

하천 비점오염 조사

- 부산 하천의 비점오염 현황을 온천천을 중심으로 조사하여 강우 시 비점오염의 현황을 파악하고 분류식 관거 등 수질개선사업에 따른 비점오염 개선여부를 지속 모니터링

1. 조사개요

- 조사근거 : 자체 계획, 「하천 비점오염 조사계획」(2018.2.09.)
- 조사목적
 - 하천 비점오염 발생경향 파악 및 개선방향 모색
 - 분류식관거, 비점오염 저감 등에 따른 수질개선 추세 파악
- 조사시기 : 2018년 총5회(2.28, 6.5, 6.27, 8.16, 11.8)
- 조사지점 : 온천천 세병교(동래구 소재) 등
- 조사방법 : 강우 시 일정시간 간격 하천수 채수 후 분석
(강우강도에 따라 채수 간격 조정)
- ※ DO, 전도도 : 보건환경연구원 자동측정망 자료 활용



그림 1. 조사지점 전경 및 지점도

※ 조사지점(세병교) 선정 사유

- ① 강우 시 비점오염 집중 : 세병교는 사직천, 미남천 등의 복개하천 등에서 유입된 다량의 비점오염물질의 유하경로에 위치
- ② 비점오염물질에 의한 수생태계 건강성 악화 지점 : E (매우나쁨) 등급

2. 강우상황¹⁾

□ 강우현황

- 2018년도의 강우량은 총 1,779 mm로 평년강수량²⁾ 1,519 mm보다 약 17 % 많은 다소 풍부한 강우량을 보임
- 3, 6, 9월에 평년보다 강우량이 많았고 7, 8월에는 평년보다 강우량이 작아 상대적으로 고른 강우 분포 나타냄

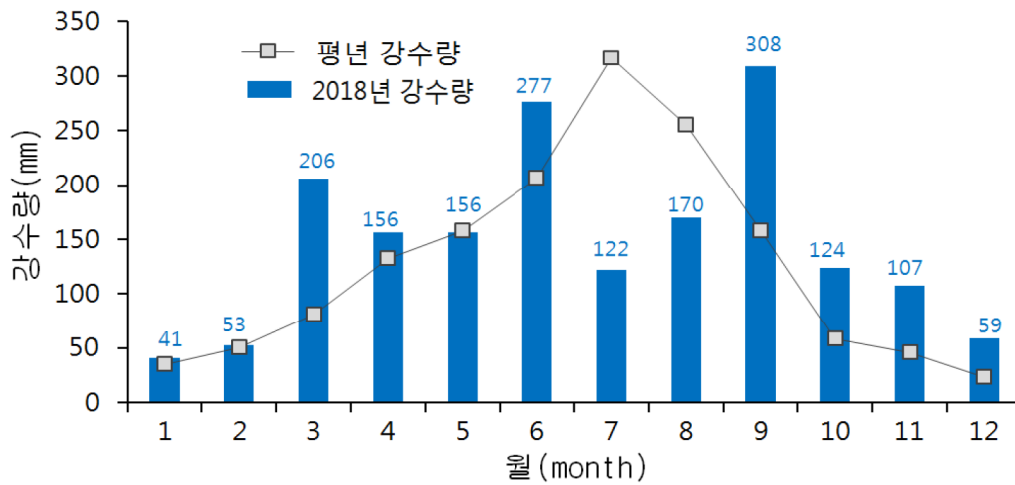


그림 2. 2018년 월별 강우 분포

□ 선행강수량

- 총 5차 조사 중 1, 2, 5차는 선행강수량이 적은 건기에, 3, 4차 조사는 선행강수량이 다소 많은 우기에 채수

표 1. 조사일 이전 선행강수량 등

조사일	선행 강수량			선행 무강우일수(일) ³⁾	조사일총강수량
	5일	10일	30일		
1차(2.28)	0.0	0.0	1.0	18	45.0
2차(6.05)	0.0	0.0	107.0	12	4.5
3차(6.27)	1.5	8.5	46.0	0	9.0
4차(8.16)	14.0	14.0	17.0	0	10.0
5차(11.08)	0.0	0.0	3.0	12	88.0

1) 하천 비점오염은 강우빈도, 강우강도, 강우량 등 강우 형태와 밀접하게 관련되어 발생

2) 1981년 ~ 2010년(30년) 평균 강수량, 10년마다 기상청에서 결정

3) 조사일 전 비가 오지 않은 일수(ADD, Antecedent Dry Days). 대체적으로 강우유출수 최고농도는 선행무강우일수에 비례하는 경향이 있음

3. 조사결과

□ 1차 조사 (2018.2.28)

⇒ 세병교 지점, 강우시 초기유출⁴⁾ 오염농도 조사(건기)

- 총 6시간, 총 45 mm의 강우 발생
- 강우 시작 80분(누적강우 9.5 mm) 후 오염도 급증

표 2. 1차 조사시의 강우 시 비점오염물질 초기유출 농도

조사시간	DO (mg/L)	EC (μS/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
강우 전	11.8	568	2.9	5.7	2.9	5.8	3.598	0.088	0.047
초기유출 시 (최고오염도)	1.8	868	395.0	126.6	33.9	539.0	21.486	5.046	3.227

- 초기유출 시 BOD, SS, TP가 특히 증가
- 초기유출 후 약 1시간 이상 높은 오염 농도 지속

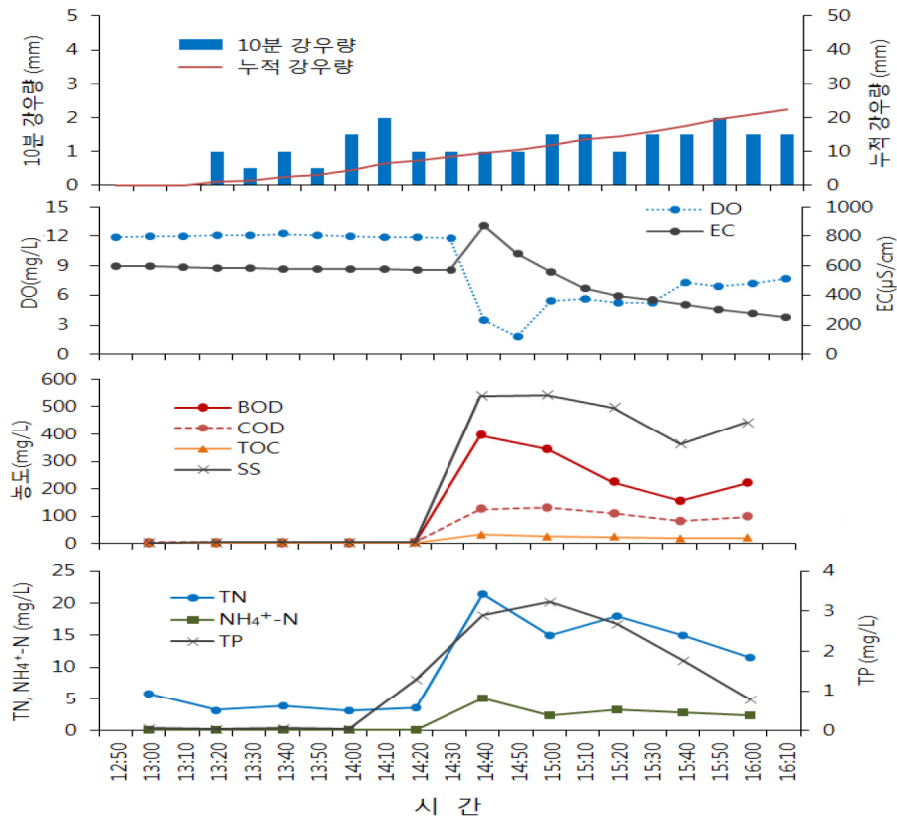


그림 3. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(1차 조사)

4) 초기유출(First Flush) : 강우 초기에 노면배수, 하수관거 세척수, 하수유통수 등 비점오염물질이 고농도로 발생하여 하천 등으로 유입되는 현상을 이 보고서에서는 본 용어로 표현하였음

※ 초기유출수 부유물질(SS) 성분 분석 결과

: 유기성 고형물이 전체의 53.4 %를 차지

⇒ 합류식 하수관거 월류수(CSOs)⁵⁾ 발생 시 하수관거에 축적된 유기성 고형물이 일시에 유출되기 때문으로 추정

□ 2차 조사(2018.6.05)

⇒ 세병교 지점, 강우시 초기유출 오염농도 조사(건기)

○ 약 2시간, 총 4.5 mm의 균등하게 내리는 약한 강우 발생

○ 비점오염 유출수의 하천 유입이 거의 없어, 수질변화 없음

: 약한 강우강도에서는 강우유출수가 대부분 하수관거로 유입, 하천 수질에 거의 영향을 주지 않음

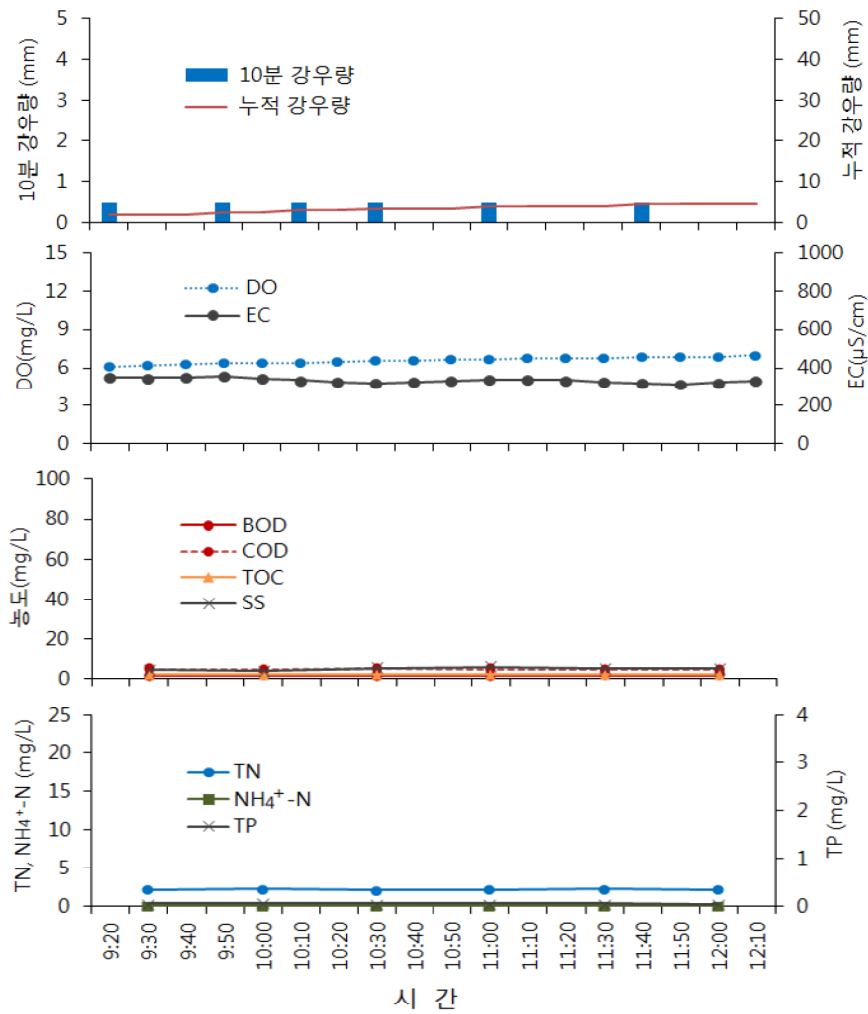


그림 4. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(2차 조사)

5) 강우 시 우수에 의한 하수량 증가로 합류식 하수관거로 유입되지 못하고 하천으로 방류되는 우수와 오수의 혼합물

□ 3차 조사(2018.6.27)

⇒ 강우 3시간 후(누적강우 8.5 mm) 온천천 각 지점 수질조사(우기)

- 모든 지점에서 BOD 37.1 ~ 52.1 mg/L의 높은 유기물농도 보임
- 3시간에 걸친 8.5 mm의 누적 강우에서는 하수관거 월류로 인한 수질악화가 3시간 이상 지속 발생
- 온천천 상·하류 전반적으로 폭 넓은 수질 악화 발생

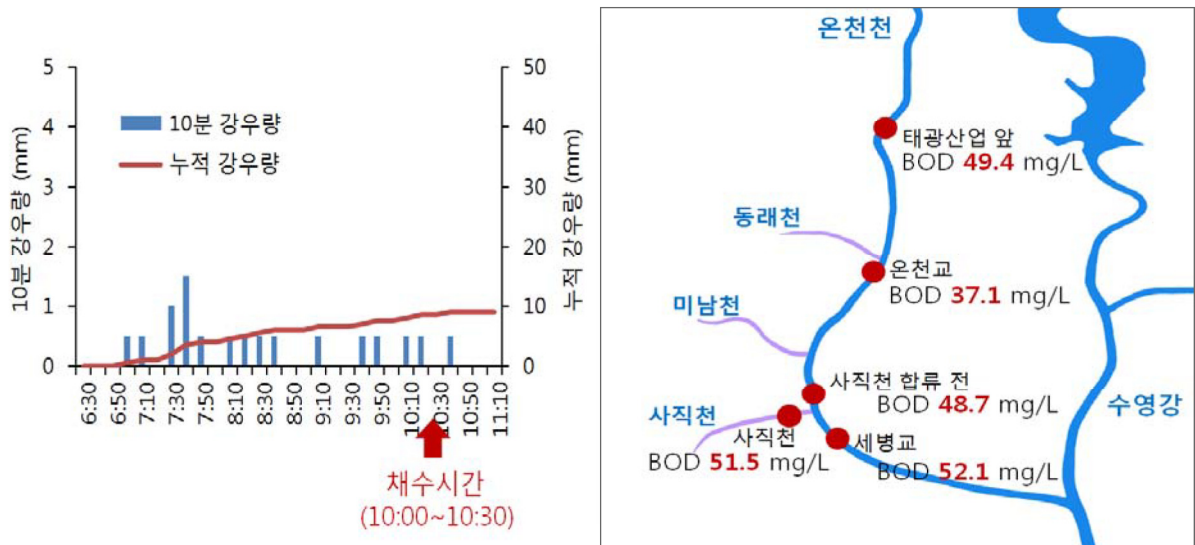


그림 5. 강우량 현황 및 온천천 지점별 BOD (강우 3시간 후 측정)

표 3. 3시간 8.5mm 누적강우에서의 온천천 각 지점 수질 현황

시료명	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TOC (mg/L)
태광산업	49.4	28.5	79.7	6.282	0.539	2.746	8.3
온천교	37.1	24.7	138.0	6.221	0.505	3.662	7.3
사직천 합류 전	48.7	29.1	134.9	8.302	0.627	5.102	8.5
세병교	52.1	27.1	59.4	9.575	0.887	5.775	9.2
사직천	51.5	26.1	42.8	9.059	0.710	6.177	9.0

□ 4차 조사(2018.8.16)

⇒ 세병교 지점, 강우 시 초기유출 오염농도 조사(우기)

- 조사 전일 11.5 mm의 강우가 있었고 조사 당일에는 50분간 총 9.5 mm의 짧고 강한 소나기 발생
- 강우 발생 30분 후 누적강우 6.5 mm에서 SS농도가 359 mg/L로 급격하게 상승하였고 TN, TP도 약간의 증가를 보였으나 BOD 등 유기물 농도는 큰 증가를 보이지 않았음
: 조사 전일 강우로 관거 퇴적물 등이 미리 제거되었기 때문

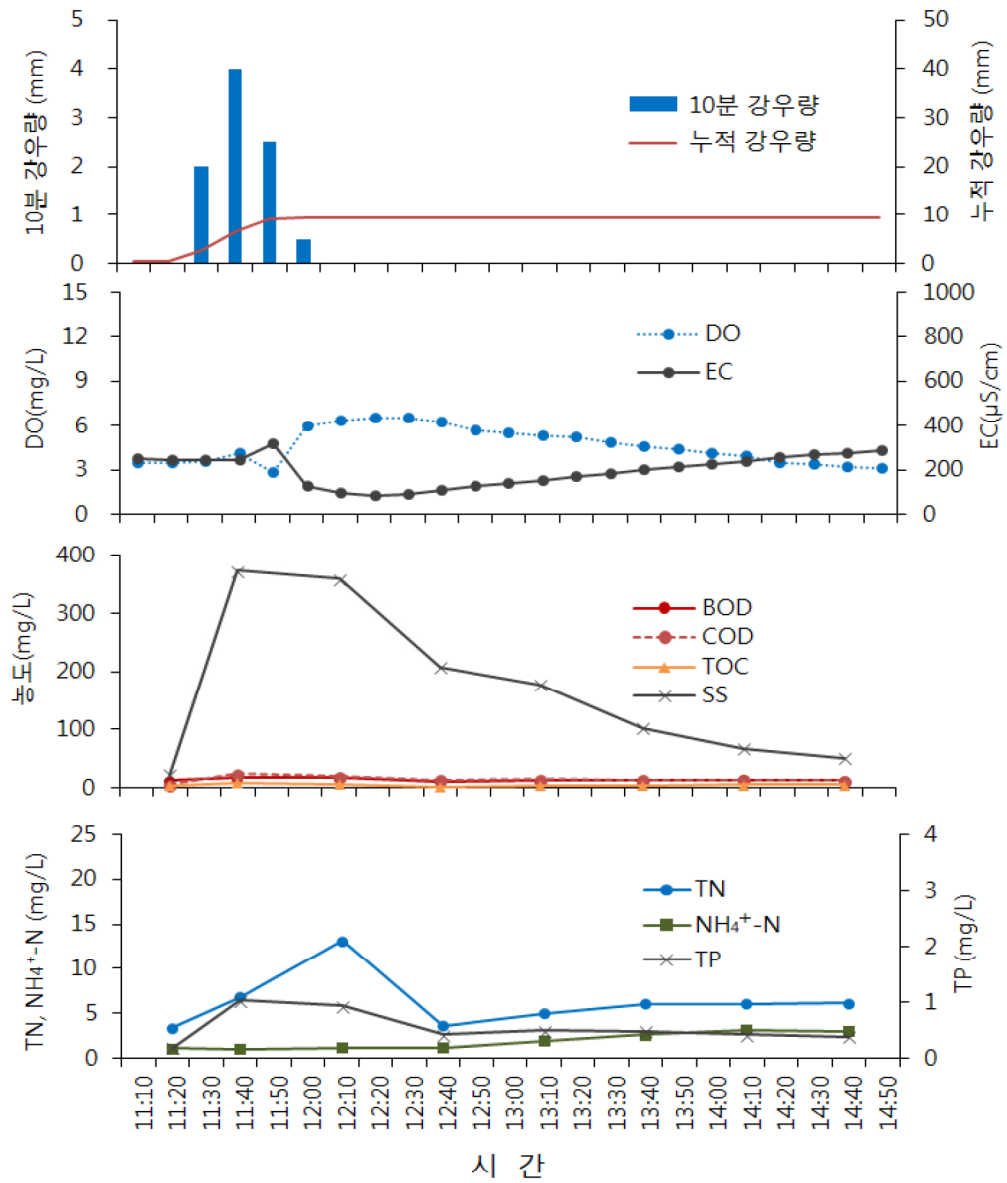


그림 6. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(4차 조사)

□ 5차 조사(2018.11.8)

⇒ 세병교 지점, 강우시 초기유출 오염농도 조사(건기)

- 약 12시간, 총 88 mm의 많은 비 내림
- 강우 시작 약 130분 후, 누적강우 10 mm에서 초기유출 발생
- 다른 항목은 누적강우 10 mm에서 급증하였으나, SS는 이후 60분에 걸쳐 점증적 증가

표 4. 5차 조사시의 강우 시 비점오염물질 초기유출 농도

조사시간	DO (mg/L)	EC (μS/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	NH ₄ ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
강우 전	8.4	250	26.2	11.3	2.9	10.2	2.743	0.002	0.058
초기유출 시 (최고오염도)	2.1	505	306.6	101.0	43.5	881.5	17.081	11.054	2.111

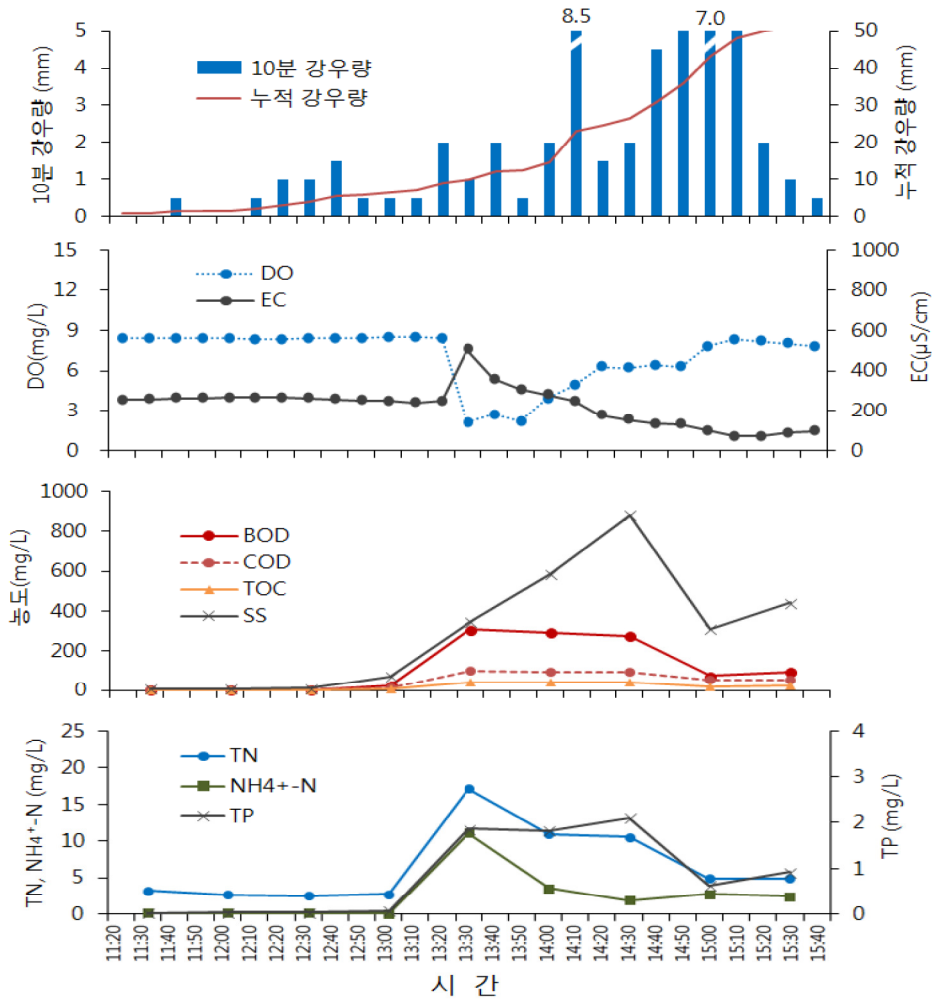


그림 6. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(5차 조사)

4. 요약

- 2018년 총 5회, 강우 시 수질 측정(건기 3회, 우기 2회 측정)
- 초기유출은 강우 개시 30~130분 후, 누적강우량 6.5 mm ~ 10 mm 정도에서 발생
- 초기유출 시 순간 최대 BOD는 건기인 2월28일, 11월 8일에 각각 395 mg/L, 307 mg/L 이었으며 COD보다 2배 이상 높음
 : 초기유출 주요 오염원은 하수, 하수관거 내 유기성 퇴적물 등 생물학적으로 분해되기 쉬운 유기물질
- 총 4.5 mm의 균등하게 내리는 약한 강우에서는 비점오염에 의한 하천수질 변화는 거의 없음

- 우기인 8월 16일에는 총 9.5 mm의 강우가 내렸으며, 초기 유출 시 SS는 359 mg/L로 급격하게 상승하였으나 BOD 등의 유기물 농도는 큰 변화를 보이지 않음
- 강우 시 비점오염원에 의한 수질오염은 온천천 상·하류에 걸쳐 넓은 범위에서 발생

표 5. 조사시기 초기유출 특성 요약

항목 \ 조사시기	2월 28일 (건기)	6월 5일 (건기)	8월 16일 (우기)	11월 8일 (건기)
총강수량(mm)	45	4.5	10.0	88.0
초기유출 발생시간	80분	초기유출 없음	30분	130분
초기유출 발생시 누적강수량(mm)	9.5	초기유출 없음	6.5	10.0
초기유출 시 순간최대 BOD(mg/L)	395	초기유출 없음	17	307

※ 6월 27일(3차) 조사 시에는 초기 유출 조사 없이 강우 후 수질조사 실시

5. 비점오염 관리대책

분류식 하수관거 정비

- 하천으로의 **합류식 하수관거 월류수(CSOs)** 유입을 근원적으로 차단
- 분류식 하수관거 설치로 **하수관거 퇴적물** 하천 유입 방지
: 합류식 하수도는 관거가 커 느린 유속에 의해 유기성 입자 등의 퇴적이 많으며 강우 시 일시에 유출되어 하천환경 악화시킴

비점오염 저감시설 확충

- 도로, 나지 등에서의 도시 비점오염은 분류식 하수관거로 막을 수 없으므로 비점오염 저감시설 등 설치 필요
- 침투, 저류 등 비점오염 저감 시설은 침수 등 **재해방지**, **하천 유지용수 공급** 등 다양한 수요에 대응하는 형태로 시설 개발 필요

※ 부산 하천의 비점오염 특성

- ① 산지가 많아 작은 비에도 유출량이 급증, 하수관거 월류 등 발생
- ② 기수역의 특성상, 비점오염물질이 확산되기 어렵고 하류에 퇴적
: 하천 바닥에 검은색 침전 형성해 미관 및 수서생물 서식 장애

6. 활용방안 및 기대효과

- 부산 도심하천의 비점오염 현황 파악
- 부산 하천의 수질 및 수생태계 개선 정책자료 제공
- 분류식 하수도 등 수질개선 사업의 목표 달성 확인

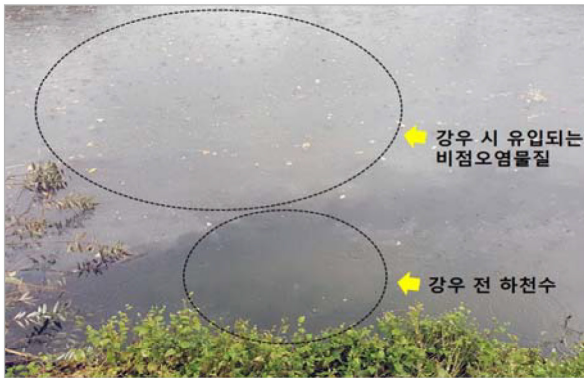
첨부 : 강우 시 세병교 지점 비점오염 현장 사진(2018.11.08.)



(11:30) 강우 전 세병교 지점 전경



(13:00) 사직천(온천천 지류)에서의
하수 월류수(CSOs) 발생



(13:05) 온천천에 유입되는 비점오염물질



(13:30) 세병교 지점 비점오염물질 도착
: 순간 최대오염도(BOD 307 mg/L)



(15:00) 온천천 둔치 침수 발생. BOD는 74 mg/L로 감소