

하천퇴적물 조사

○ 부산지역 하천의 퇴적물에 대한 오염상태를 파악하여 하천환경 관리대책 수립 및 퇴적물 법정기준 설정을 위한 기초자료 확보

1. 조사근거

- 시 환위 31811-32250(1986.12.23.), 시 환보 67407-20074(1999.01.18.)
- 폐기물분석과-158(2013.1.22).

2. 조사기간

- 2014년 1월 ~ 12월(반기1회)

3. 조사지점(10개 하천 15개 지점)

- 동천(범4호교, 범1호교), 수영강(신천교, 동천교), 온천천(연안교), 학장천(엄궁교), 덕천천(덕천교), 대천천(화명교), 낙동강(물금, 매리), 서낙동강(강동교, 동서교, 식만교), 좌광천((주)세양교), 화동담 상류(신천교), 지사천(인우교)

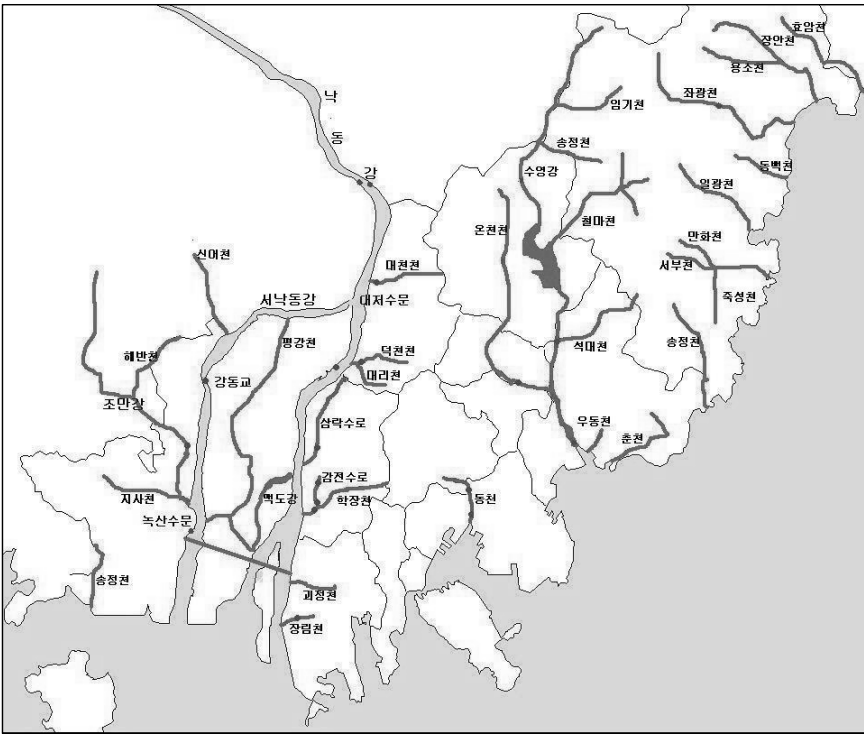


그림 1. 하천퇴적물 채취지점

4. 시료채취

퇴적물 매뉴얼의 표준작업 절차서를 따름

5. 조사 대상 및 항목

- 조사대상 : 10개 하천 15개 지점
- 조사항목(16개 항목) : 함수율, 연소가능량, COD, SRP, T-N, T-P, Cr, Cu, Zn, Al, As, Cd, Pb, Li, Ni, Hg.

6. 분석방법

- 분석용 시료 제조
 - 함수율, 완전연소 가능량, COD
플라스틱, 나무, 생물, 돌, 왕모래 등이 포함되지 않도록 채취한 시료 전량을 스텐레스스틸 수저로 고루 섞은 다음 2 mm 눈금의 체로 걸러 사용
 - T-N, T-P, SRP
직사광선이 닿지 않고 통풍이 잘되는 장소에서 자연 건조시킨 시료를 깨끗한 막자사발(유리, 석영, 마노제)을 이용하여 가볍게 눌러 부수어 2 mm 눈금의 체에 걸러 깨끗한 용기에 담아 보관하며, 보관용 시료를 곱게 분쇄하여 0.1 mm 눈금의 체질을 반복하여 시료의 80 % 이상이 체에서 빠져 나오도록 한 것을 분석용 시료로 사용
 - Al, Cr, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Li, Ni, Hg
풍건한 시료를 0.15 mm 체로 체질하여 분석용 시료로 사용
- 함수율(%)
시료를 105~110 °C에서 4시간 이상 건조시키고 데시케이터에서 식힌 후 건조 전후의 무게 차이를 정량
- 연소 가능량(%)
시료를 110 °C에서 건조시킨 후 무게를 측정하고, 550 °C에서 2시간 가열한 후 무게를 측정
- COD (%)
시료의 적정값이 바탕시험 적정값의 30 % ~ 80 %가 되도록 시료를 채취하여 과망간산칼륨(0.1 N)과 수산화나트륨(10 %)을 가하여 가열한 다음 여과하고 여액을 티오황산나트륨용액(0.1 N)으로 적정하여 정량
- SRP (mg/kg)
 - 시료의 전처리
시료 0.5 g에 0.02 M 염화칼륨용액 50 mL를 넣어 실온에서 24시간 교반 후 0.45 μm필터로 여과
 - 여과한 시액에 정제수를 가해 50 mL로 mass up한 후 혼합시액 8 mL를 넣어 혼합 후 10분 ~ 30분 사이에 880 nm (UV)에서 흡광도를 측정한 후 정량

※ 혼합시액(5 N 황산, 타르타르화칼륨안티몬용액, 몰리브덴산암모늄용액, 0.1 M 아스코르빈산용액)

○ T-N (mg/kg)

- 시료의 전처리

무게를 측정한 건시료 약 100 mg을 250 mL 분해병에 넣고 정제수 50 mL를 넣어 혼합한 후 알칼리성 과황산칼륨용액 50 mL를 넣어 마개를 닫아 흔들어 섞은 다음, 고압증기 멸균기(1.5 psi, 120 °C, 45분)에 넣고 가열한 후 냉각하여 시료로 사용

- 전처리한 시료의 상등액 50 mL를 취하여 유리섬유지(GF/C)로 여과하고 처음 여과용액 5~10 mL를 버린 다음, 여과용액 25 mL를 정확히 취하여 50 mL 비이커에 옮긴 후 염산(1+25)5 mL를 넣어 pH 2~5로 조정하여 220 nm(UV)에서 흡광도를 측정한 후 정량

○ T-P (mg/kg)

- 시료의 전처리

시료를 정확히 0.05 g을 도가니에 취하여 450 °C에서 3시간동안 가열한 후 재가 된 시료에 3.5 N 염산용액 20 mL를 가한 후 실온에서 16시간 교반 후 사용

- 전처리한 시료를 0.45 μm 필터로 여과 후 남은 용액에 1 M 완충용액 5 mL와 증류수 20 mL를 가한 다음 수산화나트륨 알갱이 약 30개를 넣은 후 6 N 수산화나트륨용액을 사용하여 pH 1 ~ 3으로 조절한다. 여기에 정제수를 최종부피가 50 mL가 되도록 넣은 다음, 혼합시액 8 mL를 넣어 완전히 혼합하여 발색 후 30분 안에 880 nm (UV)에서 흡광도를 측정한 후 정량

※ 혼합시액(5 N 황산, 타르타르화칼륨안티몬용액, 몰리브덴산암모늄용액, 0.1 M 아스코르빈산용액)

○ Cr, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Li, Ni (mg/kg), Al (%)

- 시료의 전처리

시료 0.5 g ~ 1.0 g을 정확히 취하여 테프론 비이커에 넣고 진한 질산 10 mL, 진한과염소산 5 mL, 진한 불산 10 mL를 순서대로 첨가한 다음 테프론비이커를 가열판 위에 놓고 온도를 서서히 130 °C까지 증가시켜 용액이 전부 휘발되고 퇴적물을 완전히 녹여 분석시료로 사용

※ 산을 순서(질산⇒과염소산⇒불산)대로 넣지 않으면 폭발할 위험이 있어 주의를 요하며, 퇴적물이 완전히 녹지 않을 때는 진한 질산 5 mL, 진한 과염소산 2.5 mL, 진한 불산 5 mL를 다시 첨가하여 가열 판에서 재가열

- 완전히 분해된 퇴적물에 진한 질산 2 mL를 가하여 남아있는 불소산을 130 °C에서 완전히 휘발시킨 다음 1 N 질산 50 mL를 가하여 50 °C ~ 70 °C 가열판 위에서 완전 분해된 원소들을 용존시키고 1 N 질산 용액을 사용하여 100 mL로 정용하여 ICP-MS 분석용 시료로 사용하여 정량

○ Hg (mg/kg)

금속분석용 시료 0.05 g을 수은분석기(Mercury Analyzer MA-2)로 분석하여 정량

7. 조사결과

○ 2014년 하천퇴적물 오염도 현황

표 1. 10개 하천 15개 지점의 조사결과(년평균) (mg/kg)

하천명	지 점 명	함수율 (%)	연소기능량 (%)	COD (%)	SRP	T-N	T-P	Al (%)	Li
동 천	범4호교	33.7	5.7	3.3	45.1	2,252	949	1.6	12.0
	범1호교	42.0	4.5	2.6	26.8	1,385	979	3.4	15.0
수영강	신천교	35.0	2.7	1.0	9.9	454	418	2.4	9.4
	동천교	41.4	5.3	2.1	5.8	3,695	725	2.0	12.0
온천천	연안교	35.9	2.4	1.8	4.9	886	187	2.7	10.0
학장천	엄궁교	32.3	2.9	1.6	14.3	1,947	772	2.1	17.0
덕천천	덕천교	36.3	4.4	2.8	15.0	906	896	2.2	7.9
대천천	화명교	35.4	0.9	0.5	8.8	331	124	1.8	14.5
낙동강	물금	40.6	3.2	0.6	9.8	773	351	2.2	7.3
	매리	37.4	1.3	0.6	5.7	452	247	1.5	7.0
서낙동강	강동교	35.0	2.9	1.5	22.9	2,025	444	2.7	12.0
	동서교	38.5	4.2	1.8	14.5	1,016	514	1.9	7.4
	식만교	38.7	3.3	1.7	10.2	950	452	2.5	11.0
좌광천	(주)세양염	43.8	6.5	1.5	22.2	962	904	3.7	13.0
지사천	인우교	34.3	2.4	0.9	9.2	1063	336	2.1	12.0

표 2. 10개 하천 15개 지점의 조사결과(년평균) (mg/kg)

하천명	지 점 명	Cr	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Ni	Hg
동 천	범4호교	53.0	45.5	163.0	4.5	불검출	66.0	13.0	0.022
	범1호교	33.0	85.0	256.0	5.0	불검출	65.0	9.5	0.098
수영강	신천교	22.5	7.5	103.0	3.0	불검출	52.5	9.4	0.004
	동천교	59.5	97.0	612.0	4.5	불검출	126.0	21.0	0.262
온천천	연안교	18.0	32.5	173.0	4.5	불검출	56.0	4.5	0.044
학장천	엄궁교	19.5	25.5	120.0	3.0	불검출	64.5	6.0	0.067
덕천천	덕천교	48.0	76.0	714.0	7.0	불검출	134.0	10.0	0.060
대천천	화명교	14.5	16.0	103.0	3.5	불검출	41.5	0.0	0.004
낙동강	물금	24.5	3.0	32.5	2.0	불검출	11.5	2.5	0.011
	매리	24.5	1.0	17.5	2.5	불검출	8.5	1.5	0.004
서낙동강	강동교	28.0	21.5	208	4.0	불검출	49.5	7.0	0.007
	동서교	11.0	4.0	61.5	3.5	불검출	25.5	3.0	0.013
	식만교	20.5	7.5	58.5	2.0	불검출	18.5	1.5	0.034
좌광천	(주)세양염	50.5	22.5	166.0	9.5	불검출	49.5	21.0	0.011
지사천	인우교	14.0	15.0	171.0	4.5	불검출	47.0	2.0	0.006

○ 항목별 오염도 추이
- 연소가능량

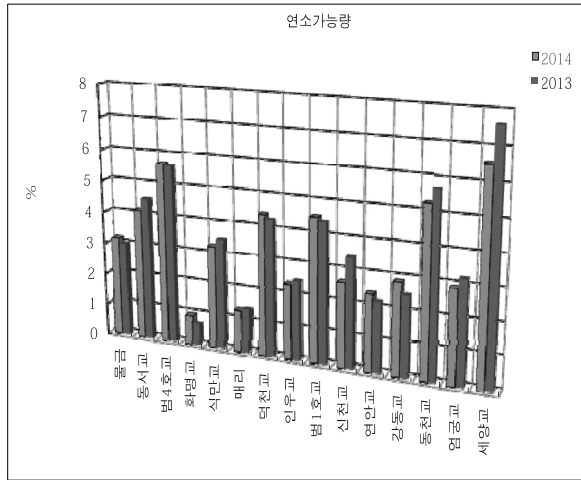


그림 2. 지점별 연소가능량 농도

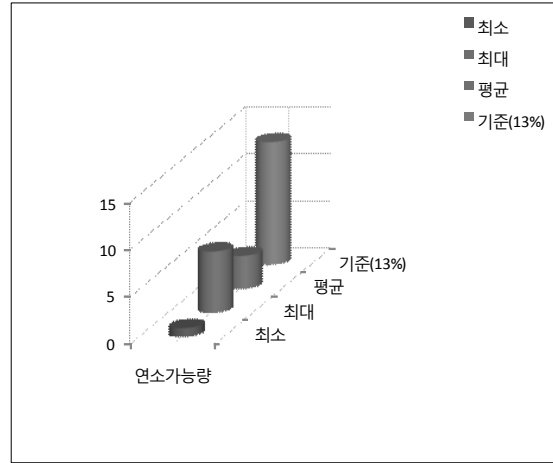


그림 3. 평가기준의 연소가능량 농도 (최소, 최대, 지점평균)

하천퇴적물의 유기물농도를 비교 측정하기 위한 또 하나의 항목인 연소가능량의 분석 결과(지점 평균농도)는 그림 2에 나타난 바와 같고, 조사결과 농도분포는 0.9 %~6.5 %를 나타내었음. 좌광천의 세양교 지점이 최고치(6.5 %)로 조사되었으며, 대천천의 화명교 지점이 최저치(0.9 %)로 조사되었음. 그림 3의 2014년도 15개 조사지점의 연소가능량의 년 평균 농도는 3.5 %로 조사되었으며, 하천퇴적물 평가기준(미국 워싱턴주 퇴적물 기준: 환경부 예규 제575호) 13 %의 약 30 % 수준으로 조사되었음.

- T-N

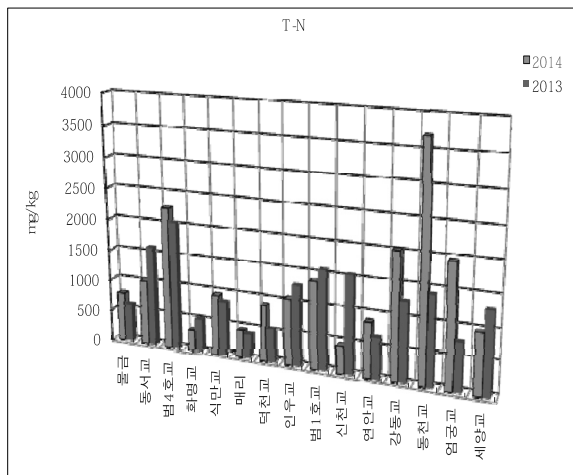


그림 4. 지점별 T-N농도

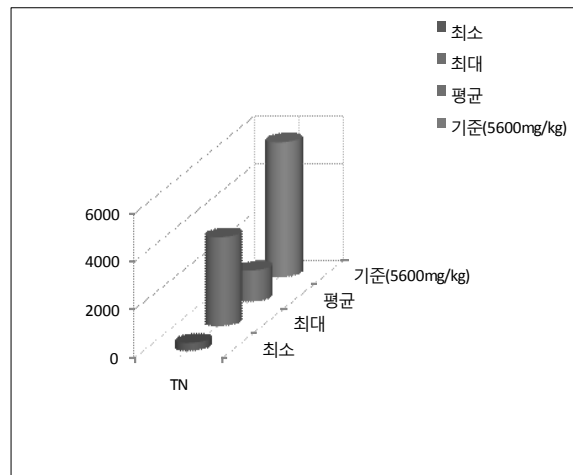


그림 5. 평가기준에 의한 T-N 농도 (최소, 최대, 지점평균)

영양염류 항목인 T-N(총질소)의 지점별 년 평균 농도는 그림 4에 나타난 바와 같고, 조사결과 농도분포는 331 mg/kg~3,695 mg/kg를 나타내었음. 대천천의 화명교 지점이 최저치 331 mg/kg로 가장 낮게 조사되었으며, 수영강의 동천교 지점이 3,695 mg/kg로 가장 높게 조사되었음. 그림 5의 2014년도 15개 조사지점의 T-N의 평균 농도는 1,296 mg/kg로 조사되었으며 T-N의 하천오염도 평가기준 5,600 mg/kg의 약 20 %로 조사되었음.

- T-P

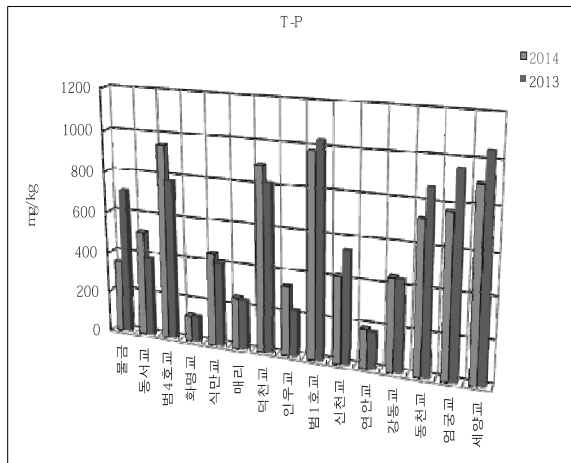


그림 6. 지점별 T-P농도

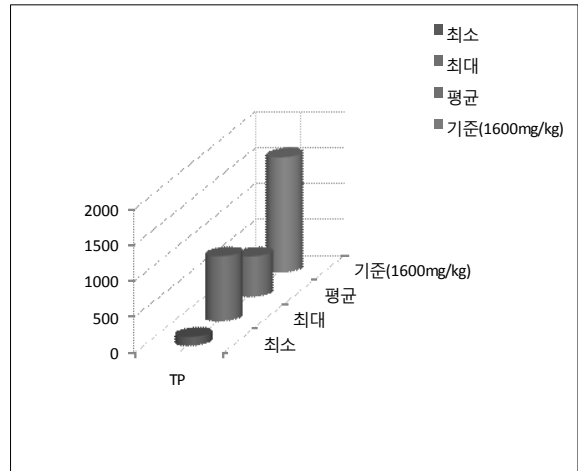


그림 7. 평가기준에 의한 T-P 농도(최소, 최대, 지점평균)

T-P(총인)의 지점별 년 평균농도는 그림 6에 나타난 바와 같고, 농도분포는 124.5 mg/kg~979.0 mg/kg를 나타냈음. 동천의 범1호교 지점이 979.0 mg/kg로 최고치로 조사되었으며, 대천천의 화명교지점이 124.0 mg/kg로 가장 낮게 조사되었음. 동천의 범1호교 지점이 높게 조사되었는데, 동천의 범4호교 지점과 함께 지속적인 준설과 동천의 특성(간·만조시의 해수 유입)을 파악하여 과학적인 하천관리 방안이 필요할 것으로 사료됨.

- Cu

Cu분석결과(년 평균 농도)는 그림 8에 나타내었으며, 조사결과 1.0 mg/kg~97.0 mg/kg의 농도 분포로 나타났음. 낙동강의 매리지점이 1.0 mg/kg로 가장 낮게 조사되었으며, 수영강 동천교 지점이 97.0 mg/kg(평가기준: 390 mg/kg) 가장 높게 조사되었으며, 범1호교 85.0 mg/kg, 덕천교 76.0 mg/kg 순으로 조사되었음. 15개지점 하천퇴적물의 평균 Cu 농도는 31.9 mg/kg 로 조사되었음. 일반적으로 퇴적물에 축적된 중금속 농도는 인위적인 오염원에 의한 영향 외에 지질학적인 배경 및 입도에 의한 영향을 크게 받는 것으로 알려져 있음.

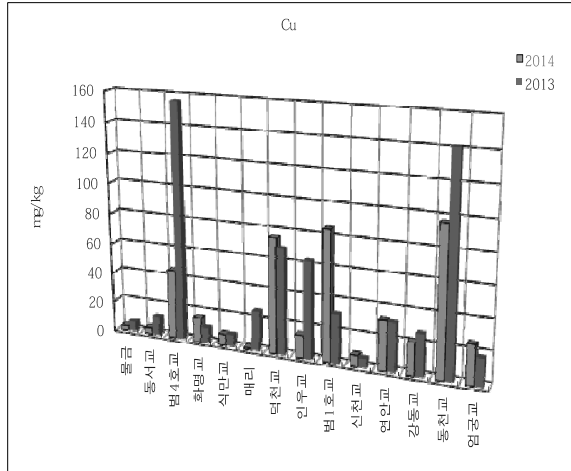


그림 8. 지점별 Cu농도

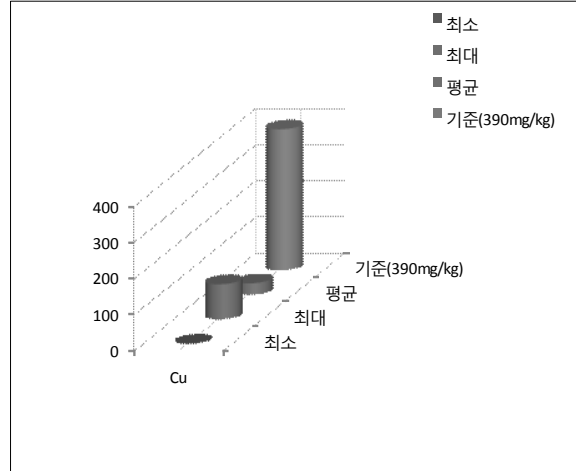


그림 9. 평가기준에 의한 Cu농도 (최소, 최대, 지점평균)

- Zn

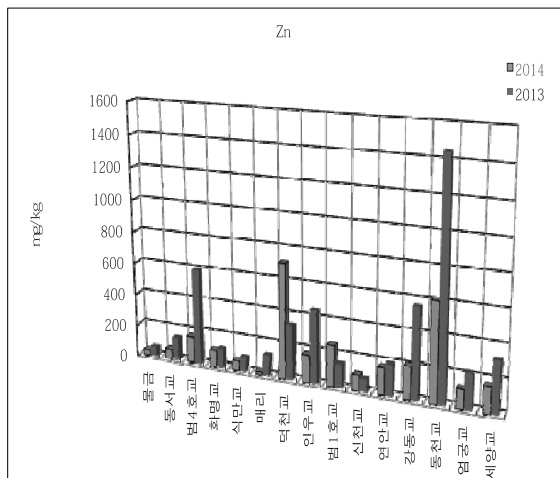


그림 10. 지점별 Zn농도

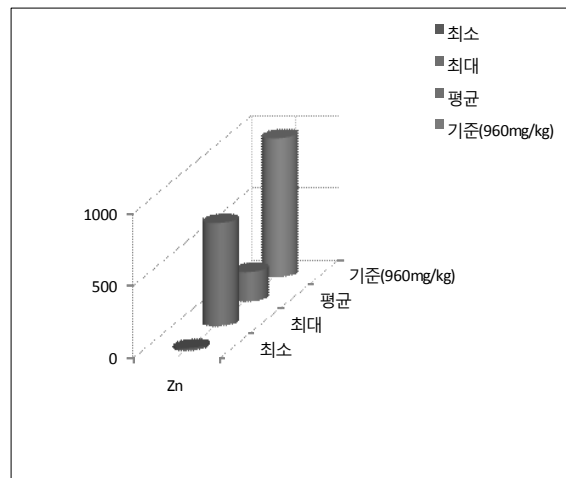


그림 11. 평가기준에 의한 Zn농도 (최소, 최대, 지점평균)

하천퇴적물의 Zn 분석결과(년 평균농도)는 그림 10에 나타난 바와 같음. 조사결과 농도분포는 17.5 mg/kg ~ 714.0 mg/kg로 나타내었으며, 낙동강의 매리지점이 17.5 mg/kg로 가장 낮게 조사되었으며, 덕천천의 덕천교 지점이 714.0 mg/kg(평가기준 : 960 mg/kg)로 가장 높게 조사되었으며, 동천교 612.0 mg/kg, 범1호교 256.0 mg/kg 순으로 조사되었음. 15개 지점 하천퇴적물의 평균 Zn 농도는 205.0 mg/kg로 조사되었음. 국립환경과학원 용역사업(하천퇴적물 배경농도산정 : 2011년) 결과인 국가조사지점 농도 범위(낙동강, 영산강, 금강) 40.0 mg/kg ~ 1,100 mg/kg와는 비슷한 조사 결과를 보였음.

- As

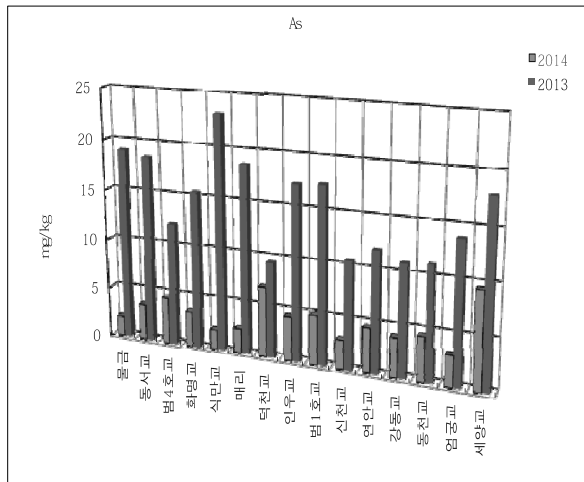


그림 12. 지점별 Cu농도

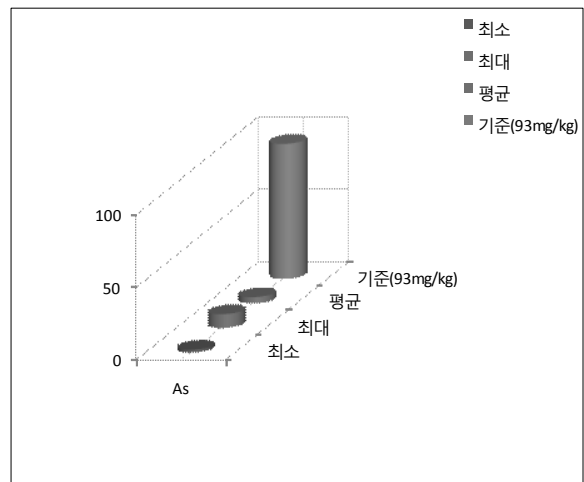


그림 13. 평가기준에 의한 Cu농도 (최소, 최대, 지점평균)

하천퇴적물의 As분석 결과(년 평균농도)는 그림 12에 나타난 바와 같고, 조사결과 농도분포는 2.0 mg/kg~9.5 mg/kg를 나타내었으며, 낙동강 물금 지점이 2.0 mg/kg로 낮게 조사되었으며, 좌광천 세양교 지점이 9.5 mg/kg (평가기준 : 93 mg/kg)로 가장 높게 조사되었으며, 덕천교 7.0 mg/kg, 범1호교 5.0 mg/kg 순으로 조사되었다. 15개 지점 하천퇴적물의 평균 As농도는 4.3 mg/kg 로 조사되었음. 국립환경과학원 용역사업(하천 퇴적물 배경농도산정 : 2011년) 결과인 국가조사지점 농도범위(낙동강, 영산강, 금강) 6.0 mg/kg~50.0 mg/kg와는 조금 낮은 조사 결과를 보였음. 단기적인 조사에 의한 결과 비교 평가(추론) 보다는 장기적이고 지속적인 모니터링후 결과를 비교 평가할 필요가 있을 것으로 사료됨.

- Cr

하천퇴적물의 Cr분석 결과(년 평균농도)는 그림 14에 나타난 바와 같음. 조사결과 11.0 mg/kg~60.0 mg/kg의 농도 분포를 나타내었는데, 서낙동강의 동서교 지점이 11.0 mg/kg로 낮게 조사되었으며, 수영천 동천 지점이 60.0 mg/kg 가장 높게 조사되었으며, 범4호교 53.0 mg/kg, 덕천교 48.0mg/kg 순으로 조사되었음. 15개 지점 하천퇴적물의 평균 Cr농도는 30.0 mg/kg로 조사되었는데, 국립환경과학원 용역사업(하천퇴적물 배경농도산정)결과인 낙동강, 영산강, 금강) 30 mg/kg~200 mg/kg와 비교해 보면 조금 낮게 조사되었으며, 가장높은 수영천 동천교 지점은 석대매립장의 침출수 하천 유입 및 공업단지(석대첨단산단)의 오염 행위에 대한 지도·점검과 지속적인 하천퇴적물 모니터링이 필요할 것으로 사료됨.

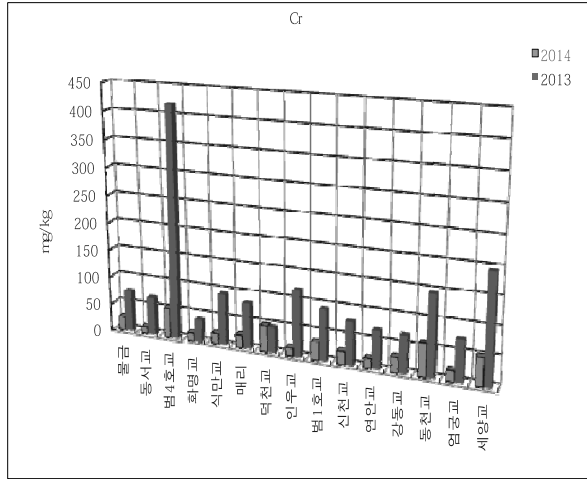


그림 14. 지점별 Cr농도

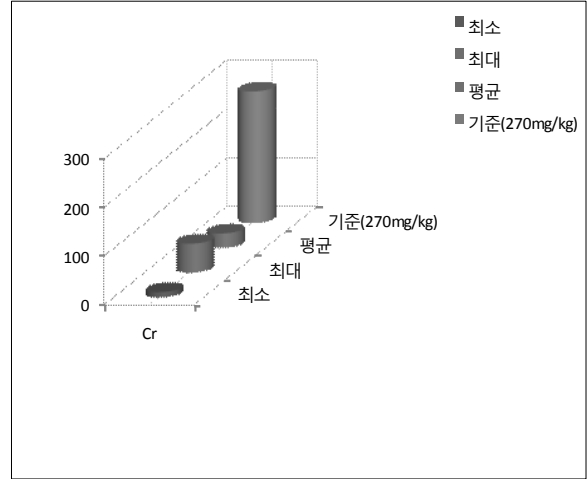


그림 15. 평가기준에 의한 Cr농도 (최소, 최대, 지점평균)

- Pb

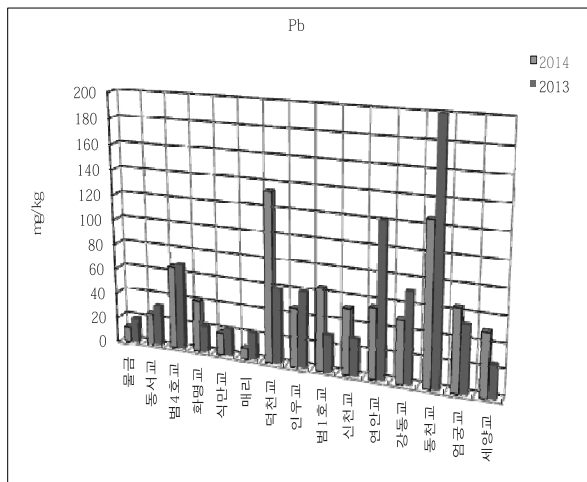


그림 16. 지점별 Pb농도

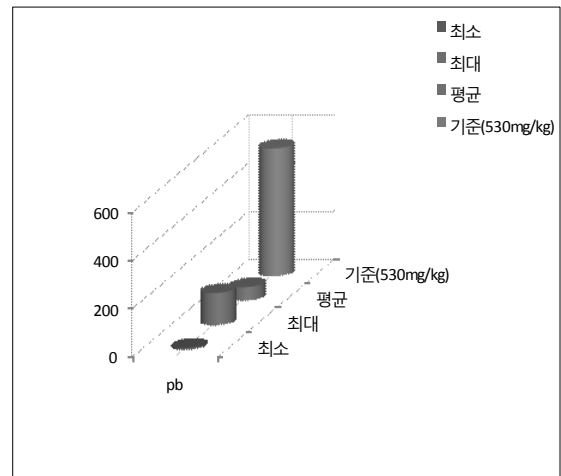


그림 17. 평가기준에 의한 Pb농도 (최소, 최대, 지점평균)

하천퇴적물의 Pb 분석 결과(평균농도)는 그림 16에 나타난 바와 같음.

조사결과 농도분포는 8.5 mg/kg ~ 134.0 mg/kg를 나타냈는데, 덕천천의 덕천교 지점이 134.0 mg/kg로 가장 높게 조사되었으며, 낙동강의 매리 지점이 8.5 mg/kg 가장 낮게 조사되었으며, 동천교 126.0 mg/kg, 범4호교 66.0 mg/kg 순으로 조사되었음. 15개 지점 하천퇴적물의 평균 Pb 농도는 56.4 mg/kg 로 조사되었는데, 국립환경과학원 용역사업(하천퇴적물 배경농도산정 : 2011년) 결과인 국가조사지점 농도범위(낙동강, 영산강, 금강) 10.0mg/kg ~ 230.0 mg/kg와는 비슷한 조사 결과를 보였음. Cr항목의 조사와 같이 Pb의 조사결과도 수영천 동천교 지점이 높게 조사되었는데 주변 공업지역(석대공업단지)에 대한 오염행위 지도·점검과 지속적인 하천퇴적물 모니터링이 필요 할 것으로 사료됨.

- Hg

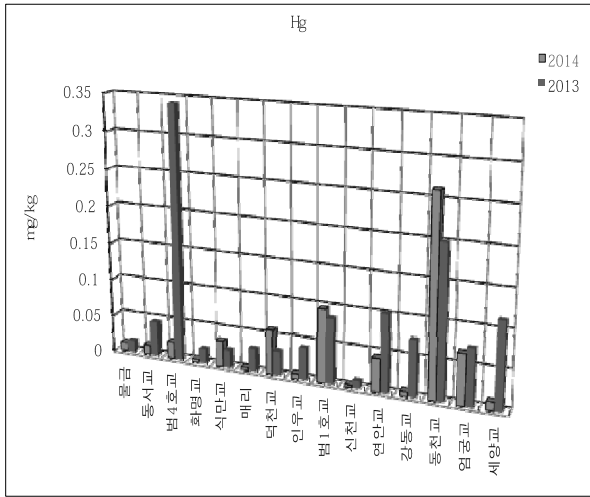


그림 18. 지점별 Hg농도

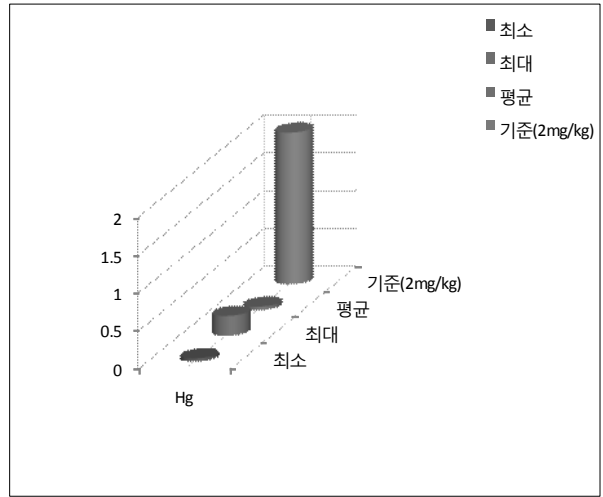


그림 19. 평가기준에 의한 Hg농도 (최소, 최대, 지점평균)

하천퇴적물의 Hg분석 결과(평균농도)는 그림 18에 나타낸 바와 같음.

조사결과 농도분포는 0.04 mg/kg~0.26 mg/kg를 나타내었다. 수영강의 동천교 지점이 0.262 mg/kg로 가장 높게 조사되었으며, 대천천의 화명교 지점이 0.04mg/kg 가장 낮게 조사되었다. 15개 지점 하천퇴적물의 평균 Hg 농도는 0.04 mg/kg로 조사되었음. 국립환경과학원 용역사업(하천퇴적물 배경농도산정 : 2011년) 결과인 국가조사지점 농도범위(낙동강, 영산강, 금강) 0.010 mg/kg~0.260 mg/kg와는 거의 비슷한 조사 결과를 보였음.

○ 조사지점별 중금속(4개 항목)조사 결과 비교

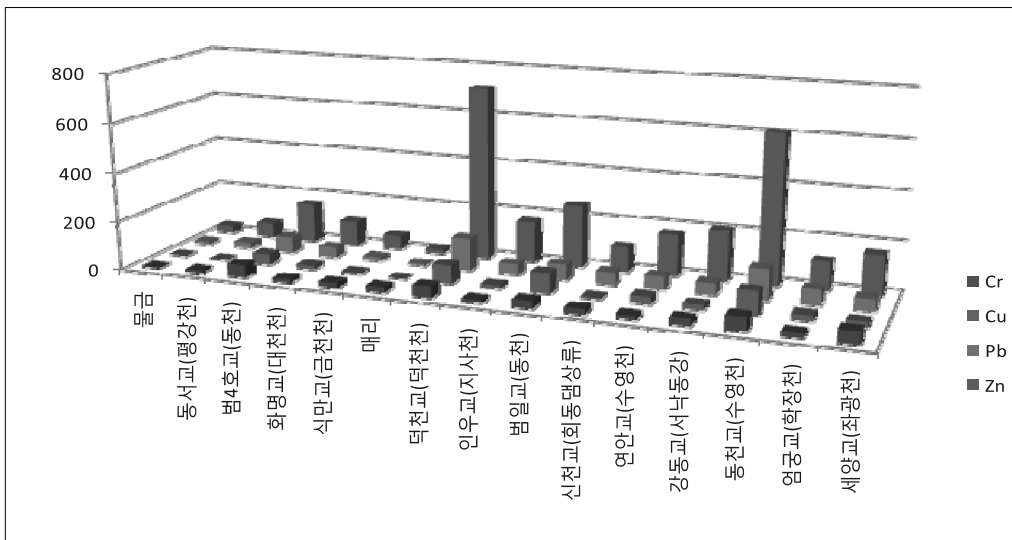


그림 20. 2014년도 조사 지점별 중금속(Cr, Cu, Pb, Zn) 결과 비교

그림 20의 중금속 4개 항목의 조사결과를 분석해보면, 동천의 범4호교, 덕천천의 덕천교, 동천의 범1호교, 수영강의 동천교 4개 지점들은 다른 지점들에 비해 조사 결과가 높음을 확인할 수 있는데, 위의 4개 지점들은 지속적인 모니터링의 결과에 따라 과학적인 하천관리 대책 수립이 필요할 것으로 사료됨. 현재 우리나라의 하천퇴적물의 법정 기준은 설정되지 않았으며, 퇴적물의 오염도를 비교 평가에 적용할 목적으로 측정망 운영계획 18개 항목중 10개(연소가능량, T-P, T-N, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Hg)항목에 대해서만 미국 워싱턴주 퇴적물 기준을 참고로 퇴적물 오염평가기준이 아래 표 3에 환경부 예규-제 575호로 정해져 있음.

표 3. 하천퇴적물 오염 평가기준(환경부 예규-제575호 : 미국 워싱턴주 퇴적물기준 참고)

항 목		기준치
유기물 및 영양염류	완전연소가능량	13%
	총인(T-P)	1,600 mg/kg
	총질소(T-N)	5,600 mg/kg
중금속	비소(As)	93 mg/kg
	카드뮴(Cd)	6.7 mg/kg
	크롬(Cr)	270 mg/kg
	구리(Cu)	390 mg/kg
	납(Pb)	530 mg/kg
	아연(Zn)	960 mg/kg
	수은(Hg)	2 mg/kg

신설 제정된 새로운 하천퇴적물 공정시험기준에 따른 2014년도 부산지역 10개 하천 15 개 지점의 하천퇴적물 오염도를 조사한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었음.

- COD의 조사결과 농도분포는 0.5 % ~ 3.24 %의 농도 분포를 나타내었고, 동천의 범4호교 지점이 3.24 %로 최고치로 조사되었으며, 대천천의 화명교 지점이 0.5 %로 최저치로 조사되었음. 유기물 오염지표인 COD 조사결과 덕천천의 덕천교(2.8 %)와 동천의 범1호교(2.6 %) 지점은 지속적인 하천준설 등의 종합적인 하천관리가 필요한 것으로 사료됨.
- 연소가능량의 농도분포는 0.9 % ~ 6.5 %를 나타내었고, 좌광천의 세양교지점이 최고치(6.5 %)로 조사되었으며, 대천천의 화명교 지점이 최저치(0.9 %)로 조사되었음.
- 하천퇴적물의 조사항목 중 영양염류인 T-N의 오염평가기준 5,600 mg/kg을 초과하는 지점은 없으나 수영강의 동천교 3,695 mg/kg, 범4호교 2,252 mg/kg 순으로 조사되어 지

속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료되어지며, 또한 조사결과 T-P의 오염평가기준 1,600을 초과하는 지점은 없으나, 동천의 범1호교 979 mg/kg, 범4호교 949 mg/kg, 덕천천 덕천교 896 mg/kg 순으로 조사되었는데, 앞으로도 지속적인 모니터링과 하천 정화가 필요할 것으로 사료됨.

- 10개 하천 15개 지점의 중금속 조사결과 Cu, Cr, Pb, Hg, As, Cd 등은 전반적으로 평가기준에 비해 낮게 조사되었으며, Zn의 조사 결과중 평가기준 960 mg/kg를 초과한 곳은 없으나 덕천천의 덕천교 714 mg/kg, 수영강 동천교 612 mg/kg 등의 지점은 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 사료되며, 향후 국가 퇴적물 환경 농도 기준 및 환경 위해성 기준 설정 시 참고 자료로 활용될 것으로 사료됨.