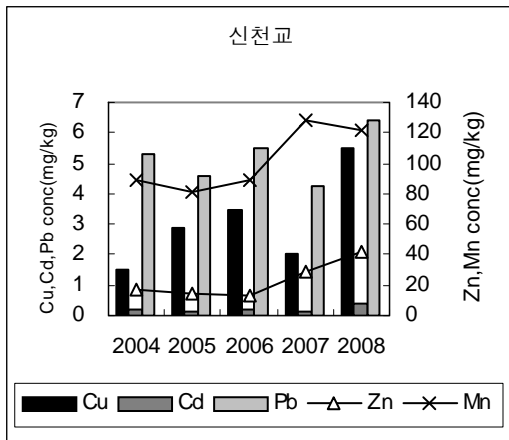


그림 40. 신천교 연도별 중금속 오염도

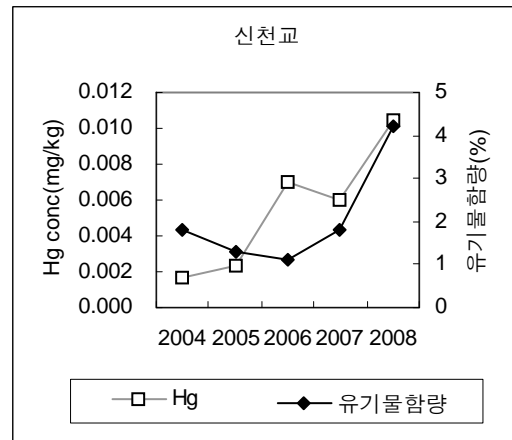


그림 41. 신천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량

- 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 매우 양호하다.

○ 항목별 오염도 추이

▷ 구리, 카드뮴, 납, 아연, 망간, 수은

하천 저질의 중금속 함량을 조사한 결과 대부분의 하천이 아연항목을 제외한 전 항목에서 토양 오염우려기준(나지역)이내 인 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, 장림교지점의 중금속 오염도가 높게 나타났는데 오염원은 자동차 유해배출 물질 및 도로 성분인 구리, 납, 카드뮴, 아연이 주요인으로 추측된다.



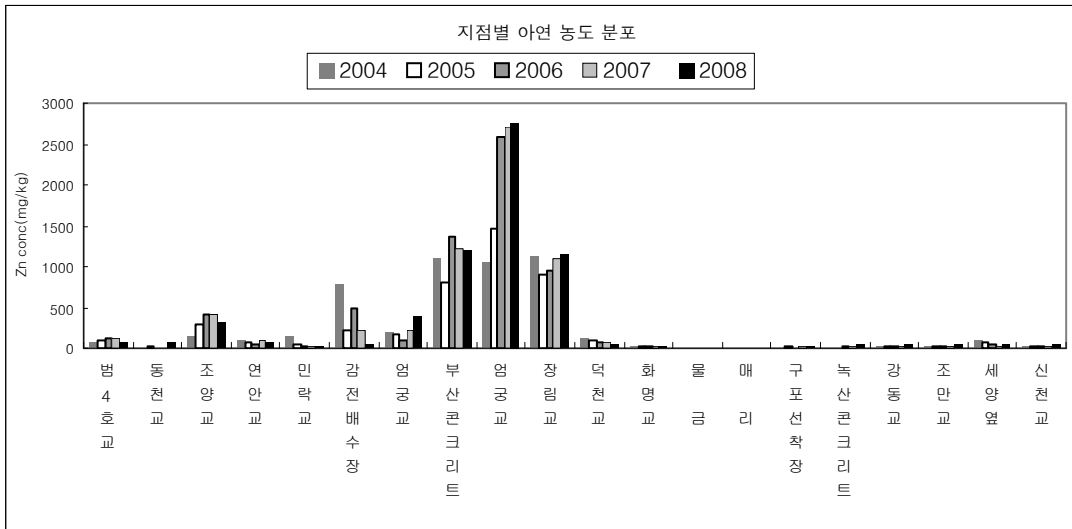


그림 42. 하상퇴적물 지점별 아연 농도 분포

▷ 비소

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

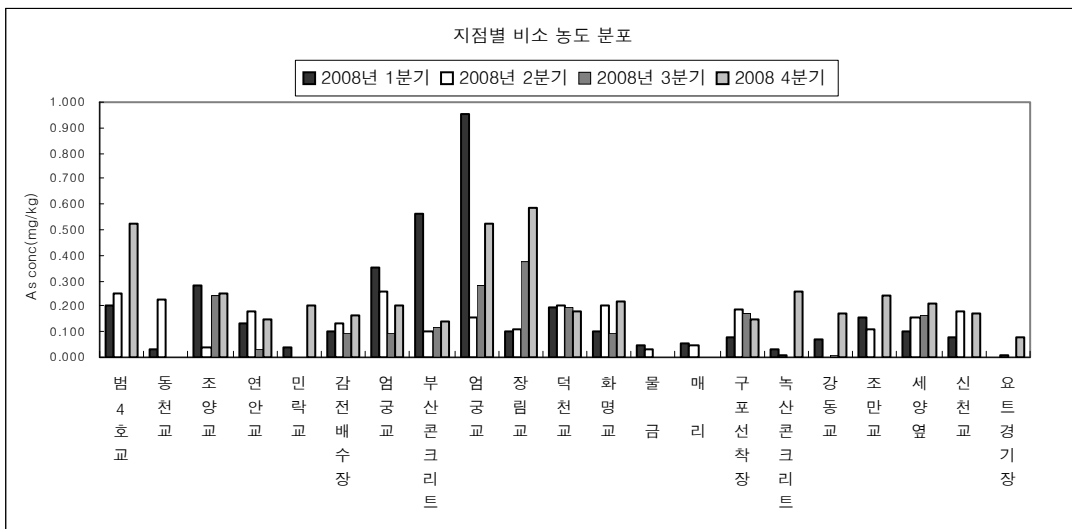


그림 43. 하상퇴적물 지점별 비소 농도 분포

▷ 6가크롬(Cr<sup>+6</sup>)

6가 크롬은 1999년도부터 분석하기 시작하여, 2008년도 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 생성 된다. 다량의 6가크롬에 단시간 중독되는 경우 피부의 궤양 및 위장, 신장, 간에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

▷ 수소이온농도(pH)

pH값은 중금속 흡착 및 유기물질 결합도와 연관성이 있는데, 부산시내 하상퇴적물의 2004년~2008년도별 pH 변화를 그림 44에 나타내었다. 감전수로의 엄궁교지점 등이 연평균 7.2로 최소값을 나타내었으며, 서낙동강 강동교 지점에서 연평균 8.4로 최대값을 나타내었다.

전지점이 전년 대비 유사한 것으로 나타났으나, 서낙동강 녹산콘크리트, 덕천천의 덕천교지점은 다소 높게, 대천천의 화명교지점은 전년도에 비하여 다소 높게 나타났다.

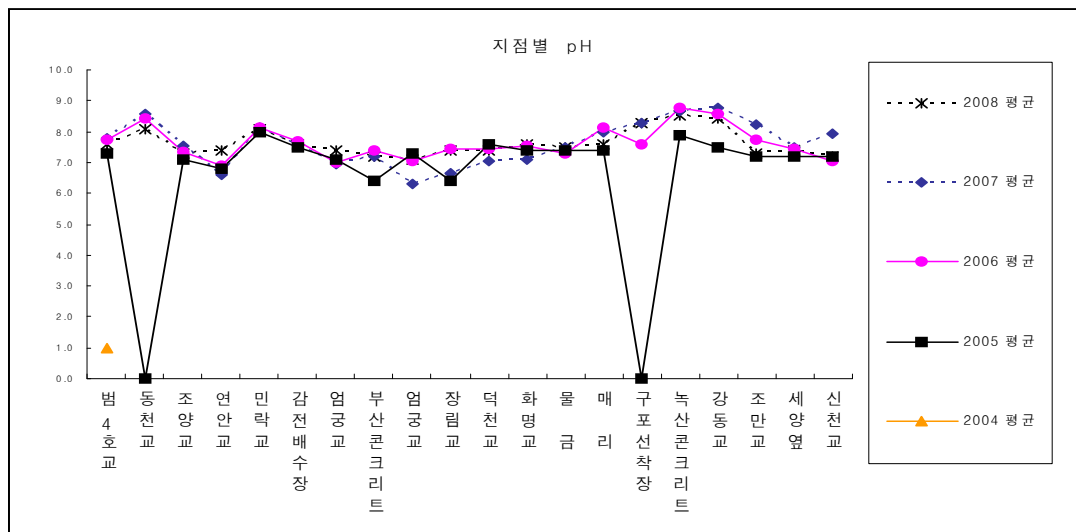


그림 44. 하상퇴적물 지점별 pH 변화

7. 결론

부산지역의 12개 하천 20개 지점과 수영만 요트경기장 1개지점의 하상퇴적물 오염도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 동천과, 온천천의 경우 지속적인 하천정비 사업이 실시되고 있어 중금속 오염도가 점차적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으나, 지점에 따라 증,감을 반복하는 경우가 있어 오염상태

의 지속적인 모니터링이 필요하다 하겠다.

- 수영천의 조양교지점이 전년도 대비 구리, 납 등 오염도가 증가하는 경향을 보이고 있고, 지점도 오염도가 다소 증가하고 있어 구청의 소하천 정비사업 및 하수관로의 확충이 필요하다 하겠다.
- 토양오염우려기준 나지역(Zn : 800 mg/kg)에 준하여 2008년도 평균 중금속 오염도 비교시 초과 항목은 아연으로 나타났으며, 초과 지점은 공업지역에 위치한 감전수로의 부산콘크리트 옆다리 엄궁교(감), 장림유수지의 장림교 지점으로 아연 농도는 각각 1,190.750 mg/kg, 2,753.750 mg/kg, 1,146.875 mg/kg으로 나타났다.
- 낙동강 퇴적물의 중금속 농도는 하수차집관거 설치, 지천의 수질 개선 등으로 전반적으로 오염도가 감소한 것으로 나타났으나 서낙동강의 구리, 아연 농도는 전년 대비 소폭 증가한 것으로 나타났다.
- 기타지역인 좌광천의 (주)세양옆다리, 수영만 요트경기장지점은 타 하천지역에 비해 중금속 오염도가 낮게 나타났으며 특히, 요트경기장지점은 하천 20개지점 대비 아연, 망간의 오염도가 최저치를 나타내었다.
- 6가 크롬은 1999년부터 2005년 현재까지 불검출로 나타나 6가크롬에 의한 오염은 없는 것으로 사료되며, 수소이온농도는 감전수로의 엄궁교 지점이 연평균 7.2로 최소값을 나타내었다.
- 유기물함량은 공업지역에 위치한 감전수로 엄궁교지점이 22.8%, 부산콘크리트 옆다리지점이 22.4%로서, 타 지점에 비해 상당히 높았으며 유기물 오염 등으로 인하여 하상퇴적물의 성상이 슬러지화 된 상태이므로 준설이 시급한 것으로 나타났다.