

부산지역의 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(2007년 1월~2007년 12월(분기1회))

3. 조사지점(12개하천 20개지점, 수영만 요트경기장)

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

4. 조사 대상 및 항목

12개 하천 20개 지점과 수영만 1개지점 하상퇴적물 9개 항목 : Cu, Cd, Pb, Zn, Mn, Cr⁶⁺, Hg, pH, 유기물함량

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
(1)의 전처리 시료 10 g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1 N 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.

□ 6가 크롬

(1)의 전처리 시료 10 g을 정밀히 취하여 삼각플라스크에 넣고 0.1 N 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 Atomizer MA-1)로 분석하였다.

□ 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.

□ 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℃의 전기로 안에서 3시간 강열 후 측정하였다.

6. 조사결과

□ 2007년 하상퇴적물 오염도 현황

(단위 : mg/kg)

하천명	지 점 명	pH	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr ⁺⁶	유기물 함량(%)
동 천	범4호교	7.6	7.059	0.434	3.32	124.225	118.575	0.0414	0.00	15.4
	동천교	8.1	0.175	0.234	0.06	7.145	89.650	0.0158	0.00	9.6
수영천	조양교	7.3	0.250	0.291	1.32	422.813	198.050	0.0597	0.00	19.5
	연안교	7.4	15.155	0.419	4.61	88.625	113.375	0.0084	0.00	8.2
	민락교	8.1	0.255	0.198	0.04	22.950	34.375	0.0889	0.00	8.9
삼락천	감전배수장	7.6	1.256	0.256	0.55	216.400	186.500	0.1452	0.00	15.9
학장천	엄궁교	7.4	9.940	0.491	7.05	209.500	143.850	0.0270	0.00	12.1
감전천	부산콘크리트 옆다리	7.2	0.658	0.176	0.23	1213.125	140.900	0.1749	0.00	30.4
	엄궁교	7.1	1.599	1.164	5.28	2698.125	103.550	0.3909	0.00	25.7
장림천	장림교	7.4	9.995	0.940	29.83	1086.250	242.000	0.1647	0.00	13.4
덕천천	덕천교	7.4	6.949	0.169	5.65	62.175	116.725	0.0501	0.00	5.7
대전천	화명교	7.6	4.641	0.194	4.51	31.650	156.775	0.0343	0.00	2.2
낙동강	물금	7.5	1.336	0.108	1.30	9.525	63.100	0.0052	0.00	3.5
	매리	7.6	1.369	0.125	1.26	8.150	49.000	0.0080	0.00	7.7
	구포선착장	8.3	2.104	0.149	4.97	19.050	139.700	0.0149	0.00	1.7
서낙동강	녹산콘크리트옆	8.5	1.053	0.295	0.21	18.125	114.225	0.0114	0.00	4.7
	강동교	8.4	3.300	0.304	0.78	28.550	158.625	0.0120	0.00	2.3
	조만교	7.3	4.273	0.160	10.57	27.275	158.225	0.0071	0.00	1.9
좌광천	(주)세양옆다리	7.4	6.495	0.555	4.02	31.725	132.475	0.0049	0.00	9.5
회동댐상류	신천교	7.2	2.026	0.156	4.22	29.050	128.850	0.0070	0.00	1.8
수영만	요트경기장	8.1	0.328	0.348	0.02	3.261	25.275	0.0350	0.00	14.2

□ 지점별 중금속 오염도 추이

○ 동천

동천은 하천연장 4.9 km, 유역면적 31.1 km²로 그 중 2.8 km 구간이 복개되어 있는 도심의 주거 상가 지역을 흐르고 있는 하천이며 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 ⁺⁶	유기물함량 (%)
'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
'03 평균	5.093	0.109	6.04	83.000	75.478	0.0186	0.00	6.7

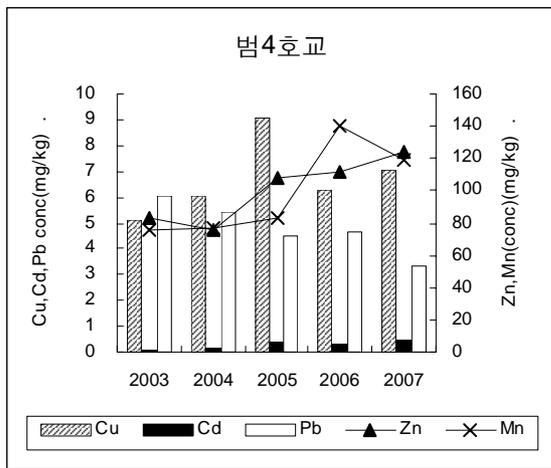


그림 1. 범4호교 연도별 중금속 오염도.

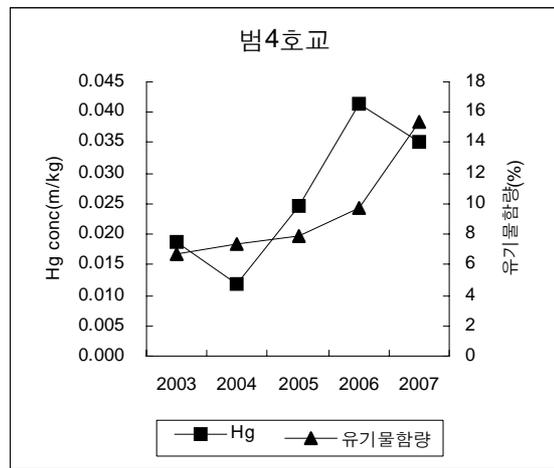


그림 2. 범4호교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 범4호교 지점의 중금속 오염도를 연도별 비교 조사한 결과 표 1, 그림 2에 나타낸바와 같이 구리가 2003년 5.093 mg/kg에서 2007년 7.059 mg/kg, 카드뮴이 0.109 mg/kg에서 2007년 0.343 mg/kg, 아연이 83.000 mg/kg에서 124.225 mg/kg로서, 증가 추세를 나타내었고, 납이 2003년 6.04 mg/kg에서 2007년 3.32 mg/kg, 망간이 218.200 mg/kg에서 83.092 mg/kg으로 중금속 오염도가 감소한 것으로 나타났다.

표 2. 동천교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr ⁺⁶	유기물함량 (%)
'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	-	-	-	-	-	-	-	-
'03 평균	10.985	0.493	8.85	150.000	93.788	0.0186	0.00	8.3

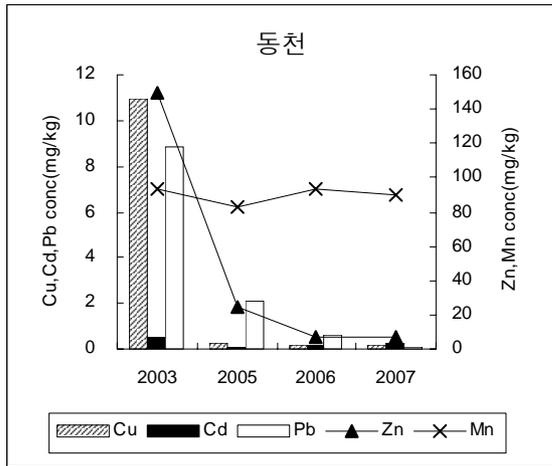


그림 3. 동천교 연도별 중금속 오염도.

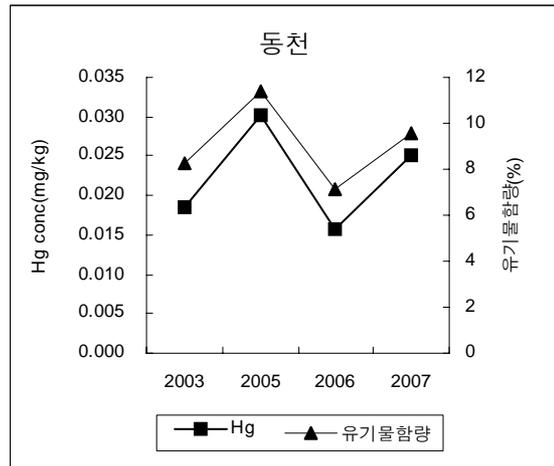


그림 4. 동천교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

- ▶ 동천교는 상류의 범4호교 지점보다 중금속 오염도가 전체적으로 다소 낮았으며, 그림 3에서 연도별로 중금속 오염도의 추이를 살펴본 결과 구리의 오염도가 2003년 10.985 mg/kg, 2007년 0.175 mg/kg으로 큰폭으로 낮게 나타났으며, 조사 전 지점에서 구리 농도가 최소값을 나타내었다.
- ▶ 납, 아연농도 또한 감소하는 추세를 나타내었으며, 수은은 2003년 이래 연평균농도가 0.0158 mg/kg에서 0.025 mg/kg 범위 내에서 증가와 감소를 반복하였는데, 1996년도 이후 매년 오염도가 감소하고 있는 추세이며, 이는 차집관로 설치 등 하수관거정비 및 하천준설 등 하천정비와 특히 1998년 4월부터 가동을 개시한 남부하수처리장이 수질 개선에 많은 역할을 수행하고 있다.

○ 수영천

수영천의 하천연장은 19.2 km이며, 유역면적은 199.9 km²로 수영천의 조사지점으로는 석대천과 합류하는 조양교, 온천천의 연안교, 수영강 하류의 민락교 3개 지점을 조사하였다.

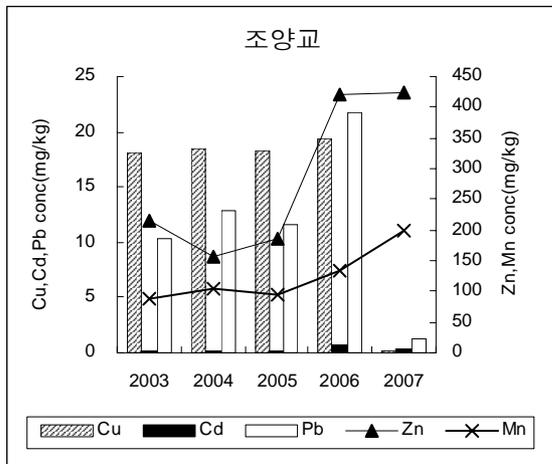


그림 5. 조양교 연도별 중금속 오염도.

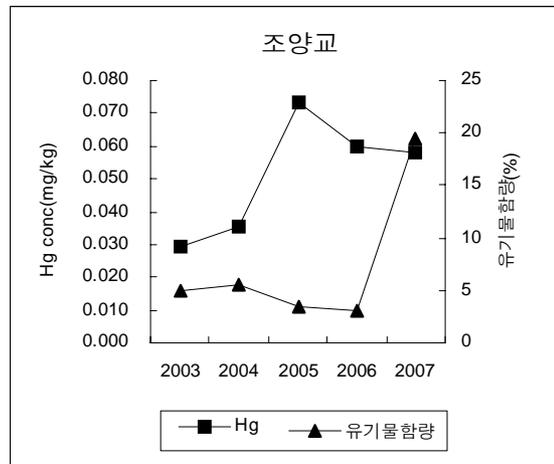


그림 6. 조양교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

- ▷ 조양교의 중금속 농도 변화를 그림 5에 나타낸바와 같이 2006년 망간의 중금속 오염도가 134.875 mg/kg에서 2007년 198.050 mg/kg으로 증가하는 양상을 나타내었지만, 구리가 19.469 mg/kg에서 0.250 mg/kg으로, 카드뮴이 2006년 0.730 mg/kg에서 2007년 0.291 mg/kg, 납이 21.72 mg/kg에서 1.32 mg/kg로서 오염도가 전반적으로 개선된 것으로 나타났는데, 이는 지속적인 하천정비사업 및 '97년 이후 일선 구청의 소하천 정비사업 및 하수관로의 확충 등의 복합적인 영향으로 중금속 오염도가 지속적으로 감소하는 추세를 보이고 있다.
- ▷ 연안교는 수영강의 총 유역면적 가운데 27.7%를 차지하는 온천천에 위치한 지점으로 온천천은 여러 지류들과 합류하여 수영강으로 흘러든다.

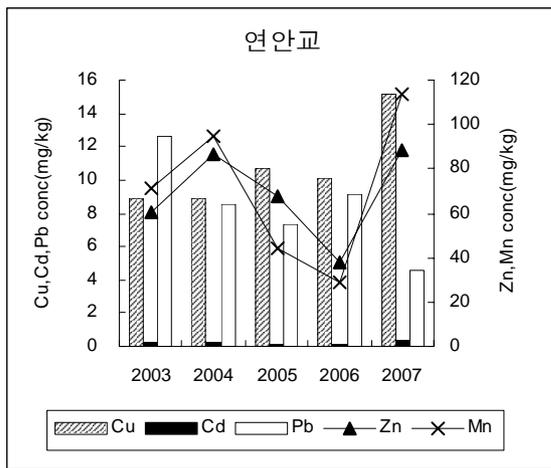


그림 7. 연안교 연도별 중금속 오염도.

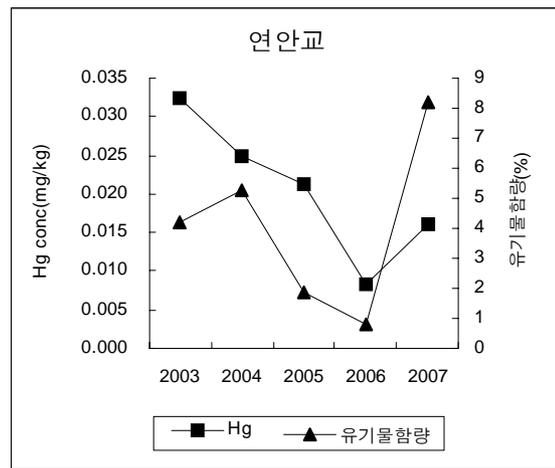


그림 8. 연안교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

납의 경우 2006년 9.13 mg/kg에서 2007년 4.61 mg/kg으로 감소하였고, 구리의 경우 2003년 8.922 mg/kg에서 2007년 15.155 mg/kg으로, 2003년 아연은 60.818 mg/kg에서 2007년 88.625 mg/kg으로 망간은 2003년 70.994 mg/kg에서 2007년 113.375 mg/kg으로 증가하였으며, 유기물함량은 2003년 이후 감소추세를 보인다 2007년 다소 증가하였다.

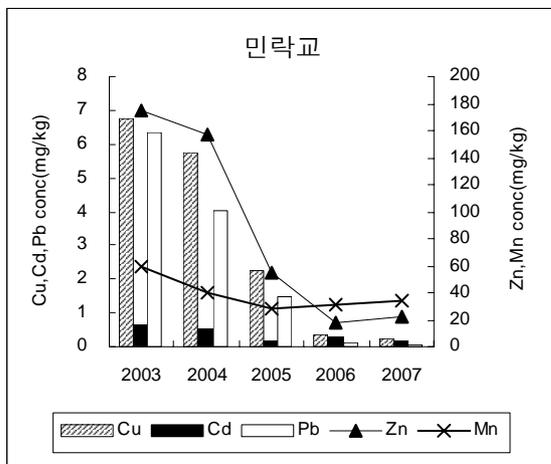


그림 9. 민락교 연도별 중금속 오염도.

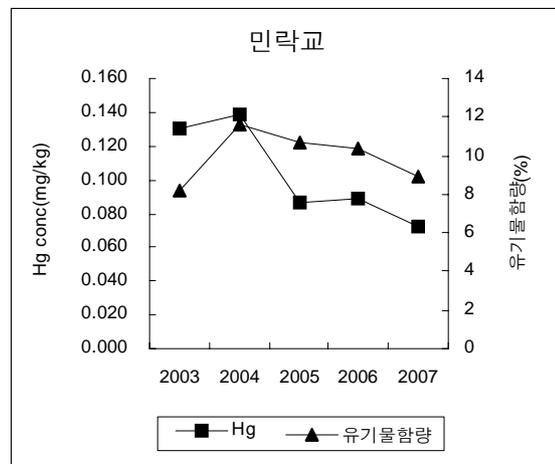


그림 10. 민락교 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

- ▷ 수영천의 하류지점인 민락교의 중금속 오염도 분포는 그림 9에 나타낸바와 같이 2003년 이후 2007년까지 크게 개선되는 추세를 보이고 있으며, 거의 모든 항목이 감소하는 양상을 나타내고 있는데, 납 및 망간은 조사 전지점 중 최소값을 나타내었다.

○ 삼락천

- ▷ 감전수로는 사상구 패법동에서부터 엄궁유수지까지 약 2.5 km길이로 평균폭 35미터, 면적 7.8 km²을 차지한다. 자연 유수량은 거의 없으며 주변은 전용공업지역으로 소규모 금속, 정비, 세차업소 등에서 배출되는 폐수를 엄궁 유수지까지 운반하는 수로기능을 하며, 엄궁 유수지에 모인 후 차집관로를 통해 장림하수 처리장에서 처리되고 있다. 조사 지점으로는 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.
- ▷ 삼락천의 삼락수로 하천준설공사 이후 2007년도 카드뮴과 아연의 연평균 농도가 각각 0.2562 mg/kg, 216.400 mg/kg을 나타내어 망간을 제외 한 전항목 오염농도가 현저하게 감소하여 준설을 통한 하천 환경 개선 효과를 보고 있다.

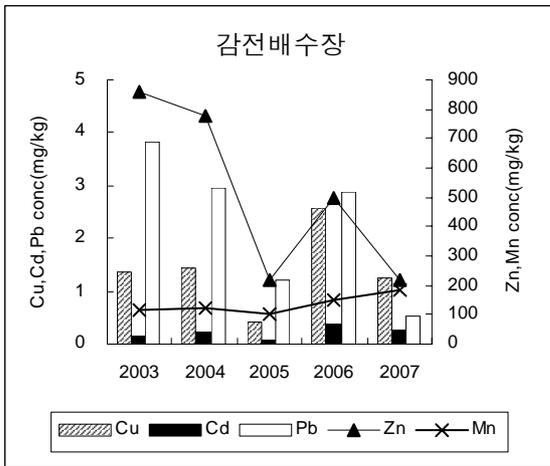


그림 11. 감전배수장 연도별 중금속 오염도.

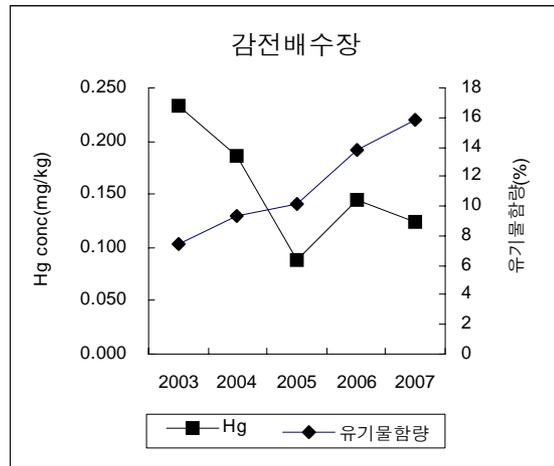


그림 12. 감전배수장 연도별 수은 오염도 및 유기물함량.

○ 학장천

학장천은 주례동에서 엄궁동까지 약 5.35 km 길이로 평균폭 30미터, 면적 19.42 km²을 차지하며, 주변은 새로운 아파트 단지가 조성되어 공장폐수가 유입되는 경우는 적고 생활오수가 대부분을 차지하며, 매년 오염도가 다소 감소하는 경향을 보이는데, 가정으로부터의 유기물부하량 감소에 의한 것으로 생각된다. 하천 주변은 대부분 주거 및 상업시설이며 공업시설이 있고 생활하수가 주 오염원이며 엄궁유수지에서 차집되어 장림하수처리장으로 이송된다.

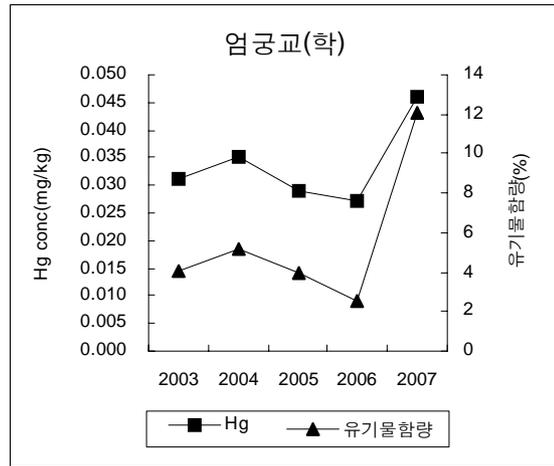
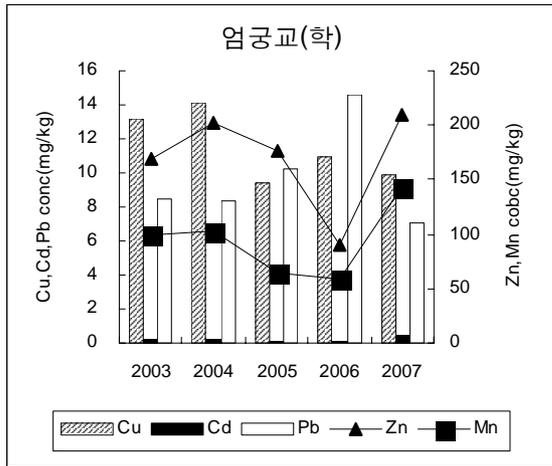


그림 13. 업공교 연도별 확장천 중금속 오염도.

그림 14. 업공교 연도별 확장천 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 확장천 업공교 지점의 경우 전년도와 유사하거나 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. 구리의 경우 2006년 10.995 mg/kg에서 2007년 9.940 mg/kg으로 비슷한 경향을 나타내었고, 납의 경우 2006년 14.56 mg/kg에서 2007년 7.05 mg/kg로 다소 감소하였으나, 아연은 89.850 mg/kg에서 120.200 mg/kg으로 망간은 59.300 mg/kg에서 143.850 mg/kg으로, 카드뮴은 0.155 mg/kg에서 0.491 mg/kg로 다소 증가하는 경향을 나타내었다.

○ 감전천

감전천의 감전수로는 감전유수지앞 ‘해표사료’ 앞에서부터 업공유수지까지 약 2.5 km 구간의 수로로서, 하수관거 정비가 거의 완료된 삼락수로와 달리 오·우수 합류 하수로의 역할을 해 오고 있으며, 지역 여건상 산업폐수가 주를 이룬다. 감전천은 사상공단 일대의 소규모 급속·정비·세차 시설 등에서 배출되는 하수를 업공유수지까지 운반하는 하수로이고, 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 ⁺⁶	유기물함량 (%)
'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
'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	1095.250	90.700	0.3450	0.00	9.6
'03 평균	14.241	0.325	12.61	1045.500	64.676	0.4250	0.00	7.1

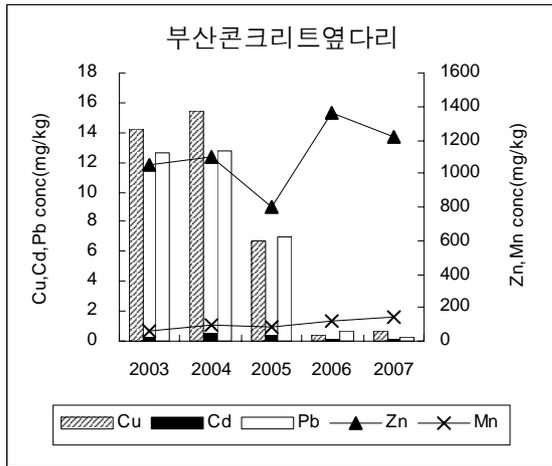


그림 15. 부산콘크리트댐다리 중금속 오염도.

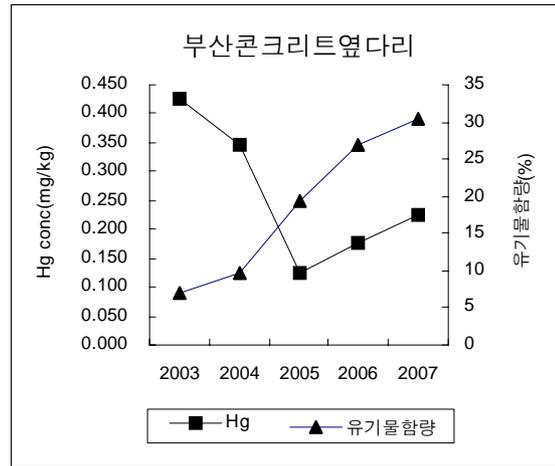


그림 16. 부산콘크리트댐 다리 수은 오염도 및 유기물함량.

- ▷ 부산콘크리트댐 다리 지점의 2003년부터 2007년 까지 5년간의 중금속 오염도 추이를 표 3, 그림 15, 그림 16에서 나타내바 망간은 2006년 114.725 mg/kg에서 2007년 140.900 mg/kg으로 완만하게 증가하는 추세를 계속하고 있으며, 수은 또한 2005년 0.124 mg/kg에서 2007년 0.2260 mg/kg으로 증가하는 양상을 나타내었다.
 - ▷ 아연의 경우 2006년 평균 농도가 1362.250 mg/kg으로 토양오염우려기준(나지역 : 800 mg/kg)과 비교하였을 때 초과한 것으로 나타나 아연의 오염이 심각한 수준으로 나타났다으나, 2007년에는 1213.125 mg/kg로서 다소 감소하였다.
 - ▷ '97년 이후 소하천 정비와 하수관로시설 확충 등으로 중금속 농도가 큰 폭으로 감소하는 등 긍정적인 추세를 보이는 듯 했으나, 2003년 이후 중금속 오염도가 증가 후 2007년 까지 증감을 반복하고 있다.
- 이 지점의 유기물함량은 2007년도 평균 농도 30.4%를 나타내고 있는데, 조사 전지점 중 최대치를 나타내었으며, 부산콘크리트댐다리 지점의 하상 퇴적물은 산업 폐수에 의한 심각한 중금속 오염과 더불어 유기물 오염 등으로 슬러지화된 상태라고 볼 수 있다.

표 4. 엄궁교(감) 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량 (단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr ⁺⁶	유기물함량 (%)
'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
'05 평균	0.863	0.213	2.51	1452.457	53.904	0.1845	0.00	17.2
'04 평균	7.531	0.315	3.04	1038.250	111.400	0.2243	0.00	19.34
'03 평균	16.744	0.201	2.73	695.000	140.070	0.2454	0.00	19.0

- ▷ 감전천 엄궁교 지점의 2003년부터 2007년까지 5년 동안의 중금속 오염도 추이를 표 4 및 그림 17, 그림 18에서 살펴보면, 망간의 경우 2006년 75.325 mg/kg에서 2007년 103.550 mg/kg으로 다소 증가 하였으나, 카드뮴의 경우 2007년 1.164 mg/kg, 아연

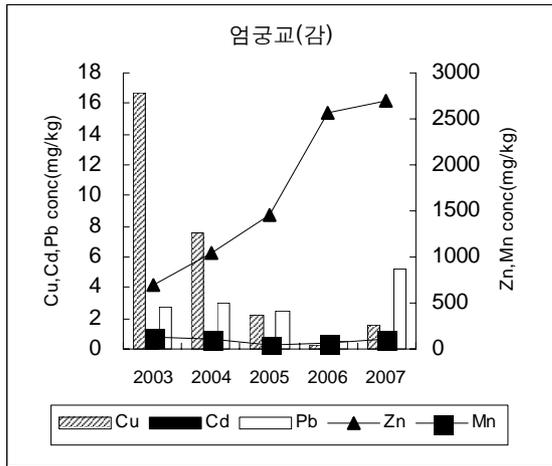


그림 17. 업공교 감전천 중금속 오염도.

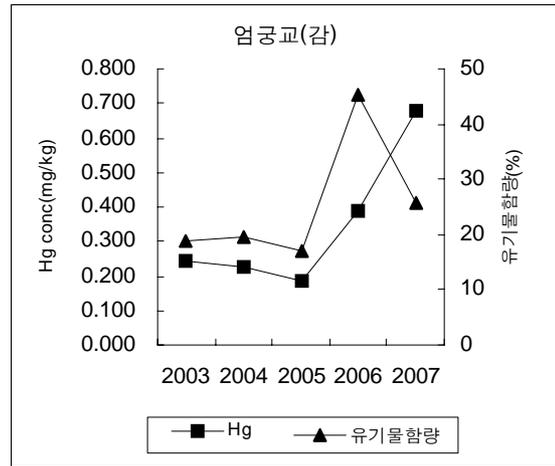


그림 18. 업공교 감전천 수은 오염도 및 유기물함량.

2698.125 mg/kg, 수은 0.6760 mg/kg의 농도로 조사 전지점 중 최고치를 나타내었다. '97년도 말부터 시행된 소하천 정비계획 및 하수관로 시설의 확충으로 중금속 오염도가 급격히 감소했었지만, 그 후 2000년부터 카드뮴, 납, 망간, 수은의 오염도가 큰 폭으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

- ▷ 2007년 아연 평균 농도를 토양오염우려기준(나지역 : 800 mg/kg)과 비교하였을 때 오염도를 초과한 것으로 나타나 아연 오염이 심각한 수준으로 나타났다. 아연은 도금, 도료, 도장, 염색공정, 전자 공업 등에서 배출되는데, 감전천 인근의 중·소 공장에 의한 폐수 방류 혹은 무단 배출에 의한 오염이 주된 이유라고 사료되는 바, 주변 산업체에 대한 지속적인 지도 단속이 요망된다.

○ 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 증가하는 양상을 나타내고 있다.

표 5. 장림교 연도별 중금속 오염도 및 유기물함량

(단위 : mg/kg)

항 목	Cu	Cd	Pb	Zn	Mn	Hg	Cr ⁺⁶	유기물함량 (%)
'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
'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	1129.500	139.675	0.0941	0.00	15.9
'03 평균	8.735	0.790	30.80	764.750	137.723	0.1250	0.00	8.8

- ▷ 장림교 지점의 중금속 오염도를 표 5, 그림 19, 그림 20에 나타내었는데, 전체적으로 중금속의 오염도가 심각하였으며, 지속적으로 증가하는 추세를 나타내고 있다.

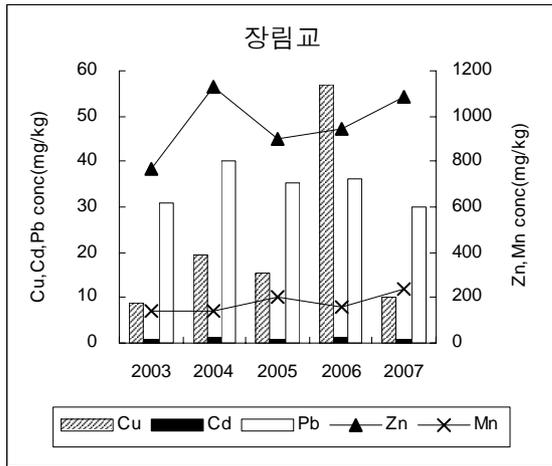


그림 19. 장림교 중금속 오염도.

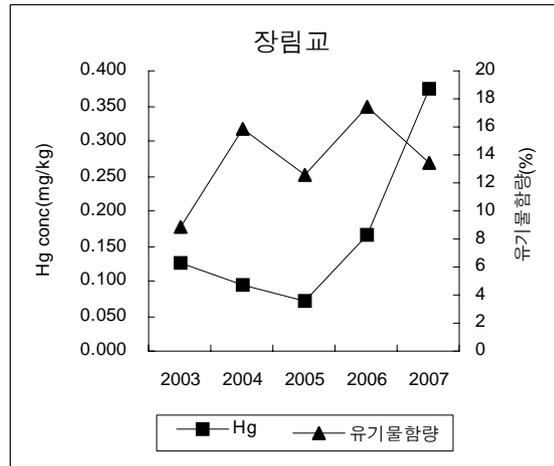


그림 20. 장림교 수은 오염도 및 유기물함량.

카드뮴의 경우 2005년 1.276 mg/kg에서 2007년 0.940 mg/kg으로 다소 감소하였으나, 수은은 2006년 0.1647 mg/kg에서 2007년 0.3740 mg/kg으로 증가하였다.

- ▷ 납의 경우 2003년 이후 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으나, 2007년 29.83 mg/kg 으로서 조사 전 지점중 최고치를 나타내었고, 망간은 2006년 161.675 mg/kg에서 2007년 242.000 mg/kg으로 역시 최고치를 나타내어 장림교 지점의 중금속 오염도가 심각하다는 것을 알 수 있다.
- ▷ 아연의 경우 2005년 899.750 mg/kg으로 다소 감소한 이후 2007년 1086.250 mg/kg 으로 증가하였는데 이 지점 역시 감전천과 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.

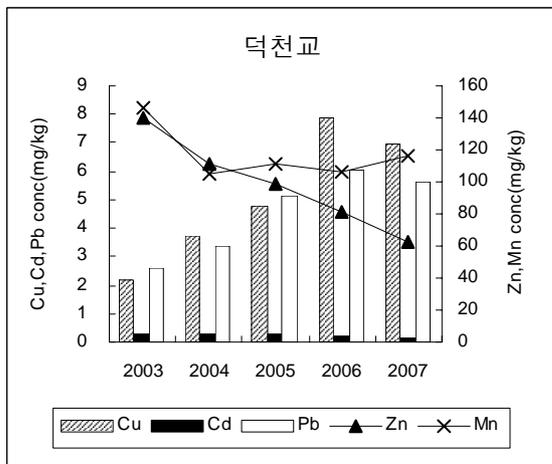


그림 21. 덕천교 중금속 오염도.

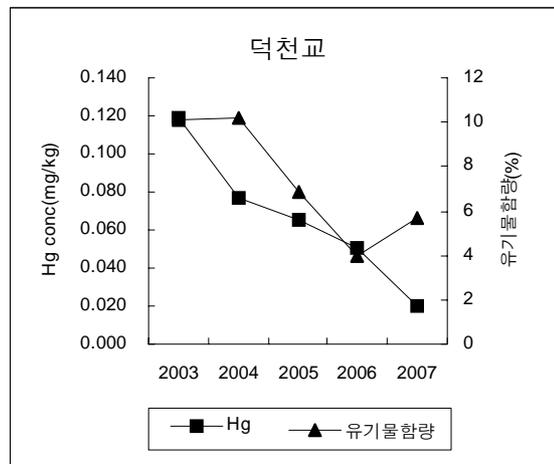


그림 22. 덕천교 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 덕천교 중금속 오염도는 그림 21에 나타낸 바와 같이 구리가 2003년 2.168 mg/kg에서 2007년 6.949 mg/kg로서 지속적으로 증가하고 있지만, 카드뮴은 2005년 이후 완만한 감소추세를, 납 또한 전년도 6.08 mg/kg에서 2007년 5.65 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, 유역면적 16.4 km²를 차지하는 하천으로 자연수의 유입량이 많아 수질 상태가 양호하고 하천의 자정력도 비교적 유지되고 있다.

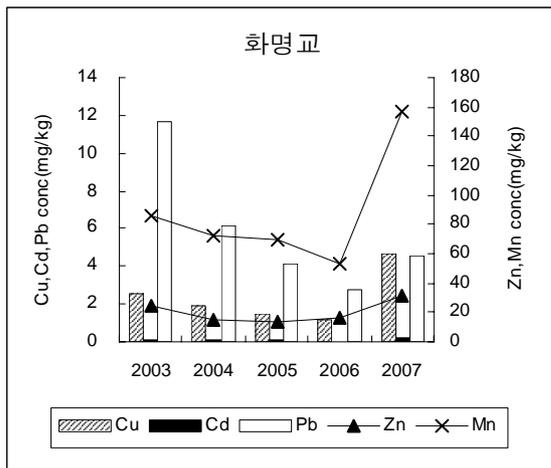


그림 23. 화명교 중금속 오염도.

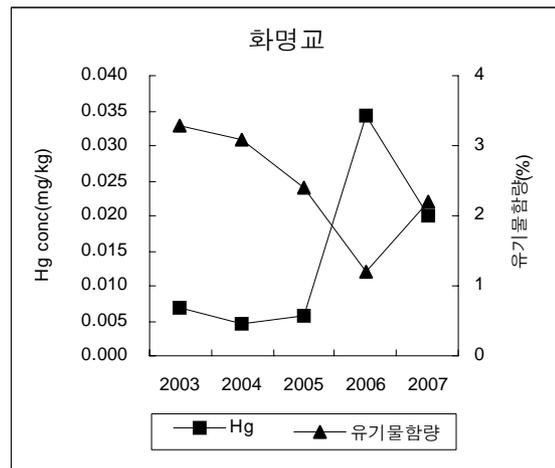


그림 24. 화명교 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 화명교 지점의 저질 시료는 유기물의 혐기성 분해에 의한 짙은 색의 저질이 아닌 자연토와 같은 황색을 띄고 있었다. 망간의 경우 2003년 이후 감소추세를 보이다가, 2006년 53.225 mg/kg에서 2007년 156.775 mg/kg로 다소 큰폭의 증가세를 보이고 있으며, 아연의 경우도 전년도 대비 다소 증가하였다.

○ 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 수도물을 공급하는 우리시의 상수원이므로 그 용도상 외부 오염원으로부터 차단되어야 한다.

물금 지점은 부산시 북구, 동래구, 연제구, 해운대구 등에 1일 약 30만톤의 수도물을 공급하는 부산의 주요 상수원 취수지점의 하나이다. 이 지점은 외부의 오염으로부터 차단되어 있어 하상퇴적물의 오염도는 양호한 수준을 나타내고 있다.

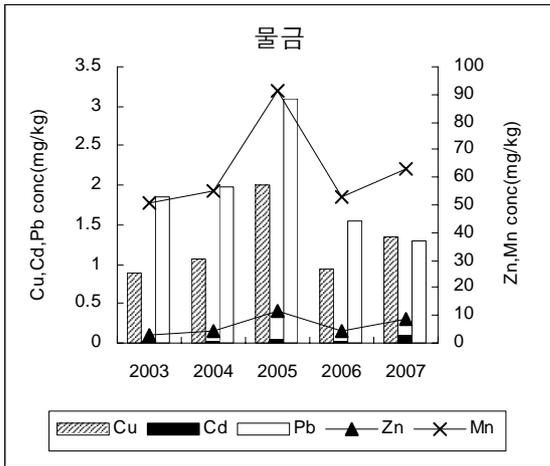


그림 25. 물금 중금속 오염도.

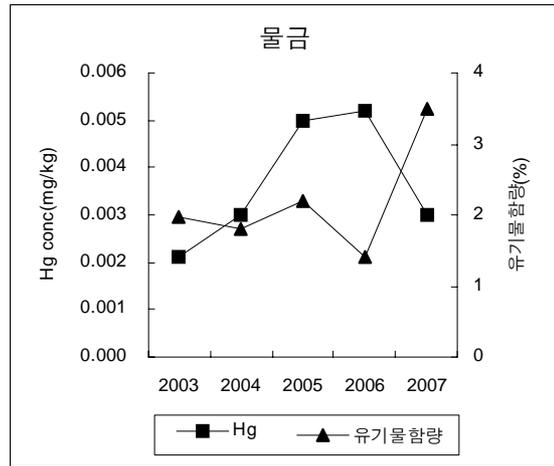


그림 26. 물금 수은 오염도 및 유기물함량.

- ▷ 구리의 경우 2003년 이후 0.886~1.336 mg/kg, 카드뮴은 0.014~0.108 mg/kg, 납은 1.55~3.09 mg/kg의 범위를 나타내고 있는데, 카드뮴 및 수은농도가 조사 전 지점 중 최소값을 나타내었다.
- ▷ 토양 내에서의 정상적인 구리 함량은 거의 20 ppm, 지각(crust)중의 카드뮴 농도는 평균 0.15 ppm, 납은 13 ppm, 망간은 100~4000 ppm, 수은은 평균 0.08 ppm 정도 함유되어 있다고 한다. 이런 점을 감안할 때 물금지점의 저질 내 중금속 농도는 물금지역 토양의 지역적 특성에 기인한 것이라고 볼 수 있다.

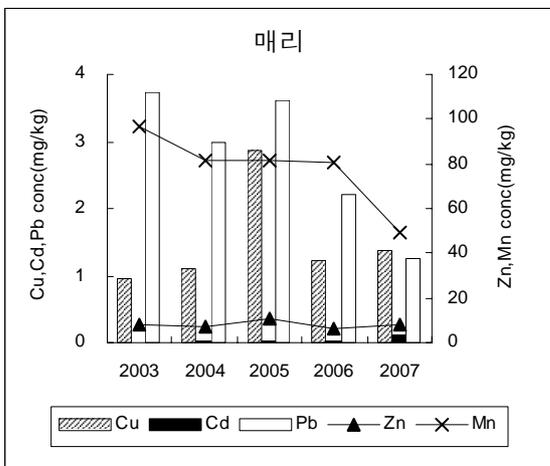


그림 27. 매리 중금속 오염도.

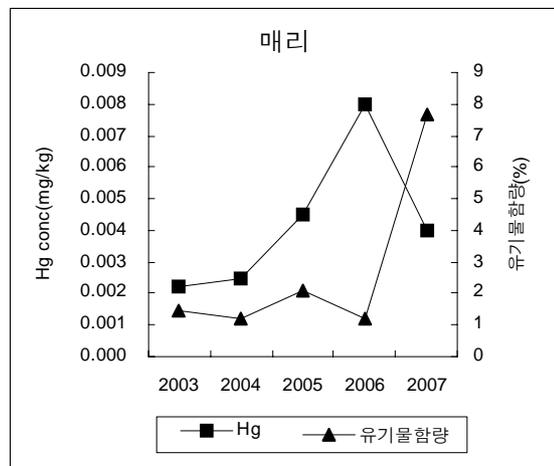


그림 28. 매리 수은 오염도 및 유기물함량.

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

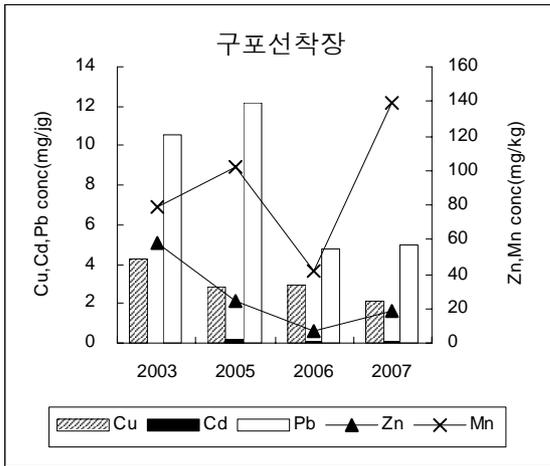


그림 29. 구포선착장 중금속 오염도.

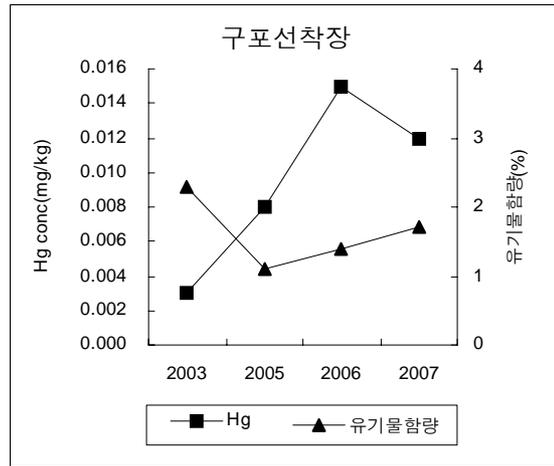


그림 30. 구포선착장 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 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.

망간은 2005년 41.933 mg/kg에서 2007년 139.700 mg/kg으로 큰폭으로 증가하였고, 아연도 전년 대비 소폭 증가하였지만 남은 유사한 양상을 보이고 있다.

▷ 유기물함량은 조사 전 지점 중 최소치를 나타내었다.

○ 서낙동강

서낙동강은 낙동강 권역의 서낙동강 수계에 속하며, 유로연장 26.4 km, 하천연장 18.55 km, 유역면적 285.08 km²이다. 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.

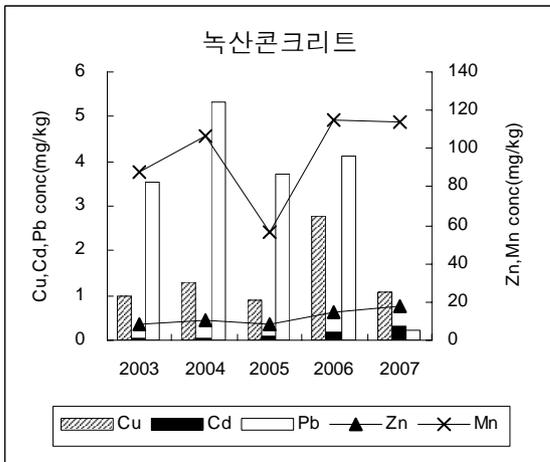


그림 31. 녹산콘크리트 중금속 오염도.

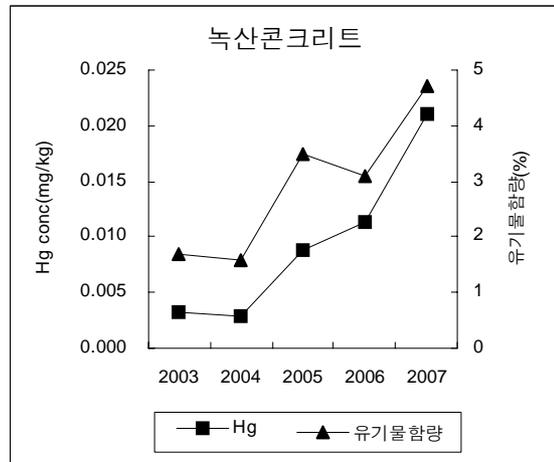


그림 32. 녹산콘크리트 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 서낙동강의 조사지점은 중하류지역인 강동교, 조만교, 하류지역인 녹산콘크리트댐 지점 등 3개지점을 조사하였다. 녹산콘크리트 지점은 카드뮴과 수은을 제외한 중금속 농도가 전반적으로 2003년부터 2007년까지 감소하였다. 구리의 경우 2006년 2.756 mg/kg으로 연도별 평균 중 가장 높은 수치를 보였는데, 2007년 1.053 mg/kg으로 다소 감소하였다.

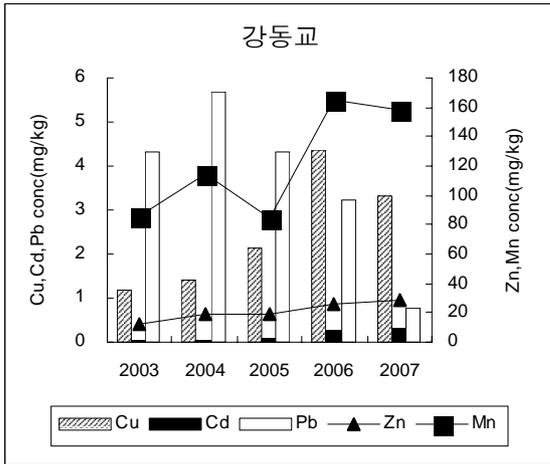


그림 33. 강동교 중금속 오염도.

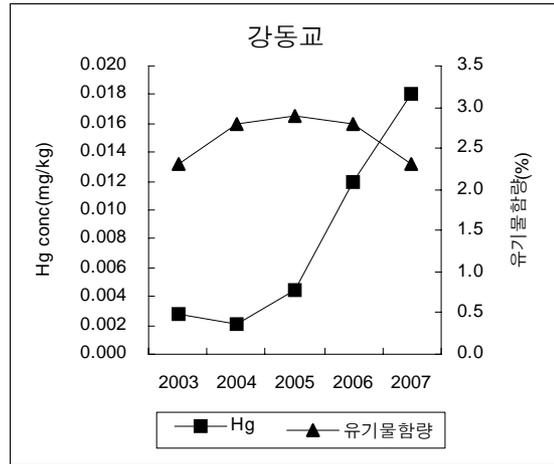


그림 34. 강동교 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 그림 33은 강동교 지점의 연도별 중금속 오염도를 나타낸 것으로 2003년부터 2007년까지 오염도가 증가하는 경향을 보이고 있지만, 중금속 오염도는 양호한 편이다. 유기물 함량은 2.3%~2.9%로 비교적 일정한 수치를 보이고 있다.

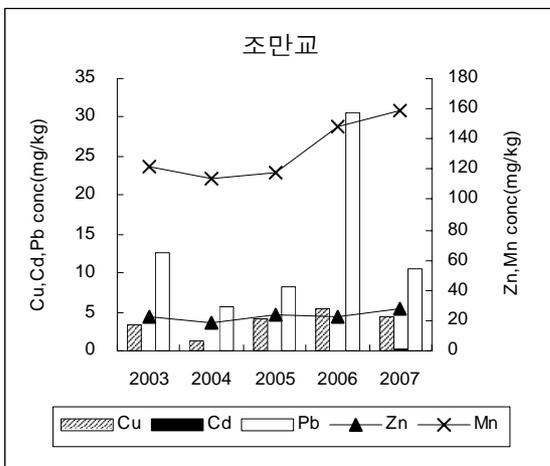


그림 35. 조만교 중금속 오염도.

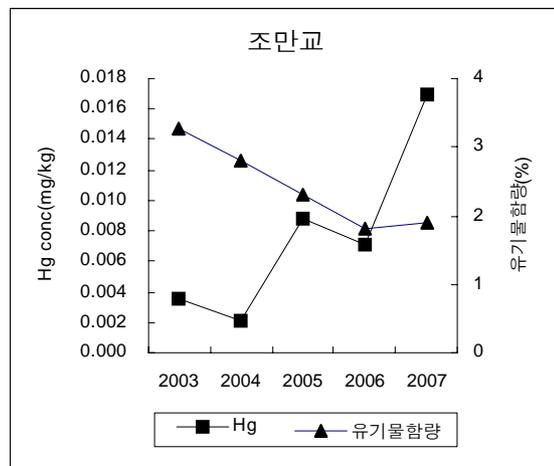


그림 36. 조만교 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 서낙동강 조만교 지점의 연도별 하상퇴적물의 중금속오염도 분포는 그림 35에 나타낸바와 같이 납이 2006년 30.70 mg/kg에서 2007년 10.57 mg/kg으로 감소하는 경향을 나타내고 있으며, 망간은 2003년 121.939 mg/kg이후 2007년 158.225 mg/kg로 계속 증가하는 추세를 나타내며, 아연, 구리함량은 거의 일정한 농도를 보이고 있다.

▷ 2007년 수은의 농도가 0.0170 mg/kg으로 크게 증가하였으나, 우리나라 논토양에서의 자연함유량이 0.09 ppm임을 감안할 때 우려할 만한 수준은 아니라고 사료된다. 그림 36에 나타난 조만교 지점의 유기물함량은 1.8%~2.8%로 비슷한 수치를 보이고 있다.

○ 좌광천

좌광천은 기장군 병산리에서 시작하여 하천연장은 14.5 km, 유역면적은 45.2 km²에 이르는 하천으로 정관면의 중앙을 동류하다가 동해로 흘러든다.

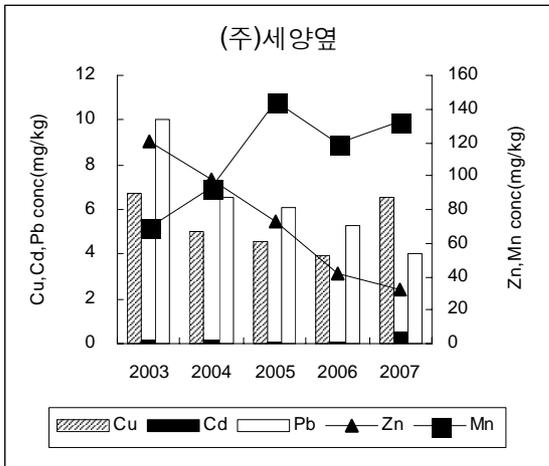


그림 37. (주)세양 염 중금속 오염도.

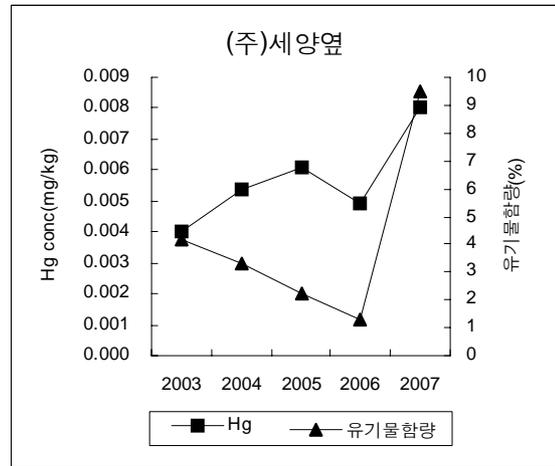


그림 38. (주)세양 염 수은 오염도 및 유기물함량.

▷ 그림 37에서 (주)세양염 지점의 중금속 연도별 오염도를 보면 구리의 경우 2003년 6.706 mg/kg이후 2007년 6.495 mg/kg를 나타내면서 완만한 증가와 감소를 반복하고 있으며, 카드뮴은 2006년 0.100 mg/kg에서 2007년 0.555 mg/kg로서 다소 증가하였고, 납은 감소추세를 보이고 있으며, 아연은 2003년 이후 지속적인 감소추세를 보이고 있다.

▷ 망간의 경우 2005년 144.525 mg/kg으로 증가한 후, 2006년까지 감소하다가 2007년 다시 증가 하는 양상을 나타내고 있다.

그림 38에 나타난 유기물함량은 2006년 1.3%에서 2007년 9.5%로 증가하는 경향을 나타내어 유기물함량이 다소 높게 나타나, 지속적인 주변 환경관찰이 요구된다.

○ 회동댐 상류

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

□ 6가크롬(Cr⁺⁶)

6가크롬은 1999년도부터 분석하기 시작하여, 2007년도 현재 까지 전 지점에서 불검출로 나타나 부산지역 하천의 하상퇴적물은 6가크롬에 의한 오염은 되지 않은 것으로 보인다.

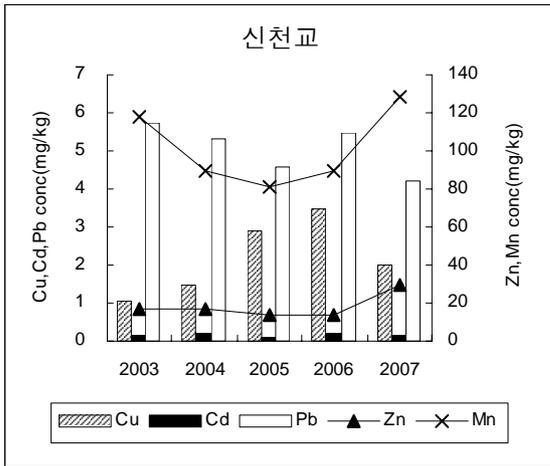


그림 39. 신천교 중금속 오염도.

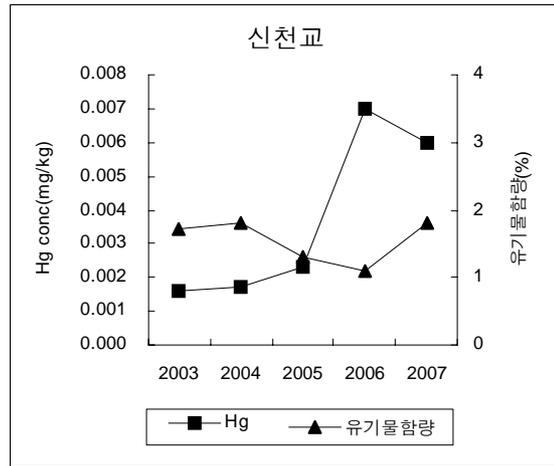


그림 40. 신천교 수은 오염도 및 유기물함량.

6가크롬 화합물은 크롬 화합물 가운데 3산화크롬, 크롬산염, 중크롬산염이 해당되는데 수환경에서는 주로 크롬산염(chromate)의 형태로 존재하는데 매우 불용성이기 때문에 자연수 중에는 거의 침출되지 않는다.

○ 수소이온농도(pH)

부산시내 하상퇴적물의 2003년~2007년도별 pH 변화를 그림 41에 나타내었는데, 감전천의 엄궁교지점이 연평균 7.1로 최소값을 나타내었으며, 낙동강 녹산콘크리트 지점에서 연평균 8.5로 최대값을 나타내었다.

전 지점이 유사한 것으로 나타났으나, 덕천천의 덕천교, 장림천 장림교 지점과 수영천의 연안교 지점은 전년도에 비하여 다소 높게 나타났다.

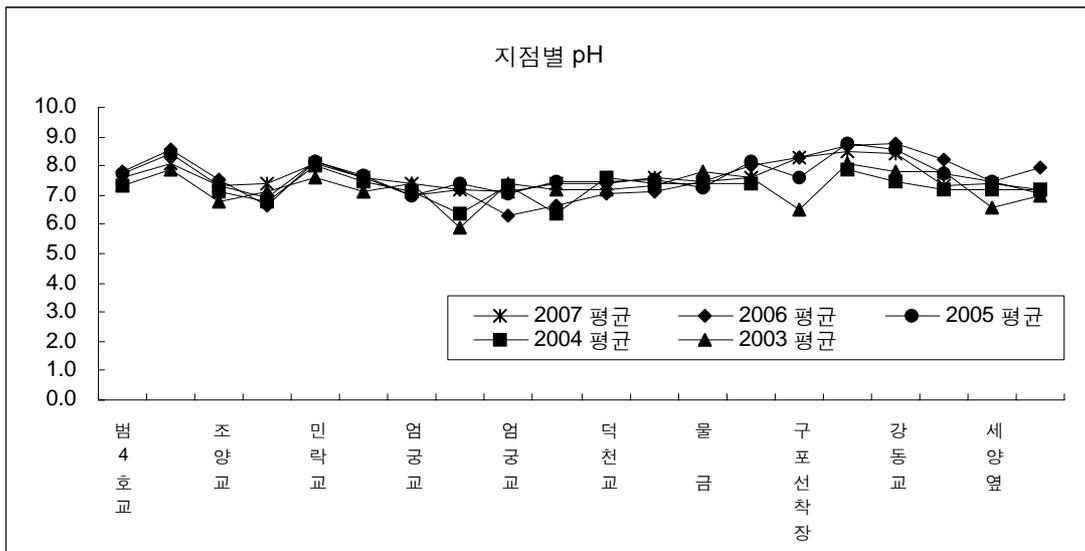


그림 41. 하상퇴적물 지점별 pH 변화.

7. 결론

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

- 하천 정비 사업이 추진 중인 동천과, 온천천의 경우 중금속 오염도 추이를 연도별(2003년~2007년)로 살펴본 결과 2003년 이후 중금속 오염도가 점차적으로 감소하는 경향을 나타내고 있으나, 지점에 따라 증, 감을 반복하는 경우가 있어 오염상태의 지속적인 모니터링 추진 및 정비사업이 필요하다 하겠다.
- 수영천의 조양교, 민락교는 전반적으로 오염도가 감소하는 경향을 보이고 있으나, 중류지역인 연안교지점은 생활하수 및 주변의 다양한 오염원에 의하여 전년도에 비해 오염도가 증가하였다.
- 6가 크롬은 1999년부터 2005년 현재까지 불검출로 나타나 6가크롬에 의한 오염은 없는 것으로 사료되며, 수소이온농도는 감전천의 엄궁교 지점이 연평균 7.1로 최소값을 나타내었다.
- 토양오염우려기준 나지역(Zn : 800 mg/kg)에 준하여 2007년도 평균 중금속 오염도 비교 시 초과 항목은 아연으로 나타났으며, 초과 지점은 공업지역에 위치한 감전천의 부산콘크리트 옆다리, 엄궁교, 장림천의 장림교 지점으로 아연 농도는 각각 1213.125 mg/kg, 2698.125 mg/kg, 1086.250 mg/kg으로 나타났다. 이는 하천 주변의 도금 등 금속제품제조업, 염료, 화학업종 등의 폐수의 방류 혹은 무단 방류에 의한 것으로 판단되며, 아연배출원에 대한 철저한 지도·단속 등 지속적인 관리가 요망된다.
- 2007년도 연평균 유기물함량은 공업지역에 위치한 감전천의 부산콘크리트 옆다리 지점 30.4%, 엄궁교 지점 25.7%, 장림교 지점 13.4% 등으로 타 지점에 비해 상당히 높았으며 유기물 오염 등으로 인하여 하상퇴적물의 성상이 슬러지화 된 상태이므로 준설이 시급한 것으로 나타났다.
- 낙동강, 서낙동강, 좌광천, 회동댐 상류 지점은 대부분 자연토양에 가까운 상태로 보이며, 하상퇴적물의 중금속 오염도가 낮게 나타났다.
- 기타지역인 좌광천의 (주)세양옆다리, 수영만 요트경기장지점은 하천지역에 비해 중금속 오염도가 낮게 나타났으며 특히, 요트경기장지점은 하천 20개지점 대비 납, 아연, 망간의 오염도가 최저치를 나타내었다.