

하천 비점오염 조사

- 부산 하천의 비점오염 현황을 온천천 중심으로 조사
- 분류식 관거, 비점오염저감시설 등 수질 개선사업 성과 모니터링

1. 조사개요

- 조사근거 : 자체 계획, 「하천 비점오염 조사계획」(2020.2.03.)
- 조사목적
 - 하천 비점오염 발생경향 파악 및 개선방향 모색
 - 분류식관거, 비점오염 저감 등에 따른 수질개선 추세 파악
- 조사시기 : 2020년 총3회(4.17, 7.27, 11.19)
- 조사지점 : 온천천 세병교(동래구 소재) 일대
- 조사방법 : 강우 시 일정시간 간격 하천수 채수 후 분석
(강우강도에 따라 채수 간격 조정)
- ※ 강우 정보 : 기상청 동래 측정소 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 (매우 나쁨) 등급

2. 조사결과

- 조사 시기별 강우 특성
 - 갈수기 2회(4.17, 11.19), 장마기 1회(7.27) 채수

표 1. 조사시기에 따른 강우 특성 등

조사시기	항목	강우시간	총강우량	10일 선행강우량	채수시간
2020. 4. 17.		10:00~20:00	31 mm	12 mm	10:30~15:50
2020. 7. 27.		16:00~23:00	41 mm	288 mm	15:00~20:00
2020. 11. 19.		04:00~15:00	34 mm	0 mm	09:00~12:00

□ 갈수기 비점오염 (2020. 4. 17)

○ 강우 특성

- 총 31mm, 시간당 5 mm 내외의 약한 강우가 약 8시간 발생
- 조사 5일 전에 12 mm의 선행 강우 후 5일간 무강우 상태

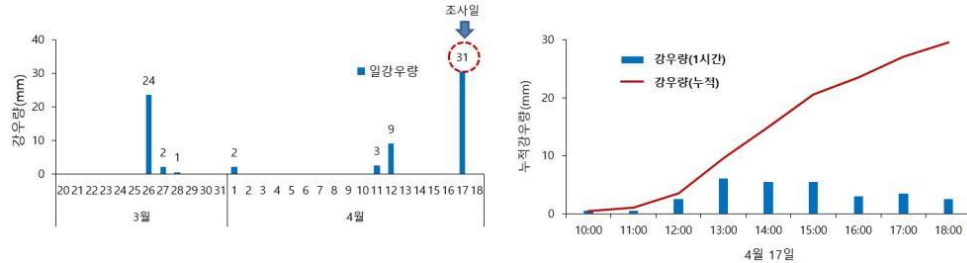


그림 2. 조사 시의 강우 특성(2020. 4. 17)

○ 비점오염 상황

- 강우 시작 약 3시간 후, 누적강우 11 mm에서 BOD 232.2 mg/L, SS 481.2 mg/L의 오염도 발생
- 13:10~14:00까지 약 1시간 동안, BOD 175~232 mg/L 유지
- 총질소도 13시 10분경 7.340 mg/L로 증가, 특히 암모니아성 질소 4.440 mg/L(총질소의 60.5 %)으로 총질소 증가 주요 원인 ⇒ 하수 유입에 의한 암모니아성 질소 증가 추정

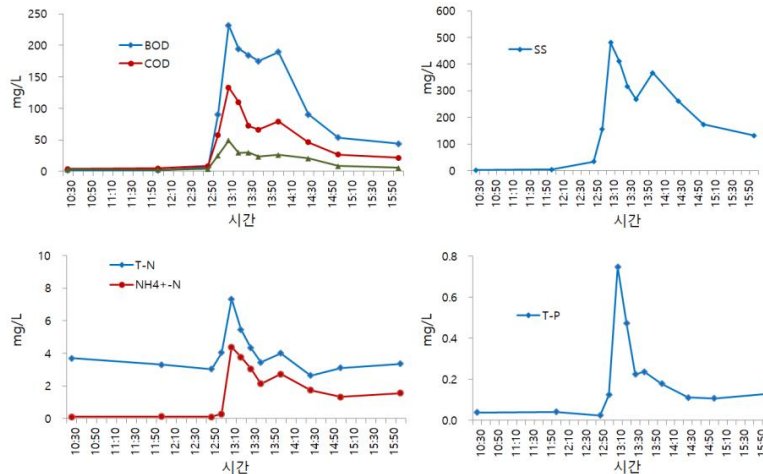


그림 3. 비점오염에 의한 온천천 수질변동(2020. 4. 17)

□ 장마기 비점오염 (2020. 7.27)

○ 강우 특성

- 총 41mm, 시간당 2~10mm 내외의 강우, 약 7시간 발생
- 조사 4일 전 192 mm, 5일 전 83 mm의 선행강우가 있었음

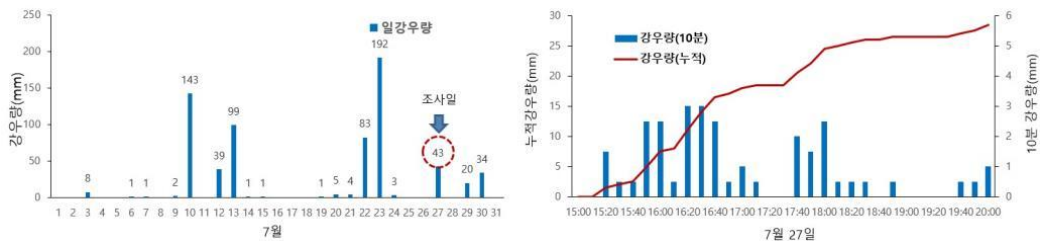


그림 4. 조사 시의 강우 특성(2020. 7. 27)

○ 비점오염 상황

- 강우 시작 약 1시간 30분 후(16:30~16:40) , 누적강우 14 mm에서 BOD 26.5 mg/L, SS 244.0 mg/L의 최고 오염도 발생
- BOD 20 mg/L 이상의 오염도는 10분 정도 짧게 유지
- 총질소, 암모니아성 질소는 강우 이후 감소

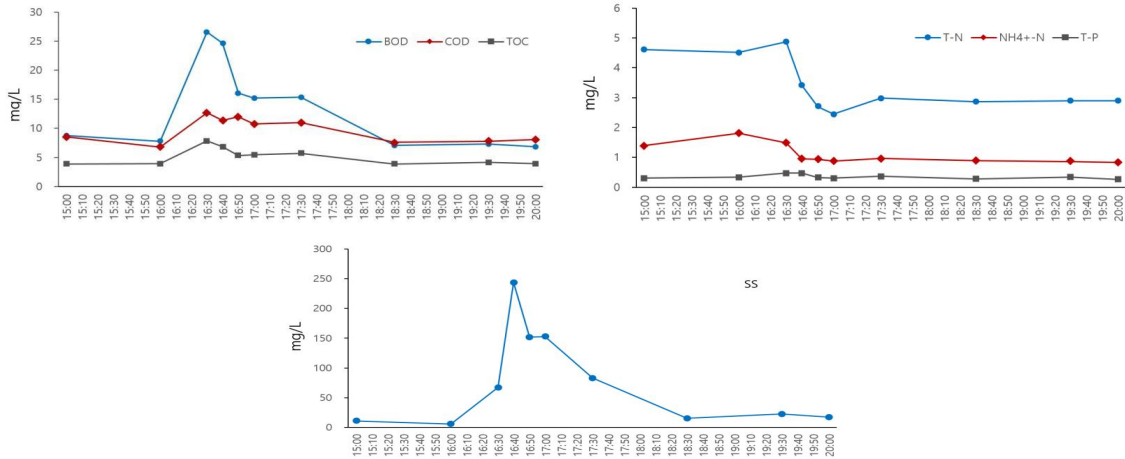


그림 5. 비점오염에 의한 온천천 수질변동(2020. 7. 27)



(a) 2020.4.17.(갈수기)

(b) 2020.7.27.(장마기)

그림 6. 강우에 의한 비점오염물질 유출 시의 온천천 하천수 색상 변화

□ 비점오염 하천수 특성

○ 용존산소 소모 경향

- 갈수기 초기 유출수(BOD 232.2 mg/L)
- ⇒ 2~3일째에 1일간 73 mg/L로 가장 많은 산소 소모, 20일 후, 총 505.2 mg/L의 산소 소모
- : 갈수기 강우에 의한 비점오염유출수 체류 시, 심각한 용존산소 고갈 유발
- ⇒ 갈수기 초기우수 관리가 하천생태계 관리 주요 사안

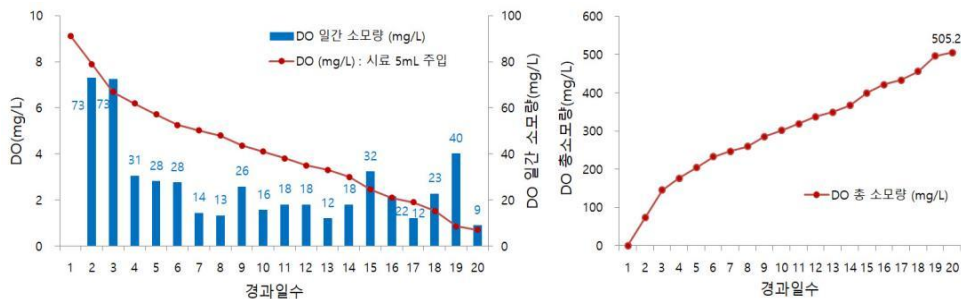


그림 7. 갈수기(4/17) 초기유출수 산소 소모(BOD20) 실험

- 장마기 초기 유출수(BOD 26.5 mg/L)

⇒ 유출 초기인 2~4일째에 1일간 7.4~9.3 mg/L의 산소 소모
 20일 동안 총 63.7 mg/L의 산소 소모 : 갈수기(4/17)의 12 %

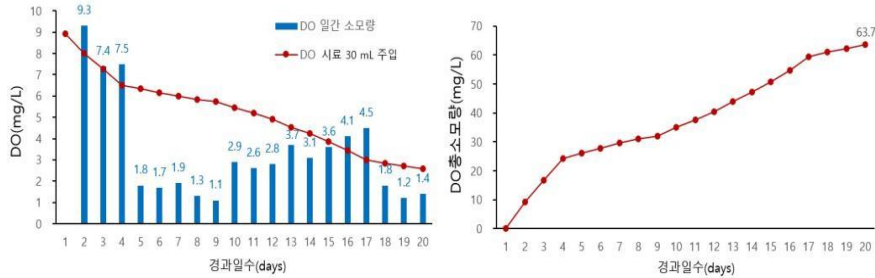


그림 8. 갈수기(7/27) 초기유출수 산소 소모(BOD20) 실험

○ 중금속 : 갈수기 초기 유출수(BOD 232.2 mg/L) 분석

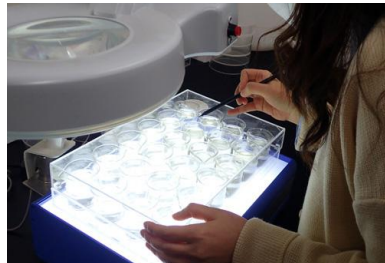
⇒ 납(Pb), 크롬(Cr), 아연(Zn), 구리(Cu) 저농도 검출 (수질환경기준 이내)

표 2. 비점오염 유출수 중금속 농도(mg/L)

채수지점	항목	Pb	Ni	Sb	Cr	As	Cd	Zn	Cu	Hg
세병교(13:10)		0.04	불검출	불검출	0.015	불검출	불검출	0.501	0.0899	불검출

○ 생태독성(물벼룩을 이용한 급성 독성 평가)

- 갈수기 초기 유출수(BOD 232.2 mg/L) 분석 ⇒ TU(Toxic Unit) = 0 → 생태독성 없음



(a) 생태독성 평가 과정



(b) 시험생물(Daphnia Magna Straus)

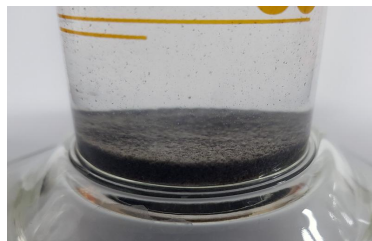
그림 9. 생태독성 평가과정 및 생태독성 시험생물

○ 침전물 완전연소가능량(유기물질량)

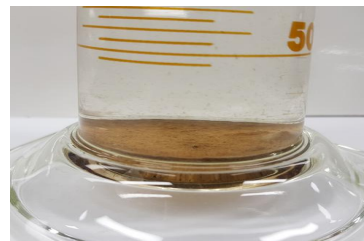
- 갈수기 초기 유출수 침전물 : 완전연소가능량 → 39.3 %

- 장마기 초기 유출수 침전물 : 완전연소가능량 → 17.7 %

⇒ 갈수기 강우 침전물에 유기물 2배 이상 함유



(a) 갈수기 조사 시의 침전물



(b) 장마기 조사 시의 침전물

그림 10. 비점오염 유출 하천수 침전물

□ 강우 시 비점오염 인자 추정

○ 갈수기(2020.4.17.)

- BOD, COD, SS가 초기 강우 시 짧은 시간 큰 폭으로 증가 : 검은색의 냄새 나는 입자 성분 확인(그림 10)
⇒ 강우 초기 고농도 오염은 혐기화된 관거 퇴적물이 주요 원인으로 추정
- T-N, T-P는 BOD 등에 비해 큰 폭의 증가가 관찰되지 않음
⇒ 하수 자체의 월류가 주요 오염 원인은 아닌 것으로 판단

○ 장마기(2020.7.27.)

- BOD, COD, SS의 초기 강우 시 증가폭이 상대적으로 낮음 : 하수의 성상이 색상도 갈색이고 냄새도 약함
⇒ 선형강우로 관거퇴적물의 영향이 배제된 것으로 판단되며, 하수의 영향이 오염도 상승에 지배적으로 기여 추정

※ 하수요인과 기타 요인(관거퇴적물, 도로퇴적물 등)의 검증을 위해서는 추가적인 조사기법이 필요
→ 2021년도에는 도로, 주택가, 산지 등 별도 조사

표 3. 수영하수처리장 하수 수질과 세병교 지점 비점오염 농도

조사시기		항목	BOD	COD	SS	T-N	T-P
갈수기 (2020.4.17.)	하수 ²⁾		207.3	87.3	181.2	46.268	4.682
	강우 전		1.6	4.2	3.0	3.715	0.038
	최대오염값		232.2	133.6	481.2	7.343	0.748
	강우 중		50 내외	30 내외	150 내외	3.2 내외	0.1 내외
장마기 (2020.7.27.)	하수		123.1	57.1	138.3	27.529	2.859
	강우전		8.7	8.5	10.4	4.601	0.302
	최대오염값		26.5	12.7	244.0	4.872	0.478
	강우 중		7 내외	8 내외	20 내외	2.9 내외	0.3 내외

□ 온천천 지점별 비점오염 상황 (2020. 11. 19)

○ 강우 상황

- 총 34mm, 시간당 5 mm 내외의 약한 강우가 약 11시간 발생
- 조사 10일 전까지 선형 강우가 없었음
- 조사지점은 세병교, 상류의 지천 2개(사직천, 명륜역 옆)
사직천 상류의 목교 등 총 4개 지점 채수

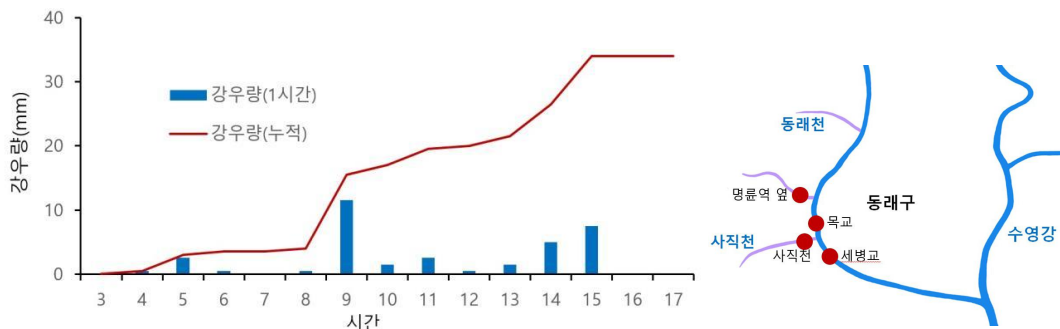


그림 11. 조사시기의 강우 상황 및 조사지점

2) 수영하수처리장 유입 원수 월평균 자료

○ **지점별 비점오염 상황**

- 강우 초기에 사직천 상류의 두 지점(목교, 명륜역 옆)이 BOD 160 mg/L 내외로 가장 높았음
- 강우 초기에 사직천 오염 농도는 상류에 비해 낮음 ⇒ 사직천 비점오염 저감시설 가동 효과 추정
- 강우 이후 1시간 이상 경과 시에는 조사지점 간 수질 격차가 줄어들어 BOD 약 30 mg/L, SS 약 200 mg/L로 지점 간 상호 유사
- 사직천 비점오염 저감시설의 효과는 확인되나 온천천 중·상류로부터의 하수유희수, 비점오염물질 등 유입 지속
- ⇒ 온천천 비점오염 저감을 위해서는 분류식하수관거, 추가적인 비점오염 저감시설 등 투자 필요

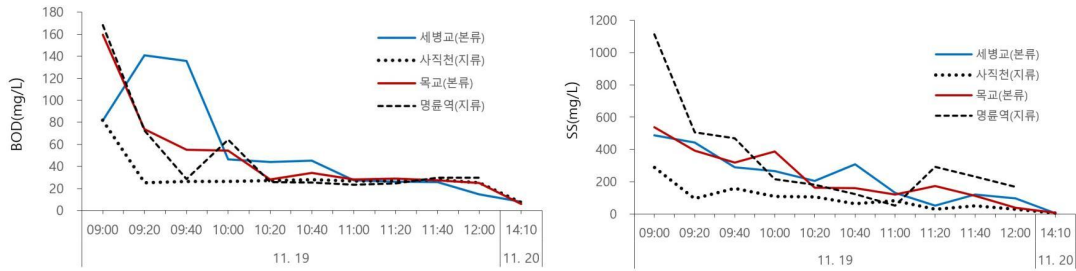


그림 12. 세병교 및 세병교 상류 3개 지점(총 4개지점)의 강우 시 수질변동(2020. 11. 19)

3. 요약 및 결론

- 온천천 세병교 지점 등에서 2020년 총 3회 강우 시 수질조사 실시
 - 갈수기 2회, 장마기 1회
- 갈수기(4/17) 초기 우수에 의한 비점오염은 누적강우 11 mm에서 BOD 232.2 mg/L, SS 481.2 mg/L의 고농도로 발생
- 장마기(7/27) 초기 우수에 의한 비점오염은 누적강우 14 mm에서 BOD 26.5 mg/L, SS 244.0 mg/L으로 갈수기에 비해서는 대폭 감소
- 비점오염 유출수에 의한 용존산소 소모는 갈수기(4/17) 초기 강우에 의해서는 20일간 총 505.2 mg/L, 장마기(7/27)에는 20일간 총 63.7 mg/L였음
 - ⇒ 갈수기 오염된 초기우수가 온천천 하류에 축적되면 심각한 산소 고갈 유발
 - ⇒ 갈수기 초기우수에 대한 비점오염 대책 집중 필요
- 강우 초기 고농도 오염은 혐기화된 관거 퇴적물이 주요 원인으로 추정
 - ⇒ 하수관거 적정유속 확보(입자 퇴적 방지), 강우 전 관거 청소 등에 의해 오염도 저감 가능
- 비점오염 유출수 중금속 농도는 수질환경기준 이내였으며 물벼룩을 활용한 생태독성 시험에서도 독성반응은 없었음
- 비록 사직천 비점오염시설이 가동 중이고 어느정도 효과는 확인되었으나 사직천 상류 등에서도 상당한 비점오염 부하가 유입되고 있어 추가적인 비점오염 대책이 필요한 실정임

4. 기대효과

- 도심하천 비점오염 현황 파악 및 수질정책 자료 제시
- 분류식 하수관거, 비점오염 저감시설 등 수질정책 효과 제시