

하천 비점오염 조사

- 부산 하천의 비점오염 현황을 온천천을 중심으로 총 3회 조사
- 분류식 관거 등 수질개선 사업에 따른 비점오염 개선 파악

1. 조사개요

- 조사근거 : 자체 계획, 「하천 비점오염 조사계획」(2019.1.07.)
- 조사목적
 - 하천 비점오염 발생경향 파악 및 개선방향 모색
 - 분류식관거, 비점오염 저감 등에 따른 수질개선 추세 파악
- 조사시기 : 2019년 총3회(4.29, 6.26, 8.06)
- 조사지점 : 온천천 세병교(동래구 소재)
- 조사방법 : 강우 시 일정시간 간격 하천수 채수 후 분석
(강우강도에 따라 채수 간격 조정)
 - ※ DO, 전도도 : 보건환경연구원 자동측정망 자료 활용
 - ※ 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 비점오염 물질의 유하경로에 위치
- ② 비점오염물질에 의한 수생태계 건강성 악화 지점 : E (매우 나쁨) 등급

2. 강우상황

□ 강우현황

- 2019년 강수량은 총 1,623 mm로 평년강수량¹⁾ 1,519 mm보다 7 % 증가
- 6월 ~ 10월에 전체 강우의 77.5 %가 집중되었음

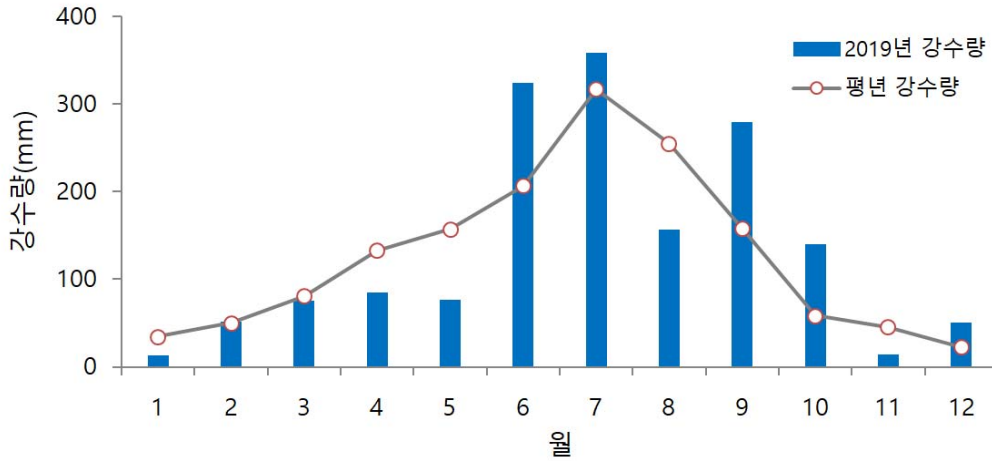


그림 2. 2019년 월별 강우 분포

□ 선행강우량

- 1차 조사(4.29) : 조사일 전 10일간 총 30.5 mm의 선행강우 발생
- 2차(6.26), 3차(8.06) 조사 : 조사일 전 10일간 거의 강우가 없는 상태에서 조사 당일 75 ~ 125 mm의 큰 비 내림

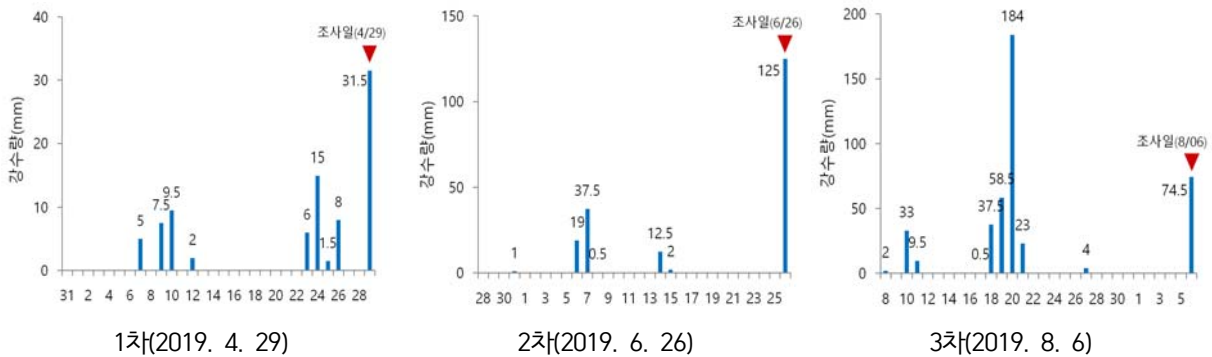


그림 3. 조사일 이전 30일 선행 강우량 현황

1) 1981년~2010년(30년) 평균 강수량. 10년마다 기상청에서 결정

표 1. 조사일 이전 선행강우량 등

조사일	선행 강우량(mm)			선행 무강우일수(일) ²⁾	조사일총강우량 (mm)
	5일	10일	30일		
1차(4.29)	24.5	30.5	54.5	2	31.5
2차(6.26)	없음	없음	72.5	10	125.0
3차(8.06)	없음	4.0	352.0	9	74.5

3. 조사결과

□ 1차 조사 (2019.4.29.)

⇒ 오염 농도가 서서히 증가, 서서히 회복 패턴 보임

○ 강우 특징

- 24.5 mm의 5일 선행강우 조건 하에서, 총 31.5 mm의 강우 발생
- 약 12시간, 10분당 약 0.5~1mm 정도의 강우가 산발적 발생

○ 수질 변동

- 강우 발생 5시간 후(누적 8 mm)에서 1차 BOD 상승(73.7 mg/L), 강우 발생 7시간 후 (누적 13.5 mm)에서 2차 BOD 상승(96.0 mg/L)
- BOD 최대값(96.0 mg/L)에서의 BOD/COD 비는 약 2.8 임
 - 미생물 분해가 매우 활발한 유기물이 대부분
- TN은 강우 전 3.543이었으나 강우 후 10.144 까지 상승
 - TN 상승은 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 증가가 가장 큰 원인임
- SS는 강우강도 증가에 따라서도 증가
- DO는 강우 5시간 후 4.1 mg/L의 최저값을 보인 후 서서히 회복

표 2. 1차 조사시의 강우 시 비점오염물질 오염 농도

조사시간	DO (mg/L)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/L)	TP (mg/L)
강우 전	7.1	351	1.5	3.5	2.5	2.0	3.543	0.189	0.094
최고 BOD값 발생 시	4.1	259	96.0	33.8	19.6	174.0	10.144	4.024	1.390

2) 조사일 전 비가 오지 않은 일수(ADD, Antecedent Dry Days). 대체적으로 강우 유출수 최고농도는 선행 무강우일수에 비례하는 경향이 있음

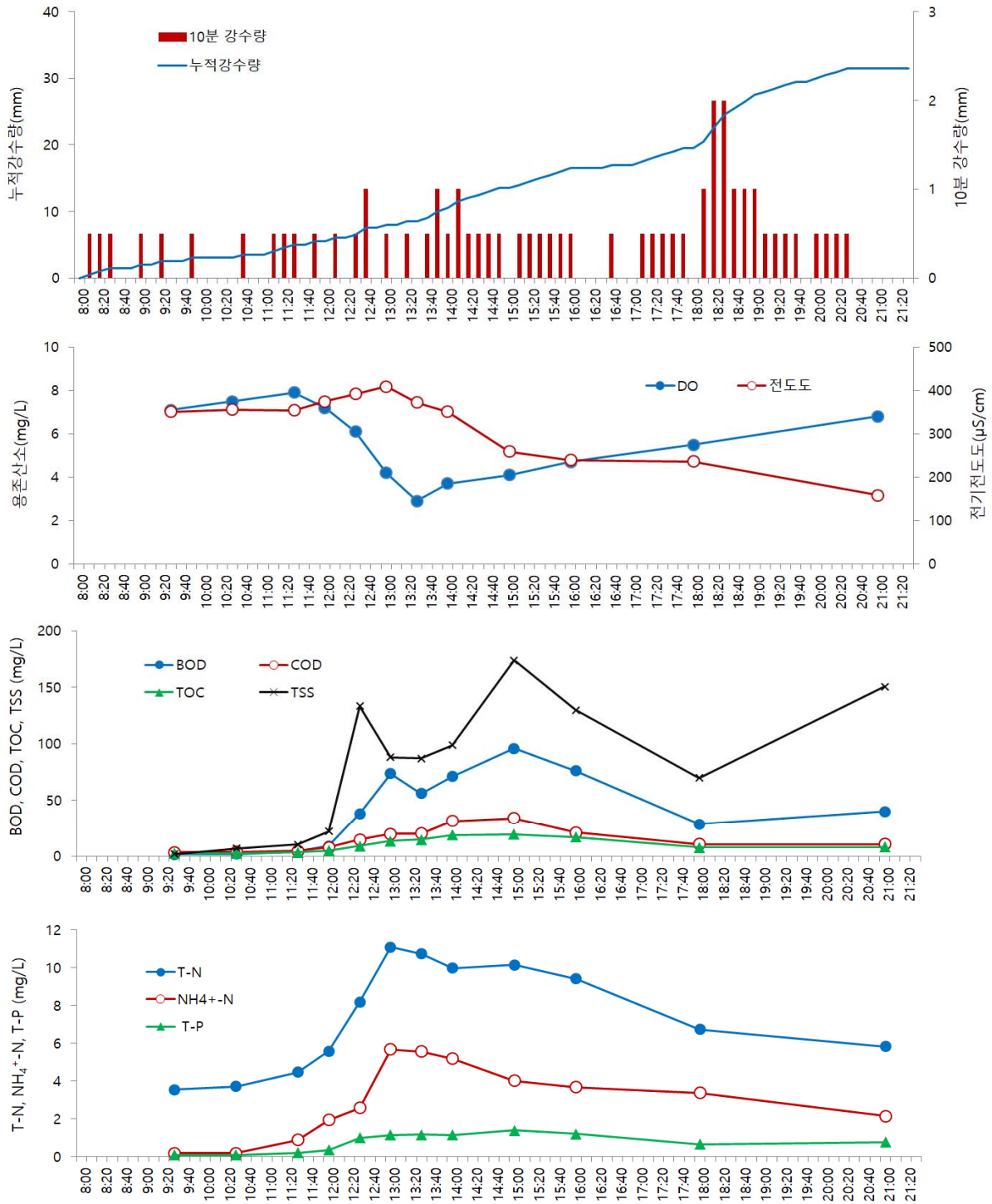


그림 4. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(1차 조사)

□ 2차 조사 (2019.6.26.)

⇒ 오염 농도가 급격히 증가한 후, 빠르게 회복하는 패턴 보임

○ 강우 특징

- 10일간 선행강우 없는 조건 하에서, 총 125.0 mm의 강우 발생
- 총 24시간 30분간 강우 발생, 강우 초기(09:50~10:50)에 시간당 9.5 mm, 다음 1시간(10:50~11:50)에 시간당 31.5 mm의 강우 발생

○ 수질 변동

- 강우 발생 90분 후(누적 25 mm)에서 BOD 최고값(89.8 mg/L) 발생, 이후 30분 뒤에는 BOD 45.5 mg/L로 급격히 감소함
 - BOD 피크값을 나타내는 시간이 30분 이내로 매우 짧음
- TOC, TN, TP등 다른 항목도 BOD와 유사한 패턴을 보이나, SS는 상대적으로 높은 값을 장시간 유지
- DO는 초기 오염 발생 시에 6.9에서 5.0으로 소폭 하락하였으나 30분 후 6.1로 빠르게 회복
 - 강우량이 많을 경우 DO 감소 현상은 잘 나타나지 않음
- 전기전도도(EC)는 많은 강우량 때문에 강우 직후 급격히 하강

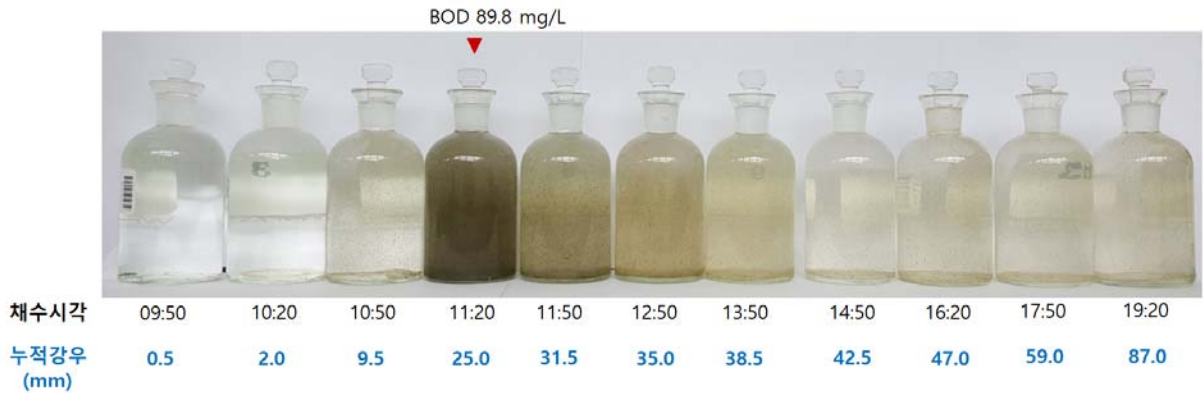


그림 5. 강우시간에 따른 하천수의 상태(2차 조사)

표 3. 2차 조사시의 강우 시 비점오염물질 오염 농도

조사시간	DO (mg/L)	EC (μS/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	NH4 ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
강우 전	6.9	304	1.3	4.6	2.8	4.0	2.173	0.021	0.072
최고 BOD값 발생 시	5.0	172	89.8	64.9	28.1	296.2	9.760	3.073	1.890

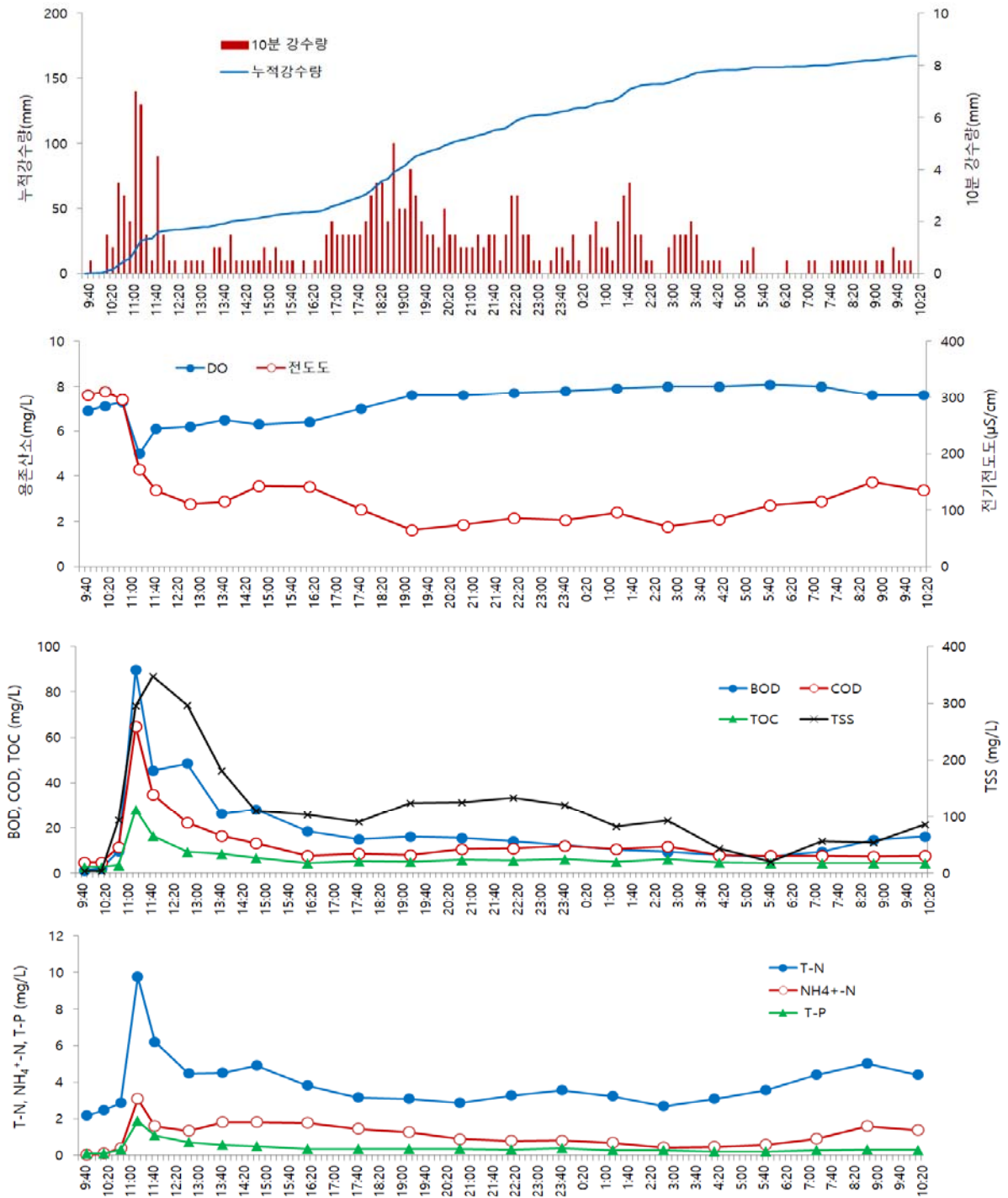


그림 6. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(2차 조사)

□ 3차 조사 (2019.8.06.)

⇒ 강우강도가 높은 상태에서 순간적으로 고농도의 BOD, TSS 등이 발생,
이후 빠르게 회복하는 패턴 보임

○ 강우 특징

- 5일 선행강우는 없고, 10일 선행강우가 4 mm 정도로 작은 건조한 환경에서 총 74.5 mm의 비가 6시간 정도 강하게 내림
- 강우 초기(14:00~15:00)에 시간당 6.5 mm, 다음 1시간(15:00~16:00)에 시간당 19.0 mm의 강우 발생

○ 수질 변동

- 강우 발생 90분 후(누적 16 mm)에서 BOD 최고값(240.6 mg/L) 발생. 이후 30분 뒤에는 BOD 79.4 mg/L로 급격히 감소함
→ BOD 피크값을 나타내는 시간이 30분 이내로 매우 짧음
- BOD 최고값이 나타나는 순간의 BOD/COD의 비가 3.7로 매우 높음
→ 하수관거 등에 혐기성 상태로 퇴적된 오염물질이 한꺼번에 유출되어 산소를 소모하는 것으로 판단됨
- SS값이 순간적으로 최고 637.8 mg/L의 고농도로 나타남

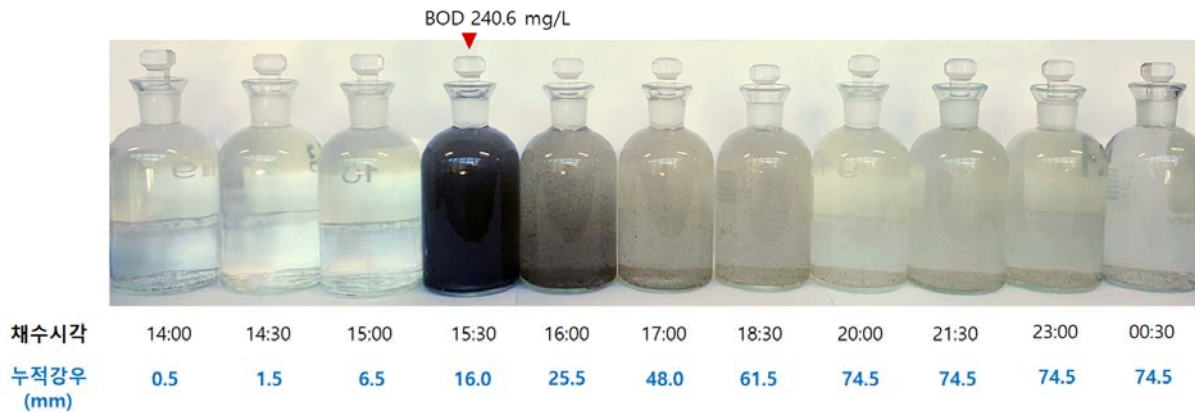


그림 7. 강우시간에 따른 하천수의 상태(3차 조사)

표 4. 2차 조사시의 강우 시 비점오염물질 오염 농도

조사시간	DO (mg/L)	EC (μS/cm)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	NH4 ⁺ -N (mg/L)	TP (mg/L)
강우 전	7.0	232	2.0	4.3	2.7	4.4	3.087	0.006	0.110
최고 BOD값 발생 시	1.5	227	240.6	65.4	34.4	637.8	22.052	8.238	1.906

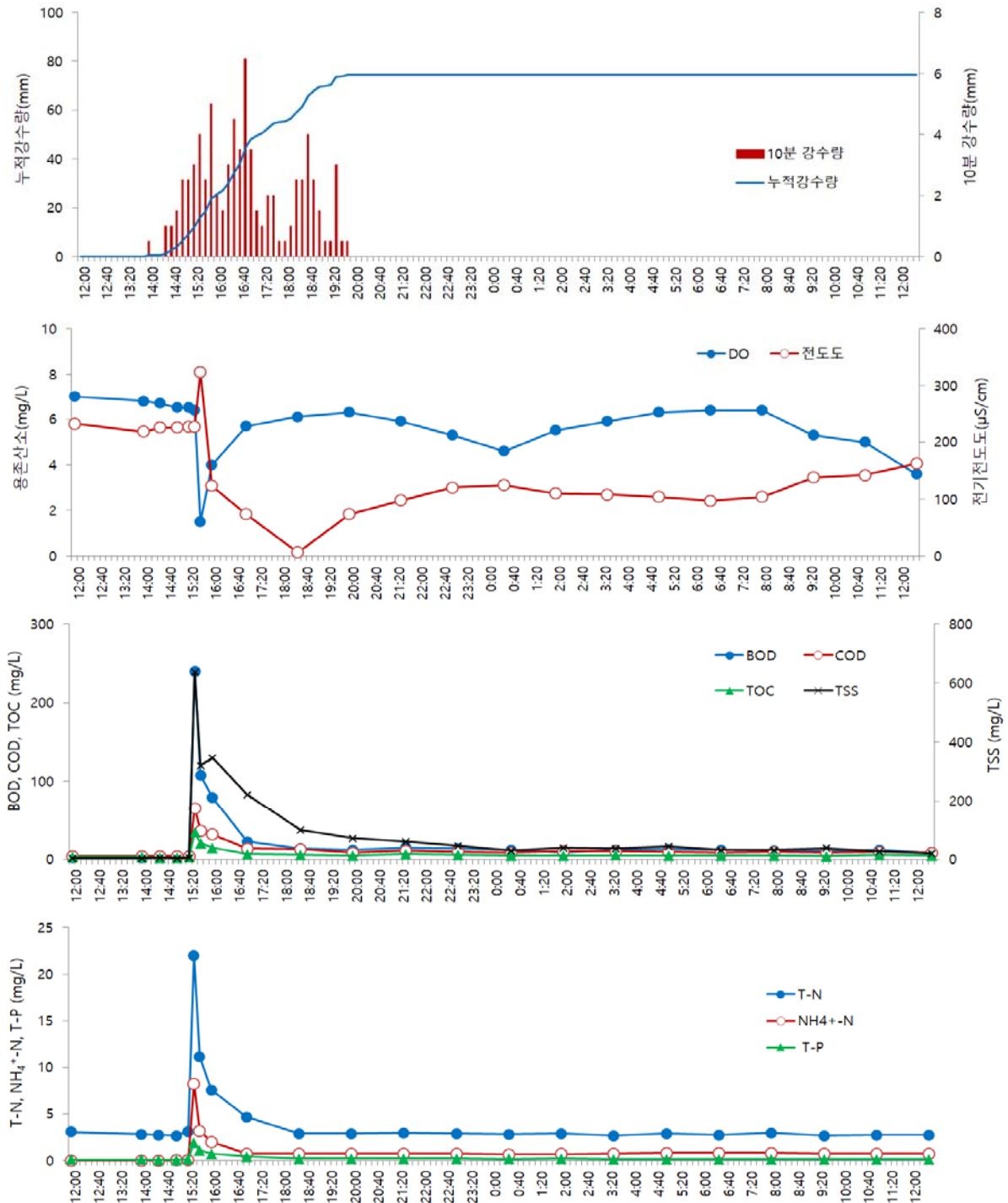


그림 8. 강우시간에 따른 오염물질농도 변화(3차 조사)

4. 요약 및 결론

- 온천천 세병교 지점에서 2019년 총 3회 강우 시 수질조사 실시
- 초기 우수에 의한 고농도 오염은 누적강우 8 ~ 25 mm에서 최고 BOD 89.8 ~ 240.6 mg/L 범위에서 발생
 - 특히 8월 조사 시에는 BOD가 240.6 mg/L까지 고농도 상승
 - 하수관거 혐기성 퇴적물 등이 일시에 유출 영향 추측
 - 최고 오염농도 유지 시간은 대체로 30분 이내였음
- 비점오염은 5일 이내에 선행강우가 있을 경우는 오염농도가 다소 서서히 증가, 서서히 감소했으나, 선행강우가 없을 경우에는 강우 초기에 급격한 오염농도 증가가 관찰됨
 - 10일 이상 선행강우가 없을 때의 초기오염 대응 필요
- 강우강도가 높을 경우 SS 농도 특히 증가
 - : 8월 조사 시 강우 발생 90분 후(누적 16 mm)에서 TSS가 최고 637.8 mg/L까지 상승
 - SS는 하천 하류에서 퇴적되어, 생태 파괴, 악취 발생, 영양염류 용출 등 악영향 유발
 - 하수관거, 우수관, 도로 등에 오염물질 축적 방지 필요
- DO는 강우 초기에 잠시 하락하나 1시간 내에 빠르게 회복 경향
 - : DO 감소는 갈수기의 10~20mm의 짧고 강한 강우에서 현저한데, 향후 보완 조사 필요

※ 하천 비점오염 관리 대책

관리대책	세부내용
• 분류식 하수관거 정비	- 합류식 하수관거 오염퇴적물 ³⁾ 이 강우 시 한꺼번에 유입되는 현상 방지 - 강우 시 및 강우가 그친 후 하수량 증가로 미처리 하수가 하천으로 유입되는 현상 방지
• 유역 비점오염원 관리	- 나대지 및 건설공사장 : 강우 시 미세토사 하천 유입 → 초목 식재 및 덮개 설치 등 - 쓰레기 투기, 폐기물 야적 관리 감독 강화 - 도로 청소 등
• 비점오염 저감 시설 확보	- 초기 우수에 의한 침투 오염부하 감소 → 초기우수 저류 및 처리 후 방류
• 우수 침투저류 확대	- 보도, 주차장 등 포장재의 투수성 개선 - 소규모 우수저류, 침투시설 분산 배치 - 우수저류지 확보 → 홍수 및 비점오염 저감 동시 확보

5. 활용방안 및 기대효과

- 부산 도심하천의 비점오염 현황 및 개선 필요성 파악
- 부산 하천의 수질 및 수생태계 개선 정책자료 제공
- 비점오염 저감시설 및 분류식 하수관거 등 수질개선 사업의 실효성 확인

3) 합류식하수관거는 관거의 규모가 커 유속이 느리기 때문에 입자성 오염물질이 관거 내에 장기간 퇴적되는 경우가 많음