

발간등록번호
11-1480523-003713-01

NIER-SP2018-256

비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사 - 새만금, 골지천 유역(Ⅱ) -

Monitoring and Investigation of Pollutant Loads in Non-point Sources Management
Areas: Focusing on Saemangeum and Goljicheon Watersheds(II)

최종보고서

강원대학교
(주)수질환경분석센터
전북연구원
전북녹색환경지원센터
한국수계환경연구소

국립환경과학원

제 출 문

국립환경과학원장 귀하

본 보고서를 '비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사-새만금, 골지천 유역(Ⅱ)' 용역 결과보고서로 제출합니다.

2018. 12.

연구기관명	강원대학교
연구책임자	임 경 재
연 구 원	금동혁, 한정호, 이서로, 이현구 성준민, 한미린, 이한필, 손장원 정선아
연구기관명	(주)수질환경분석센터
연구책임자	신 민 환
연 구 원	유나영, 임정하, 홍다정, 황수빈
연구기관명	(재)전북연구원
연구책임자	장 남 정
연 구 원	정용훈, 조하진
연구기관명	전북녹색환경지원센터
연구책임자	원 찬 희
연 구 원	지석인, 이희재, 김희준, 이동관 심 준
연구기관명	(사)한국수계환경연구소
연구책임자	정 광 욱
연 구 원	정인균, 박진성, 강수만

요 약 문

I. 연구개요

연구과제명	국문	비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사 - 새만금, 골지천 유역(Ⅱ) -		
	영문	Monitoring and Investigation of Pollutant Loads in Non-point Sources Management Areas: Focusing on Saemangeum and Goljicheon Watersheds(Ⅱ)		
연구기관	강원대학교 (주)수질환경분석센터 (재)전북연구원 전북녹색환경지원센터 (사)한국수계환경연구소	연구책임자	소속	강원대학교
			성명	임 경 재
연구기간	2018.4.30 ~ 2018.12.14 (8개월)			
연구비	199,900,000원			
참여연구원수	총 28명	내부 : 12명, 외부 : 16명		

II. 연구목적 및 필요성

- 「물환경보전법」 제54조에 의거 새만금 및 골지천 유역 중 비점오염관리가 필요한 지역을 비점오염원관리지역으로 지정·고시함('13.12.24)
- 이에 따라 환경부는 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역의 관리대책을 마련('14.12.31)하고, 관할 시·도지사는 관리대책의 시행을 위한 계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아 시행계획을 수립함('17.1.17, '17.10.18)
- 새만금유역과 골지천유역 비점오염원관리지역에 대한 강우시 모니터링 및 유역모델 구축을 통해 해당 유역의 비점오염물질 유출 특성을 분석하고, 향후 비점오염원 관리방안 추진 등에 따른 비점오염 영향 변화를 정량적으로 평가하는데 활용하고자 함
- 특히 본 과제의 모니터링 및 모델링 결과를 바탕으로 최적 모니터링 시기를 도출하고 비점오염원관리지역 시행계획의 관리목표 달성도를 평가함
- 이와 함께 목표달성 평가 방법 등을 제시함으로써 비점오염원의 정량화 방안을 수립하고 향후 활용방안을 제시하여 제도의 성공적 시행에 기여하고자 함

III. 연구내용 및 방법

- 연구범위: 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역
- 연구내용

- 조사 지점 : 새만금 유역 6개 지점, 골지천 유역 5개 지점
 - (새만금 유역 조사지점) : 만경강유역(무명천, 오산, 만경대교), 동진강유역(금구천, 군포교, 동진대교), 전주천6(비점오염물질 측정망 시범사업)
 - ※ 2017년도 조사지점인 황산교와 죽산교는 제수문의 영향으로 비점유출 특성을 파악하기 어려워 2018년도 조사에서 무명천과 금구천으로 변경하여 강우유출수 모니터링을 수행함
 - (골지천 유역 조사지점) : 송계교, 제1여량교, 태봉2교, 관말교, 검무교
- 조사항목: 전기전도도, 탁도, pH, SS, TOC, BOD, TN, TP, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P
- 측정주기 : 무강우시 월 1회, 강우시 최소 5set
 - ※ 무강우시 자료 : 환경부 수질측정망, 한강홍수통제소(송계교, 제1여량교) 등 최대 활용
- 채수방법: 강우시 시료채취는 자동채수기를 이용한 채수를 원칙으로 함
- ‘물환경측정망 운영계획’에 따라 수질항목, 주기별로 조사
- 유역모델 구축
 - 기 구축된 유역모델을 바탕으로 기상·환경기초시설 방류 등 유역모델 입력자료 현행화(주요 환경기초시설 방류, 수리시설물 운영, 기상 등 모델입력자료 갱신 및 모델 재현성 검토)
 - 유역별 목표설정 지점 등에 대한 유량 및 수질 검·보정
 - 유역모델별 적정 매개변수 범위 도출
- 강우유출수조사 및 유역모델 결과도출
 - 강우시 비점관리가 필요한 관리유량구간 및 침투수질, EMC, 오염부하 등 산정
 - 관리유량구간 등을 고려한 최적 모니터링 시기 도출
 - 관리대상물질(새만금 유역: TP, 골지천 유역: SS)에 대한 목표달성 평가

IV. 연구결과

1. 현장조사

- (새만금 유역) 새만금 유역 비점오염원관리지역에서 목표달성도 평가하고, 비점오염물질 유출특성을 파악하기 위하여 관리지점 중 오산, 만경대교, 군포교, 동진대교 지점과 지류하천 2개 지점(무명천, 금구천)을 포함한 총 6개 지점에서 6차에 걸쳐 강우시 모니터링을 수행함
 - 유역의 상류에 위치한 무명천과 금구천 지점은 강우시 유량 변화에 따라 수질이 변화하는 일반적인 강우유출 특성을 보이며, 조사 시기별로 농업배수로 인한 영향도 크게 받는 것으로 판단됨
 - 유역의 하류에 위치한 오산, 만경대교, 군포교, 동진대교 지점은 강우시 유량 변화에 따라 일관된 수질 변화는 잘 나타나지 않고 대부분 평이한 농도분포를 보이고 있어 유역 내 농경지 및 초

본지대에서 완충작용과 제수문 조작에 의한 영향을 받는 것으로 판단됨

- 각 조사지점에서 강우량과 수질항목별 EMC 간의 상관관계는 낮게 나타났고, 지점별로 BOD 및 T-P의 EMC는 무명천 지점에서 가장 높았음
- 각 조사지점별로 만경대교 지점에서 BOD 부하량은 23.3~902.3 kg/event, T-P 부하량은 1.075~18.901 kg/event로 나타났으며, 동진대교 지점에서는 BOD 부하량은 3.777~211.4 kg/event, T-P 부하량은 0.258~7.793 kg/event로 산정되어 만경강 유역이 강우이벤트 동안 오염부하량이 상대적으로 높은 것으로 나타남
- (골지천 유역) 골지천 유역 비점오염원관리지역에서 목표달성도를 평가하고, 비점오염물질 유출 특성을 파악하기 위하여 우선관리지역 3개 지점(태봉2교, 관말교, 검무교)과 관리대상지역(송계교, 제1여량교) 2개 지점 등 총 5개 지점에서 6차에 걸쳐 강우시 모니터링을 수행함
- 각 조사지점별 강우유출수 조사별로 유량과 수질농도를 이용하여 EMC 농도를 산정한 결과 SS 항목의 EMC 농도는 지점별 발생한 강우량의 영향뿐만 아니라 상류의 농경지 영농활동이나 인위적인 영향 등으로 인해 큰 편차가 있는 것으로 보여짐. 각 강우유출수 조사별 EMC 농도는 태봉2교가 가장 큰 것으로 나타났으며, 태봉2교 하류에 있는 송계교가 두 번째로 큰 것으로 나타남. 그러나 유하거리가 긴 제1여량교에서는 EMC 농도가 크게 감소하였으며, 관말교와 검무교도 태봉2교에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타남. 또한 EMC 농도는 최대강우강도와 선행무강우일 수 그리고 농경지의 영농활동에 의한 영향 등에 따라 상이하며, 강우량 만의 상대적인 크기는 뚜렷하게 나타나지 않음.
- 1차부터 6차 조사까지 발생한 오염부하의 합을 이용하여 상류유역의 면적을 고려한 단위면적당 오염부하를 산정한 결과 태봉2교의 SS 항목의 단위면적당 오염부하가 1,055.6 kg/ha로 가장 컸으며, 관말교가 246.11 kg/ha, 그리고 검무교가 249.1 kg/ha로 나타남. 또한, 송계교의 단위면적당 오염부하는 1,085.1 kg/ha로 나타났으며, 제1여량교의 단위면적당 오염부하는 287.3 kg/ha로 나타남.

2. 유역모델 구축

- (새만금 유역) 새만금 유역의 비점오염물질 유출 특성 분석에 사용된 HSPF 모델은 기존 연구(국립환경과학원, 2014; 전라북도, 2017)에서 적용되었던 모델로 동일한 모델을 2018년 가장 최신의 자료까지 현행화 하여 확장 구축하였음
- 유역모델의 유량 보·검증을 위하여 만경강 유역(미산교, 삼례교)과 동진강 유역(행정교, 동진강 3)의 유량 대표지점을 선정하였고, 보정 후 상대오차(%difference)를 이용한 모델의 효율성 평가 결과, 만경강 유역의 미산교 지점은 11.66으로 “Good”으로 평가 되었으며, 삼례교 지점은 8.80로 “Very Good”으로 평가 되었음. 동진강 유역의 동진강 3지점은 11.06으로 “Good”으로 평가 되었으며, 행정교 지점은 17.04로 “Fair”로 나타났으나, R²는 “Good”로 나타나 모의치가 실측

값을 잘 반영하는 것으로 나타남

- 수질 보·검증을 위하여 만경강 유역(전주천6 지점, 김제 지점, 만경대교 지점)과 동진강 유역(동진강3 지점, 동진대교 지점)의 대표지점을 선정하였음. 보정 후, 만경강 유역의 김제 지점 및 만경대교 지점 T-P 상대오차는 2.07, 7.43으로 모델의 효율성 평가 결과 “Very Good”으로 평가되었음. 동진강 유역의 동진강3 지점 T-P 상대오차는 0.78로 효율성 평가 결과 “Very Good”으로 평가되었으며, 동진대교 지점 T-P 상대오차는 19.56으로 효율성 평가 결과 “Good”으로 나타났음
- 또한 수질 보정은 강우유출수 조사 지점(6개 지점)의 시단위 수질측정자료를 이용하여 정밀 검·보정을 실시한 결과, 하였으나, 시단위 보정의 모델 결과와 강우이벤트별로 차이가 나타나는데 이러한 이유는 새만금 유역의 제수문(갑문)의 운영 등 새만금 유역 특성으로 인하여 발생하는 것으로 판단되고, 지점별 5회~6회 측정자료를 이용하여 시단위 모델을 보정하는 것은 한계가 있으며, 장기적인 모니터링 결과를 이용한 추가 분석이 필요하다고 판단됨
- 새만금 유역의 관리유황구간(5~50%)에 해당되는 유량과 T-P 농도의 발생빈도를 분석한 결과, 유역의 비점오염의 영향을 파악하기 위해서는 T-P 농도가 높은 봄철과 가을철 강우시에 집중적으로 모니터링을 수행해야 할 것으로 판단됨
- (골지천 유역) 골지천 유역의 비점오염물질 유출 특성 분석에 사용된 HSPF 모델은 기존 연구(국립환경과학원, 2017)에서 적용되었던 모델로 동일한 모델을 2018년 가장 최신의 자료까지 현행화하여 확장 구축하였음
- 골지천 유역 수문모의에 대한 보정과 검증은 모니터링이 수행된 태봉2교와 관말교, 검무교(단기 강우유출)와, 환경부 수위측정망 지점에 해당하는 3개 지점(장기 유출 : 송계교, 제1여량교, 송천교) 그리고 골지A 지점을 대표지점으로 선정하고, 총 7개 지점에 대해 유량 보정 결과 모든 지점에서 상대오차는 2.35 ~ 13.77, R^2 는 0.70 ~ 0.97의 범위로 모델 효율성은 “Good” 이상으로 평가되었으며, 검증결과 상대오차는 0.17 ~ 12.6으로 모델 효율성은 “Good”으로 나타났지만, 송계교와 송천교의 R^2 는 각각 0.52, 0.58로 “Poor”로 나타나 다른 지점들에 비해서는 모델 효율성이 검증기간에 조금 떨어짐
- 수질 보·검증을 위하여 모니터링이 수행된 5개 지점(검무교, 관말교, 태봉2교, 송계교, 제1여량교)과 골지A 지점을 대표지점으로 선정하고 보·검정한 결과 SS의 상대오차 8.1~28.1의 범위로 모델 효율성은 “Good” 이상으로 나타남.
- 모니터링 현장의 일부 지역에서 특정 시기 수확작업 및 공사 등 인위적 활동으로 인해 토양유실에 직접적인 영향을 미치는 경우가 있었으며, 이러한 경우 예측치가 관측치를 반영하는데 한계가 있었던 것으로 판단됨
- 한편, 대상지역의 지형특성 상 도상거리가 매우 근접한 경우라도 산세로 인해 강우의 국지적 차

이가 뚜렷하게 나타나기 때문에, ASOS(중관기상관측망)으로는 강우특성을 반영하기 어려운 것으로 판단되며, AWS(방재기상관측망) 자료로 보완하더라도 그 밀도가 낮아 한계가 있는 것으로 사료됨

3. 유역모델을 이용한 목표수질 달성도 평가

- (새만금 유역) 새만금 유역 목표수질 달성도 평가는 FDC로부터 도출된 관리유량에 해당되는 유량백분율 구간을 356일 간의 부하량 중 관리유량구간(5~50%)에서 목표수질의 부하지속곡선(LDC) 75% 이상일 경우 목표수질을 달성한 것으로 평가함
 - 1차년도(2017년)에 실측 자료를 이용하여 다양한 방법(개별자료, EMC, 일평균, 자료 분할 등)으로 목표 달성도를 평가한 결과는 전주천6 지점을 제외한 나머지 평가지점에서 목표를 달성한 것으로 평가되었으며, 모델 자료를 이용하여 목표 달성도를 평가했을 경우에는 모든 평가지점에서 목표를 미달성한 것으로 평가됨
 - 실측 자료의 경우 다양한 강우이벤트를 반영하지 못하고, 평가 자료의 개수가 부족하여 목표달성도 평가에 한계가 있으며, 이를 극복하기 위해서는 현장관측을 통해 보·검증된 모델을 바탕으로 평가하는 방안이 요구됨
 - 2차년도(2018년)에서 보·검증된 모델 자료를 이용하여 2015년~2017년(3년), 2016년~2018년(3년)으로 나누어 목표달성도를 평가한 결과, 모든 평가지점에서 관리유량구간 내 T-P 부하량이 부하지속곡선 대비 75% 이하로 나타나 목표를 미달성(전주천6: 22~38%, 오산: 21~31%, 만경대교: 29~46%, 군포교: 3~21%, 동진대교: 27~50%)한 것으로 평가되었으며, 2017년~2018년에 현장조사를 통해 수집된 실측 자료를 이용하여 EMC와 전체자료로 목표달성도를 평가한 결과에서도 모든 평가지점에서 목표를 미달성(전주천6: 25~41%, 오산: 50~51%, 만경대교: 55~63%, 군포교: 57~60%, 동진대교: 59~67%)한 것으로 평가됨
- (골지천 유역) 평가 방법은 해당년도의 FDC로부터 도출된 관리유량에 해당하는 초과유량백분율 구간을 LDC에 표기한 후, 365일 간의 부하량 중 관리유량구간(10~30%)에서 목표수질의 부하량 지속곡선(LDC) 90% 이상일 경우 목표수질을 달성한 것으로 평가함
- 현행 수질오염총량관리에서 목표수질 달성도 평가 방법을 차용하여, 3개년을 1회로 2회 연속 평가하였으며, 이 때 1회의 시간적 범위는 2015년에서 2017년, 2회는 2016년에서 2018년까지가 해당됨
- 1회와 2회에 대한 각 지점에서 부하지속곡선(LDC) 도출을 통해 목표수질에 대한 LDC 목표달성율을 분석하면, 송계교의 경우 관리유량구간(10 ~ 30%)에서 1~2회 모두 100% 초과한 것으로 평가되었으며, 제1여량교의 경우 1회에는 관리유량구간 내 90퍼센타일 농도가 8.4 mg/L(초과빈도 10% 미만, 초과율 9%)으로 만족하였으나, 2회에는 90퍼센타일 농도가 12.5 mg/L(32% 초과)로 나타나 목표수질을 달성하지 못한 것으로 평가되었음

V. 기대성과 및 향후계획

- 국내 비점오염원관리지역에 대한 모니터링 방안 수립
- 모니터링 결과를 이용하여 모델링 현행화 방안 수립
- 모델링 결과를 이용한 목표수질 평가방안 수립
- 인공습지, LID, 물꼬설치, 비료저감 등의 저감가능량 산정 및 정량화 방안 마련
- 비구조적·구조적 BMP의 적용에 따른 비점오염원 저감효과 예측 방안 마련

< 목 차 >

I. 서 론	3
제 1 절 연구배경	3
제 2 절 연구목적	3
II. 연구내용 및 방법	7
제 1 절 연구범위 및 내용	7
1. 연구범위	7
2. 연구내용	8
제 2 절 연구추진 방법	9
1. 조사 및 분석방법	9
2. 연구추진체계	17
III. 연구결과 및 고찰	21
제 1 절 유역현황	21
1. 새만금 유역 현황	21
2. 골지천 유역 현황	30
제 2 절 유역현장조사	44
1. 새만금 유역현장조사	44
2. 골지천 유역현장조사	103
제 3 절 유역모델	158
1. 유역모델 구축	158
2. 새만금 유역모델 보·검증	168
3. 골지천 유역모델 보·검증	195
4. 모델결과를 이용한 유역 최적모니터링 시기 도출	203
제 4 절 목표수질 달성도 평가	210
1. 목표수질 달성도 평가방법	210
2. 목표수질 달성도 평가결과	213
3. 타 수질관리 계획 추진 등에 따른 수질변화 평가	234

IV. 결 론	241
1. 새만금 유역	241
2. 골지천 유역	242
V. 참고문헌	247
VI. 부 록	251
제 1 절 새만금 유역의 비점오염 관리대책 정량화 방안	251
1. 비점오염 저감방안 방향설정	251
2. 저감 가능량 산정 및 정량화 방안	251
제 2 절 골지천 유역의 유역모델을 이용한 최적관리기법 적용 방안	257
1. 비점오염 저감대책을 위한 장래 예측방안	257
<부록 1> 유량 및 수질 분석결과(새만금)	265
<부록 2> 유량 및 수질 분석결과(골지천)	291

< 표 목차 >

<Table 1-1> 수질오염공정시험기준에 따른 수질분석 방법	11
<Table 1-2> 유역 모델 자료 구축 방법	12
<Table 1-3> HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수의 범위(US EPA, 2000)	14
<Table 1-4> HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수의 범위(Bicknell, 2001)	15
<Table 1-5> HSPF 모델의 SS 관련 주요 매개변수의 범위(US EPA, 2006)	15
<Table 2-1> 새만금 유역 토지이용 현황	22
<Table 2-2> 새만금 유역 용수 수요량 전망(2025년 기준)	22
<Table 2-3> 새만금 비점오염관리지역 오원염 현황	23
<Table 2-4> 새만금 비점오염원관리지역 BOD 배출부하량	24
<Table 2-5> 새만금 유역의 강우관측소 현황	24
<Table 2-6> 새만금 유역의 강우관측소 현황	25
<Table 2-7> 새만금 유역 표고 구성비	28
<Table 2-8> 새만금 유역 경사분석도	28
<Table 2-9> 골지천 비점오염원관리지역 전·답 연도별 변화 추이(단위 : km ²)	31
<Table 2-10> 골지천 비점오염원관리지역 축산계 연도별 변화 추이	32
<Table 2-11> 골지천 유역의 강우관측소 현황	32
<Table 2-12> 골지천 유역의 최근 10년간(`08~`17) 강수특성 분석 결과	33
<Table 2-13> 골지천 유역의 AWS 일별 강수량(임계 측정소) -2018	35
<Table 2-14> 골지천 유역 표고 구성비	36
<Table 2-15> 골지천 유역의 행정구역별 표고 구성비	38
<Table 2-16> 골지천 유역의 경사도분석	38
<Table 2-17> 골지천 유역의 행정구역별 경사도분석	39
<Table 2-18> 골지천 유역의 지질분포 특성	40
<Table 2-19> 총량 지점(골지A) 연평균 수질과 유량	42
<Table 2-20> 총량 지점(골지A) 월평균 수질과 유량	43
<Table 2-21> 골지천 1 연평균수질	43
<Table 2-22> 골지천 2 연평균수질	43
<Table 2-23> 골지천 2 연평균수질	44
<Table 2-24> 새만금 유역의 지점별 비강우시 모니터링 결과	49
<Table 2-25> 강우시 조사결과 - 무명천	52
<Table 2-26> 강우시 조사결과 - 오산	52
<Table 2-27> 강우시 조사결과 - 만경대교	52
<Table 2-28> 강우시 조사결과 - 금구천	53

<Table 2-29> 강우시 조사결과 - 군포교	53
<Table 2-30> 강우시 조사결과 - 동진대교	53
<Table 2-31> 모니터링기간 중 강우량 현황(1차 조사 : 6월 11일~6월 12일)	95
<Table 2-32> 모니터링기간 중 강우량 현황(2차 조사 : 6월 26일~6월 27일)	95
<Table 2-33> 모니터링기간 중 강우량 현황(3차 조사 : 8월 23일~8월 24일)	95
<Table 2-34> 모니터링기간 중 강우량 현황(4차 조사 : 8월 26일~8월 27일)	96
<Table 2-35> 모니터링기간 중 강우량 현황(5차 조사 : 9월 21일~9월 22일)	96
<Table 2-36> 모니터링기간 중 강우량 현황(6차 조사 : 10월 5일~10월 6일)	96
<Table 2-37> 새만금 유역의 강우시 EMC 분석결과	97
<Table 2-38> 새만금 유역의 강우시 오염부하량	99
<Table 2-39> 골지천 유역의 지점별 비강우시 모니터링 결과	109
<Table 2-40> 강우시 조사결과 - 태봉2교	111
<Table 2-41> 강우시 조사결과 - 관말교	111
<Table 2-42> 강우시 조사결과 - 검무교	112
<Table 2-43> 강우시 조사결과 - 임계수위표(송계교)	112
<Table 2-44> 강우시 조사결과 - 골지천2(제1여량교)	112
<Table 2-45> 골지천 유역의 강우시 EMC 분석결과	150
<Table 2-46> 골지천 유역의 강우시 SS 오염부하와 단위면적당 오염부하	153
<Table 2-47> 유역모델 구축을 위한 입력자료 현황	160
<Table 2-48> 유역모델(HSPF)에 적용된 기상자료 현황	160
<Table 2-49> 새만금 유역 주요 환경기초시설 운영자료 구축현황	161
<Table 2-50> 새만금 유역 외부유입유량 현황	162
<Table 2-51> 골지천 유역모델 구축을 위한 입력자료 현황	165
<Table 2-52> 새만금 유역 HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수	169
<Table 2-53> 새만금 유역 HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수	169
<Table 2-54> 모형 효율 평가를 위한 %Difference의 범위(절대값)	170
<Table 2-55> R ² Value Ranges for Model Performance	170
<Table 2-56> 새만금 유역의 유량 측정지점 보정 결과 및 평가	171
<Table 2-57> 수질 측정지점 보정 결과 및 평가	181
<Table 2-58> 골지천 유역의 HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수	195
<Table 2-59> 골지천 유역의 HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수	196
<Table 2-60> 모형 효율 평가를 위한 %Difference의 범위(절대값)	196
<Table 2-61> R ² Value Ranges for Model Performance	197
<Table 2-62> 모니터링 지점 (단기 강우-유출)의 보정 결과 및 평가	199
<Table 2-63> 모니터링 지점 (환경부 수위측정망)의 보정결과 및 평가	199
<Table 2-64> 모니터링 지점의 수질 보정결과 및 평가	203
<Table 2-65> 새만금유역 비점오염관리지역 유역 평균 강우량 범위	205
<Table 2-66> 최근 10년(2008~2017) 간 대상유량 월별 발생횟수	208

<Table 2-67> 새만금 유역의 2017년 목표달성도 평가 결과	214
<Table 2-68> 새만금 유역 분석기간별 관리유량구간의 유량(m ³ /s) 범위	216
<Table 2-69> 골지천 유역의 2017년 목표달성도 평가 결과	224
<Table 2-70> LDC 분석을 통한 평가지점의 목표수질 달성여부 평가	229
<Table 2-71> LDC 분석을 통한 평가지점의 연도별 목표수질 달성여부 평가	230
<Table 2-72> LDC 분석을 통한 관리유량구간의 2회 연속 목표수질 달성도 평가	230
<Table 2-73> 강우시 EMC 값을 이용한 목표달성도 평가 결과	232
<Table 2-74> 2017년 임계수위표 지점의 강우시 SS 침투농도 분석결과	233
<Table 2-75> 2018년 임계수위표 지점의 강우시 SS 침투농도 분석결과	233
<Table 3-1> 비점오염 관리대책별 모델 반영방법	257
<Table 3-2> BMPRAC에서 기본 지원되는 최적관리기법	258
<Table 3-3> SPEC-ACTIONS 모듈을 통해 제공되는 영농활동	260

< 그림 목차 >

<Fig. 1-1> 새만금 유역 비점오염원관리지역	7
<Fig. 1-2> 골지천 유역 비점오염원관리지역	7
<Fig. 1-3> 새만금 유역 모니터링 지점	9
<Fig. 1-4> 골지천 유역 모니터링 지점	10
<Fig. 1-5> 강우이벤트별 강우량과 유출곡선 그래프(예시)	16
<Fig. 1-6> 기관별 업무분장	18
<Fig. 1-7> 연구추진 체계도	18
<Fig. 2-1> 새만금 유역 오염총량관리 단위유역 및 하천 현황	21
<Fig. 2-2> 새만금 유역의 강수특성 분석 결과	26
<Fig. 2-3> 새만금 유역의 토지이용도와 고도분포	27
<Fig. 2-4> 새만금 유역 경사도	27
<Fig. 2-5> 만경강 유역 BOD, T-P 변화	29
<Fig. 2-6> 동진강 유역 BOD, T-P 변화	29
<Fig. 2-7> 골지천 비점오염원관리지역의 농경지 면적(전, 답) 변화 추이	30
<Fig. 2-8> 골지천 유역의 강수특성 분석 결과	34
<Fig. 2-9> 골지천 유역의 토지이용도와 고도분포	37
<Fig. 2-10> 골지천 유역 경사도	37
<Fig. 2-11> 골지천 유역 지질분포도	40
<Fig. 2-12> 골지천 유역 측정망 현황	41
<Fig. 2-13> 새만금 유역 모니터링 지점	45
<Fig. 2-14> 새만금 유역 모니터링 지점 상세 현황(만경강 유역)	46
<Fig. 2-15> 새만금 유역 모니터링 지점 상세 현황(동진강 유역)	47
<Fig. 2-16> 새만금 유역 비강우시 지점별 SS와 T-P 농도 변화	48
<Fig. 2-17> 지점별 단면측정 결과	51
<Fig. 2-18> 강우시 조사 결과 - 무명천 1차	55
<Fig. 2-19> 강우시 조사 결과 - 무명천 2차	56
<Fig. 2-20> 강우시 조사 결과 - 무명천 3차	57
<Fig. 2-21> 강우시 조사 결과 - 무명천 4차	58
<Fig. 2-22> 강우시 조사 결과 - 무명천 5차	59
<Fig. 2-23> 강우시 조사 결과 - 무명천 6차	60
<Fig. 2-24> 강우시 조사 결과 - 오산 1차	62
<Fig. 2-25> 강우시 조사 결과 - 오산 2차	63
<Fig. 2-26> 강우시 조사 결과 - 오산 3차	64
<Fig. 2-27> 강우시 조사 결과 - 오산 4차	65

<Fig. 2-28> 강우시 조사 결과 - 오산 5차	66
<Fig. 2-29> 강우시 조사 결과 - 오산 6차	67
<Fig. 2-30> 강우시 조사 결과 - 만경대교 1차	69
<Fig. 2-31> 강우시 조사 결과 - 만경대교 3차	70
<Fig. 2-32> 강우시 조사 결과 - 만경대교 4차	71
<Fig. 2-33> 강우시 조사 결과 - 만경대교 5차	72
<Fig. 2-34> 강우시 조사 결과 - 만경대교 6차	73
<Fig. 2-35> 강우시 조사 결과 - 금구천 1차	75
<Fig. 2-36> 강우시 조사 결과 - 금구천 2차	76
<Fig. 2-37> 강우시 조사 결과 - 금구천 3차	77
<Fig. 2-38> 강우시 조사 결과 - 금구천 4차	78
<Fig. 2-39> 강우시 조사 결과 - 금구천 5차	79
<Fig. 2-40> 강우시 조사 결과 - 금구천 6차	80
<Fig. 2-41> 강우시 조사 결과 - 군포교 1차	82
<Fig. 2-42> 강우시 조사 결과 - 군포교 2차	83
<Fig. 2-43> 강우시 조사 결과 - 군포교 3차	84
<Fig. 2-44> 강우시 조사 결과 - 군포교 4차	85
<Fig. 2-45> 강우시 조사 결과 - 군포교 5차	86
<Fig. 2-46> 강우시 조사 결과 - 군포교 6차	87
<Fig. 2-47> 강우시 조사 결과 - 동진대교 1차	89
<Fig. 2-48> 강우시 조사 결과 - 동진대교 2차	90
<Fig. 2-49> 강우시 조사 결과 - 동진대교 3차	91
<Fig. 2-50> 강우시 조사 결과 - 동진대교 4차	92
<Fig. 2-51> 강우시 조사 결과 - 동진대교 5차	93
<Fig. 2-52> 강우시 조사 결과 - 동진대교 6차	94
<Fig. 2-53> 새만금 유역의 모니터링 지점별 EMC 분포 현황(1차~6차)	98
<Fig. 2-54> 새만금 유역의 모니터링 지점별 오염부하량 분포 현황(1차~6차)	100
<Fig. 2-55> 새만금 유역의 T-P와 탁도 상관관계 분석	102
<Fig. 2-56> 골지천 유역 모니터링 지점	103
<Fig. 2-57> 골지천 유역 모니터링 지점 상세 현황(우선관리지역)	104
<Fig. 2-58> 골지천 유역 모니터링 지점 상세 현황(관리지점)	105
<Fig. 2-59> 골지천 모니터링 지점별 단면측정 결과	106
<Fig. 2-60> 골지천 모니터링 지점별 수위-유량곡선 산정결과	107
<Fig. 2-61> 비강우시 상류 지점의 유량과 SS 농도 변화(2017~2018)	108
<Fig. 2-62> 태봉2교 상류유역의 오염물질 현장조사	114
<Fig. 2-63> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 1차	114
<Fig. 2-64> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 2차	115
<Fig. 2-65> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 3차	116

<Fig. 2-66> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 4차	117
<Fig. 2-67> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 5차	118
<Fig. 2-68> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 6차	119
<Fig. 2-69> 강우시 조사 결과 - 관말교, 1차	121
<Fig. 2-70> 강우시 조사 결과 - 관말교, 2차	122
<Fig. 2-71> 강우시 조사 결과 - 관말교, 3차	123
<Fig. 2-72> 강우시 조사 결과 - 관말교, 4차	124
<Fig. 2-73> 강우시 조사 결과 - 관말교, 5차	125
<Fig. 2-74> 강우시 조사 결과 - 관말교, 6차	126
<Fig. 2-75> 검무교 상류유역의 오염물질 현장조사	128
<Fig. 2-76> 강우시 조사 결과 - 검무교, 1차	129
<Fig. 2-77> 강우시 조사 결과 - 검무교, 2차	130
<Fig. 2-78> 강우시 조사 결과 - 검무교, 3차	131
<Fig. 2-79> 강우시 조사 결과 - 검무교, 4차	132
<Fig. 2-80> 강우시 조사 결과 - 검무교, 5차	133
<Fig. 2-81> 강우시 조사 결과 - 검무교, 6차	134
<Fig. 2-82> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 1차	136
<Fig. 2-83> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 2차	137
<Fig. 2-84> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 3차	138
<Fig. 2-85> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 4차	139
<Fig. 2-86> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 5차	140
<Fig. 2-87> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 6차	141
<Fig. 2-88> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 1차	143
<Fig. 2-89> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 2차	144
<Fig. 2-90> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 3차	145
<Fig. 2-91> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 4차	146
<Fig. 2-92> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 5차	147
<Fig. 2-93> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 6차	148
<Fig. 2-94> 골지천 유역의 지점별 EMC 비교	151
<Fig. 2-95> 타 비점오염원 관리지역과의 EMC 비교	151
<Fig. 2-96> 골지천 유역의 지점별 SS 오염부하 농도 비교	154
<Fig. 2-97> 골지천 유역의 지점별 SS 단위면적당 오염부하 농도 비교	154
<Fig. 2-98> 골지천 유역의 기상청 강수량 자료 비교	155
<Fig. 2-99> 골지천 유역의 유역별 강수량 비교	156
<Fig. 2-100> 골지천 유역의 SS와 탁도 상관관계 분석	157
<Fig. 2-101> 새만금 유역 모델 구축 결과	159
<Fig. 2-102> 새만금 유역 모델 검·보정 지점	159
<Fig. 2-103> 골지천유역 모델 검·보정 지점	164

<Fig. 2-104> 유역모형 현행화를 위한 기상관측지점 및 분석자료	166
<Fig. 2-105> 기상자료 이상치 및 결측치 검토	166
<Fig. 2-106> 기상자료의 WDM DB 구축 (태백기상대 예)	167
<Fig. 2-107> 골지A 단위유역 내, 적용대상 배출시설	167
<Fig. 2-108> 배출시설 WDM 구축자료 (대관령공공하수처리시설 예)	168
<Fig. 2-109> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 만경강, 미산교 지점	172
<Fig. 2-110> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 만경강, 삼례교 지점	173
<Fig. 2-111> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 동진강, 행정교 지점	174
<Fig. 2-112> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 동진강, 동진강3 지점	175
<Fig. 2-113> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 전주천6 지점	177
<Fig. 2-114> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 김제 지점	178
<Fig. 2-115> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 만경대교 지점	179
<Fig. 2-116> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 동진강, 동진강3 지점	180
<Fig. 2-117> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 동진강, 동진대교	181
<Fig. 2-118> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 무명 지점(BOD)	183
<Fig. 2-119> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 무명 지점(T-P)	184
<Fig. 2-120> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 오산 지점(BOD)	185
<Fig. 2-121> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 오산 지점(T-P)	186
<Fig. 2-122> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 만경대교 지점(BOD)	187
<Fig. 2-123> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 만경대교 지점(T-P)	188
<Fig. 2-124> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 금구 지점(BOD)	189
<Fig. 2-125> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 금구 지점(T-P)	190
<Fig. 2-126> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 군포교 지점(BOD)	191
<Fig. 2-127> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 군포교 지점(T-P)	192
<Fig. 2-128> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 동진대교(BOD)	193
<Fig. 2-129> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 동진대교 지점(T-P)	194
<Fig. 2-130> 태봉2교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)	197
<Fig. 2-131> 관말교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)	198
<Fig. 2-132> 검무교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)	198
<Fig. 2-133> 송계교 지점 시계열 보·검증 수행	200
<Fig. 2-134> 제1여량교 지점 시계열 보·검증 수행	200
<Fig. 2-135> 송천교 지점 시계열 보·검증 수행	200
<Fig. 2-136> 골지A 지점 시계열 보·검증 수행	200
<Fig. 2-137> 상류 우선관리지역 말단지점 시계열 보·검증	201
<Fig. 2-138> 목표지점 및 단위유역(골지A) 말단지점의 시계열 보·검증	202
<Fig. 2-139> 목표지점 및 단위유역(골지A) 말단지점의 보·검증(R2)	202
<Fig. 2-140> 새만금 유역 비점오염원 관리지점별 관리유량구간 발생빈도	204
<Fig. 2-141> 새만금유역 티센망	205

<Fig. 2-142> 새만금 유역 비점오염원 관리지점별 관리유량구간의 강수량 및 T-P 농도	207
<Fig. 2-143> 대상유황 월별 발생빈도 (2008 ~ 2017)	208
<Fig. 2-144> 홍수통제소의 관리대상 유량구간 분석(2017 ~ 2018)	209
<Fig. 2-145> LDC를 이용한 목표달성도 평가방법	210
<Fig. 2-146> 새만금 유역 비점오염 관리지점별 유량지속곡선(FDC) 및 관리유량 구간	211
<Fig. 2-147> 새만금 유역 비점오염 관리지점별 부하량지속곡선(LDC)	212
<Fig. 2-148> 새만금 유역 평가지점의 유량지속곡선 도출	216
<Fig. 2-149> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 모델 T-P 부하량(2015~2017)	218
<Fig. 2-150> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 모델 T-P 부하량(2016~2018)	219
<Fig. 2-151> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 강우시 EMC 자료를 이용한 T-P 부하량	222
<Fig. 2-152> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 강우시 전체 자료를 이용한 T-P 부하량	223
<Fig. 2-153> 평가지점의 유량지속곡선 도출	227
<Fig. 2-154> 송계교의 평가기간(2개년) 부하지속곡선	228
<Fig. 2-155> 제1여량교의 평가기간(2개년) 부하지속곡선	228
<Fig. 2-156> 부하지속곡선을 이용한 관리유량구간(10~30%)의 목표수질 달성도 평가	229
<Fig. 2-157> 골지천 유역의 평가지점별 2017년 부하지속곡선	230
<Fig. 2-158> 골지천 유역의 평가지점별 2018년 부하지속곡선	230
<Fig. 2-159> 부하지속곡선을 이용한 관리유량구간(10~30%)의 목표수질 달성도 평가	231
<Fig. 2-160> EMC값을 이용한 목표달성도 평가	232
<Fig. 2-161> 새만금 유역 평가지점별 강수량 및 유량과 T-P 농도 관계	235
<Fig. 2-162> 송계교와 제1여량교 추세분석 결과	237
<Fig. 2-163> 송계교와 제1여량교 LOWESS 결과	237
<Fig. 3-1> 새만금 유역의 구조적 대책 적용	252
<Fig. 3-2> 새만금 유역의 구조적 대책 적용 2	253
<Fig. 3-3> BMPRAC을 이용한 유역 토지에서 비구조적 BMPs 적용방안	258
<Fig. 3-4> BMPRAC의 지정방법	259
<Fig. 3-5> BMPRAC의 구성방법	259
<Fig. 3-6> PERLND-RCHRES 간 BMPRAC 이동 적용(안)	261
<Fig. 3-7> BMPRAC의 이동 적용 방법(안)	261
<Fig. 3-8> BMP Reach Toolkit을 이용한 하천 저감시설 적용(안)	262
<Fig. 3-9> BMP Reach Toolkit	263

서론



제1절 연구배경

제2절 연구목적

I. 서 론

제 1 절 연구배경

- 「물환경보전법」 제54조에 의거 새만금 및 골지천 유역 중 비점오염관리가 필요한 지역을 비점오염원관리지역으로 지정·고시함('13.12.24)
 - 새만금 유역 비점오염원관리지역: 7개 시·군 일부(전주시, 군산시, 익산시, 정읍시, 김제시, 완주군, 부안군), 776.5km²
 - 골지천 유역 비점오염원관리지역: 3개 시·군 일부(정선군, 강릉시, 삼척시), 398.34km²
- 이에 따라 환경부는 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역의 관리대책을 마련하고, 관할 시·도지사는 관리대책의 시행을 위한 계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아 시행계획을 수립함
 - 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획 승인('17.1.18)
 - 골지천 유역 비점오염원 관리지역 시행계획 승인('17.10.18)
- 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역의 비점오염물질 유출 특성을 분석하고, 대책효과 및 원인분석을 위한 강우시 및 비강우시 비점오염물질 모니터링이 필요함. 또한, 모니터링을 통해 비점오염원관리지역의 이행평가 시 목표달성도 평가를 위한 기초데이터 구축이 필요함
- 특히, 새만금과 골지천 유역은 기존의 비점오염원관리지역과 달리 LDC>Loading Duration Curve)를 이용한 이행평가를 추진 중에 있어 새로운 평가방안에 대한 검증과 방법론 정립이 필요한 시점임
- 본 연구는 2017년에 이어 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역에 대한 2차년도 과제로 동일한 유역에 대한 모니터링과 함께 유역모델 현행화, 목표달성 평가 및 적정 방법론 모색 내용을 포함하고 있음

제 2 절 연구목적

- 새만금 유역과 골지천 유역 비점오염원관리지역에 대한 강우시 모니터링 및 유역모델 구축을 통해 해당 유역의 비점오염물질 유출 특성을 분석하고, 향후 비점오염원 관리방안 추진 등에 따른 비점오염 영향 변화를 정량적으로 평가하는데 활용하고자 함
- 특히 본 과제의 모니터링 및 모델링 결과를 바탕으로 최적 모니터링 시기를 도출하고 비점오염원관리지역 시행계획의 관리목표 달성도를 평가함
- 이와 함께 목표달성 평가 방법 등을 제시함으로써 비점오염원의 정량화 방안을 수립하고 향후 활용 방안을 제시하여 제도의 성공적 시행에 기여하고자 함

연구내용 및 방법



제1절 연구범위 및 내용

제2절 연구추진 방법

II. 연구내용 및 방법

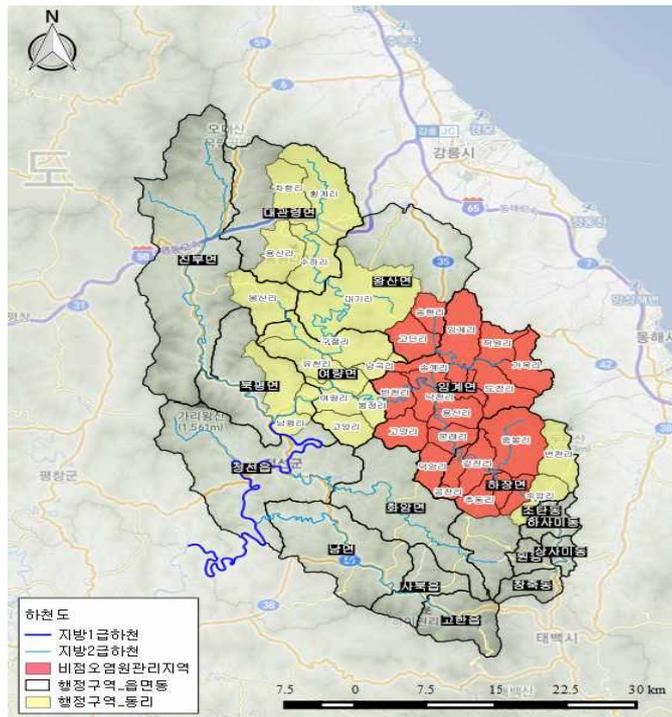
제 1 절 연구범위 및 내용

1. 연구범위

- 연구범위: 새만금 및 골지천 유역 비점오염원관리지역



<Fig. 1-1> 새만금 유역 비점오염원관리지역



<Fig. 1-2> 골지천 유역 비점오염원관리지역

2. 연구내용

- 강우유출수 조사
 - 조사 지점 : 새만금 유역 6개 지점, 골지천 유역 5개 지점
 - 조사항목: 전기전도도, 탁도, pH, SS, TOC, BOD, TN, TP, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P
 - 측정주기 : 무강우시 월 1회, 강우시 최소 5set
 - ※ 무강우시 자료는 환경부 수질측정망 등 최대 활용
 - 채수방법: 강우시 시료채취는 자동채수기를 이용한 채수를 원칙으로 함
 - ‘물환경측정망 운영계획’에 따라 수질항목, 주기별로 조사
- 유역모델 구축
 - 기 구축된 유역모델을 바탕으로 기상·환경기초시설 방류 등 유역모델 입력자료 현행화(주요 환경기초시설 방류, 수리시설물 운영, 기상 등 모델입력자료 갱신 및 모델 재현성 검토)
 - 유역별 목표설정 지점 등에 대한 유량 및 수질 검·보정
 - 유역모델별 적정 매개변수 범위 도출
- 강우유출수조사 및 유역모델 결과도출
 - 강우시 비점관리가 필요한 관리유량구간 및 침투수질, EMC, 오염부하 등 산정
 - 관리유량구간 등을 고려한 최적 모니터링 시기 도출
 - 관리대상물질(새만금 유역: TP, 골지천 유역: SS)에 대한 목표달성 평가

제 2 절 연구추진 방법

1. 조사 및 분석방법

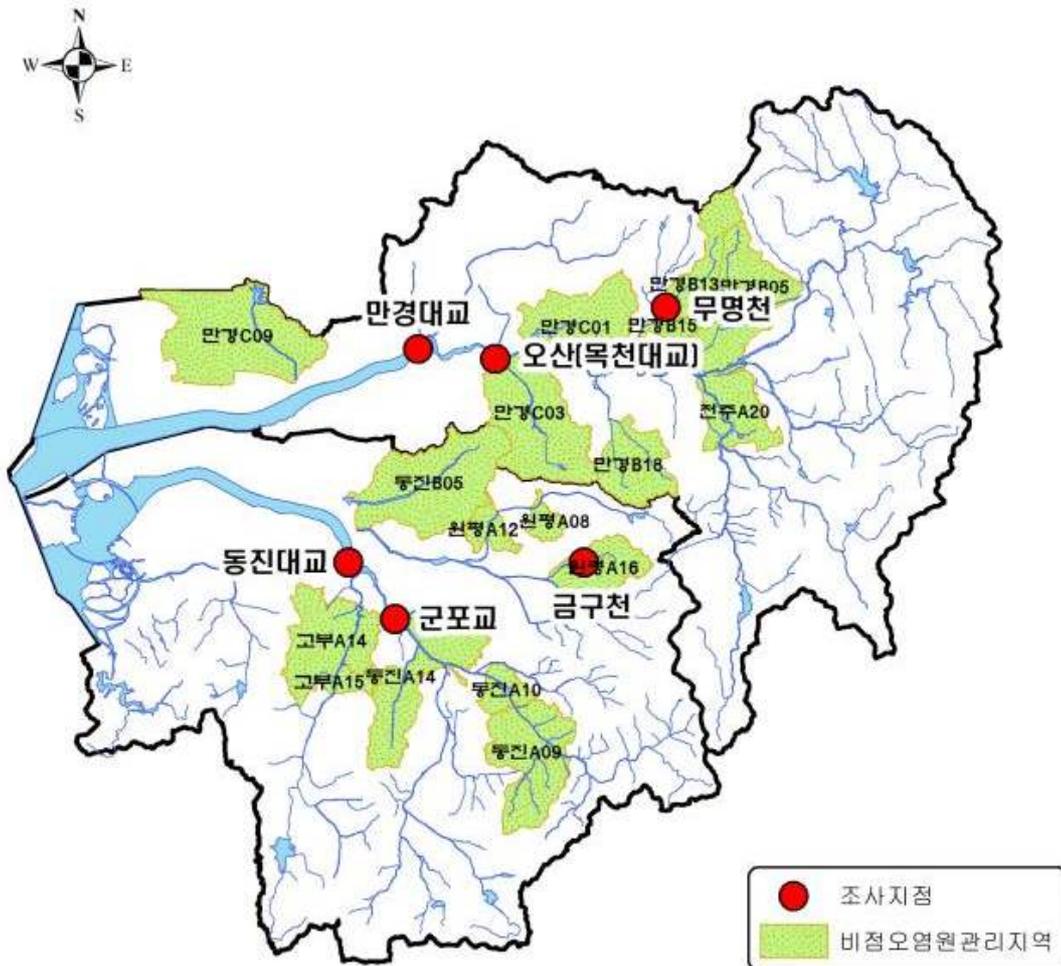
가. 모니터링 지점 선정

(1) 새만금 유역

- 새만금 유역 비점오염원관리지역에서의 비점오염물질 유출특성을 분석하고, T-P 농도의 목표달성도 및 관리효과 평가를 위하여 관리지점 4개(‘만경대교’, ‘오산’, ‘동진대교’, ‘군포교’)*를 포함한 총 6개 지점 선정

* 관리지점 중 ‘전주천6’ 지점은 비점오염물질 측정망 시범사업 추진 중으로 제외

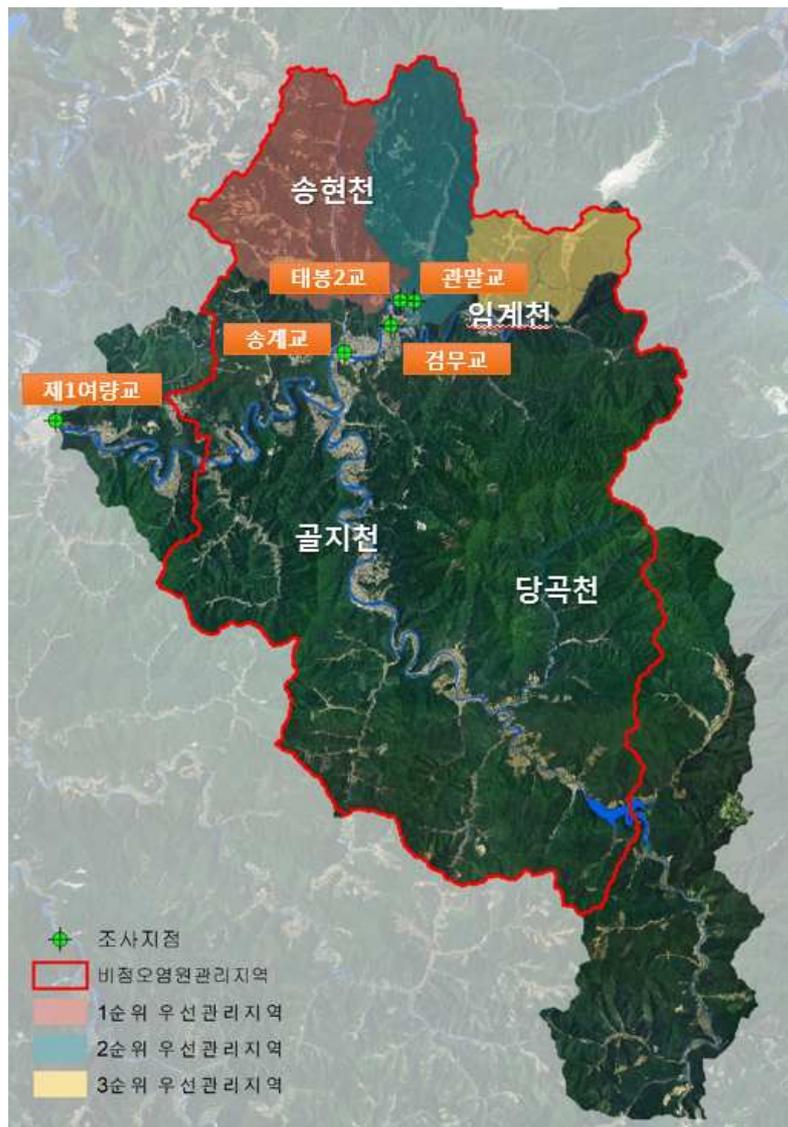
- 만경강 유역(3개소) : 오산(목천대교), 만경대교, 무명천(익산천)
- 동진강 유역(3개소) : 군포교, 동진대교, 금구천(원평천)



<Fig. 1-3> 새만금 유역 모니터링 지점

(2) 골지천 유역

- 골지천 유역 비점오염원관리지역에서의 비점오염물질 유출특성을 분석하고, SS 농도의 목표달성도 평가를 위하여 관리지점 2개('임계수위표', '골지천 2') 지점을 포함하여 총 5개 지점을 선정함
 - 관리지점 : 임계수위표(송계교), 골지천2(제1여량교)
 - 우선관리지역 : 태봉2교, 관말교, 검무교



<Fig. 1-4> 골지천 유역 모니터링 지점

나. 유량 및 수질조사

- 유량 및 수질조사 횟수는 비강우시 월 1회, 강우시 5회 이상으로 하며, 비강우시 수질조사는 환경부 수질측정망 자료를 최대한 활용하고, 강우시 수질조사는 관리지점에서의 관리대상 유량범위를 고려하여 수행
- 강우조사는 관리지역의 강우유출특성을 정확히 파악하기 위해 조사 지점 중 기상청에서 측정하

- 고 있지 않은 소유역을 대상으로 1개 지점에 강우량계를 설치하여 운영함
- 유량은 수위계를 설치하여 수위-유량곡선식을 산정하여 유량자료를 산정함
 - ※ 한강홍수통제소 등 수위·유량관측소가 운영 중인 조사 지점의 경우 해당 자료를 최대 활용(송계교, 제1여량교)
 - 유량 조사 지점에 기준수위표(목자판) 설치 및 하천 횡단면 조사
 - 갈수기 도섭법을 이용한 유량측정, 홍수기 표면유속계를 이용한 유량측정 수행
 - 지점별 수위-유량곡선 산정을 통한 신뢰성 확보 및 결측자료 보완
 - 수질조사는 자동채수기 설치를 통한 채수를 원칙으로 하고, 현장 여건을 고려하여 필요시 수동 채수를 병행함
 - 시료채취는 강우시점과 중점을 중심으로 1 set 당 2시간으로 최소 12회 측정
 - 수질조사항목은 현장조사항목(전기전도도, 탁도, pH)과 실내분석항목(SS, TOC, BOD, T-N, T-P, NH₃-N, NO₃-N, PO₄-P)을 대상으로 함
 - 그 외 채수된 시료의 보존, 현장측정 및 시험방법 등은 ‘수질오염공정시험기준’에 따름

<Table 1-1> 수질오염공정시험기준에 따른 수질분석 방법

측 정 항 목	분석방법	보 존 방 법	최대(권장) 보존기간
탁도	네펠로법	-	현장측정
pH (수소이온농도)	전극법		
EC(전기전도도)			
BOD ₅ (생물학적산소요구량)	윙클러-아지드화법	4 °C 보관	48시간 (6시간)
T-N (총질소)	자외선/가시선 분광법(분광광도계)	4 °C 보관, H ₂ SO ₄ 로 pH 2이하	28일(7일)
NH ₃ -N (암모니아성질소)		4 °C 보관, H ₂ SO ₄ 로 pH 2이하	28일(7일)
NO ₃ -N (질산성질소)		4 °C 보관	48시간
T-P (총인)		4 °C 보관, H ₂ SO ₄ 로 pH 2이하	28일
PO ₄ -P (인산염인)		4 °C 보관	48시간
SS (부유물질)		유리섬유여지법(Dry oven)	4 °C 보관
TOC (총유기탄소)	고온연소산화법	4 °C 보관, H ₂ SO ₄ 로 pH 2이하	28일(7일)

다. 유역모델 구축

(1) 유역자료 갱신

- 새만금 및 골지천 유역에 대한 유역모델은 기존 비점오염원 관리대책 시행계획(전라북도, 2017; 강원도, 2017) 수립시 구축된 HSPF 모델을 이용함
- 모델입력자료 중 기상 자료, 환경기초시설 운영자료 등 주요 입력자료는 최신자료로 갱신하고, 최근 유량 및 수질 관측자료를 확보하여 모델의 재현성 검토에 활용함
 - 특히 새만금 유역의 경우 외부 공급량의 비중이 높고, 하천수가 대부분 농업용수로 이용되고 있기 때문에 모델의 정밀도를 높이기 위해서는 취수량자료 확보가 요구됨

<Table 1-2> 유역 모델 자료 구축 방법

자료	출처	Scale	자료 특성	비고
수치고도모델	국토지리정보원(2014)	1:5,000	Digital Elevation Model; 10 m × 10 m	기존자료이용
토지이용도 (토지피복도)	환경부/ 환경지리정보/ 한국건설기술연구원	1:25,000	대분류 토지피복 (대지, 산림, 전, 답, 수역 등)	기존자료이용
기상자료	기상청(2005~2017)	Daily, hourly	강수량, 평균온도, 상대습도, 일사량, 풍속, 운량 등	최신자료이용
유량	환경부/ 유역환경청/ 국가수자원관리 종합정보시스템	8-day/ month	자동 및 수동 측정망, 총량측정망 자료	최신자료이용
수질	환경부/ 유역환경청	8-day/ month	일반수질측정망, 총량측정망 자료 (수온, DO, SS, BOD, COD, TN, TP 등)	최신자료이용
오염원	지자체	-	대상유역 내 행정단위별 오염원 조사 자료	환경기초시설 최신자료이용
취수량	지자체/ 국가수자원관리 종합정보시스템	Monthly, Daily	대상저수지 내 취·양수장 현황 자료수집	기존자료 및 최신자료 이용
물수지 정보	지역기관/ 국가수자원관리 종합정보시스템	-	상류 농업용 간선수로 등의 물수지 정보 수집	기존자료 및 최신자료 이용
수심측량자료	한국농어촌공사/지자체/ 국가수자원관리 종합정보시스템	-	저수지 및 하천의 단면, 수심, 위치 등 (캐드파일, Hec-Ras 자료)	기존자료이용
행정 경계도	국토부/ 수자원공사	-	단위유역도, 중권역도, 대권역도, 시도군 경계도 등	기존자료이용

(2) 모델 재현성 검토

- 새만금 유역의 유량 재현성 검토는 만경강 유역의 대표지점 2개(미산교, 삼례교) 지점과 동진강 유역의 2개(행정교, 동진강3) 지점을 선정하여 재현성 검토를 실시함
 - 만경강 유역은 환경부에서 측정한 2009년~2017년까지의 유량자료를 이용함
 - 동진강 유역의 행정교 지점은 환경부의 유량자료를 이용하였으며, 동진강3 지점은 환경부의 수질측정망 자료를 활용하여 보정을 실시함
- 새만금 유역의 수질 재현성 검토는 환경부 수질측정망 지점을 이용함
 - 만경강 유역의 수질측정망 지점 중 전주천6, 지점 김제 지점, 만경대교 지점을 대표 지점으로 선정하여 재현성을 검토함
 - 동진강 유역은 동진강 하류의 동진강3 지점, 동진강 유역의 제일 말단 지점인 동진대교 지점을 대표지점으로 선정하여 수질 재현성을 검토함
 - 본 과업에서 수행된 수질 모니터링 자료를 활용하여, 유역 모델의 미세보정을 실시함
- 골지천 유역의 유량 재현성 검토는 대표지점 3개(송계교, 제1여량교, 송천교)지점과 직접 모니터링 3개(태봉2교, 관말교, 검무교) 지점 및 골지A 단위유역 말단지점 등 총 7개 지점을 선정하여 재현성 검토를 실시함
 - 대표지점 3개 지점과 골지A 지점은 장기 강우유출 보검증 지점으로서 송계교, 송천교, 골지A는
- 환경부에서 측정한 2011년~2018년까지의 유량자료를 이용하였고 제1여량교는 2017년부터 유량자료를 제공하고 있어 2017년 ~ 2018년 유량자료를 이용함.
 - 직접 모니터링 3개 지점은 단기 강우유출 보검증 지점으로서 제1관리지역인 태봉2교를 중심으로, 2관리지역, 3관리지역 말단에 해당하는 관말교, 검무교 3개 지점에 대하여 모니터링(유속-수위 실측) 자료 및 자동수위계(적산유량)를 통한 연속자료(수위-유량 환산)를 병용하여, 한 시간 단위의 보정(hourly calibration)을 수행하였음
- 골지천 유역의 수질 재현성 검토는 환경부 수질측정망 1개(골지A)지점과 직접 모니터링 5개(검무교, 관말교, 태봉2교, 송계교, 제1여량교)지점을 이용함
 - 환경부 수질측정망 지점 중 대표지점 1개(골지A) 지점을 선정하여 재현성을 검토함
- 유량의 재현성 검토시에는 US EPA(2011), Donigian(2002), ASCE(2003)에서 제시한 바에 따라, 실측치와 모의치의 차이를 나타내는 상대오차(%difference)와 R²를 함께 제시하고, 특히 상대오차(%difference)는 고유량 구간(0~40%)과 저유량 구간(40~100%)로 나누어 분석함
 - 상대오차(%difference)의 산정식은 아래 제시한 바와 같으며, US EPA와 Donigian이 제안한 모형 효율평가 범위에 따라 평가함

$$\%diff = \frac{(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100$$

여기서, %diff : 모형효율(%), O_i : i일의 실측값, S_i : i일의 모의값

- 보조적으로 NSE(Nash-Sutcliffe Efficiency; Model Efficiency)를 활용하여 전 실측치의 평균으로 산정되는 상대오차의 단점과 고유량 조건에 큰 영향을 받는 R^2 의 단점을 보완함
- 수질의 재현성 검토시에는 상대오차(%difference)와 NSE를 통해 재현수준을 평가하고 제시함

(3) 매개변수 범위 도출

- HSPF 유역모델의 유량 모의 결과에 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 LZSN, INFILT, KVARY, AGWRC, UZSN, INTFW, IRC 등으로 보고되고 있으며(이승재, 2012), US EPA에서 제시한 Technical Note(US EPA, 2000)에 따른 보정 범위를 정리하면 다음과 같음

<Table 1-3> HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수의 범위(US EPA, 2000)

Parameter	Description	Unit	Model range	Possible range	Initial value
LZSN	Lower zone nominal soil moisture storage	in	0.01~100.0	2.0~15.0	4.0~6.5
INFILT	Index to infiltration capacity	in/hr	0.0001~100.0	0.001~0.5	0.16
KVARY	Variable groundwater recession	1/in	0.0~5.0	0.0~5.0	0.0
AGWRC	Base groundwater recession	none	0.001~0.999	0.85~0.999	0.98
DEEPPFR	Fraction of GW inflow to deep recharge	none	0.0~1.0	0.0~5.0	0.1~0.2
UZSN	Upper zone nominal Soil moisture storage	in	0.01~10.0	0.05~2.0	1.128
INTFW	Interflow inflow parameter	none	0.0~none	1.0~10.0	0.75~1.75
IRC	Interflow recession parameter	none	0.1~30.0	0.3~0.85	0.5~0.7

- HSPF의 PERLND 모듈에서 SS(Sediment) 항목을 보정하기 위한 주요 매개변수는 SED-PARM1~3 block과 MON-COVER block, SED-STOR block에 포함되어 있으며, SED-PARM1~3 block은 각 소유역의 개별 토지이용에 따라 강우시 배출될 수 있는 양과 민감도를 결정하는 인자, MON-COVER block은 월별로 지표의 식생피복을 결정하는 인자, SED-STOR block은 개별 토지 이용에 따라 축적될 수 있는 인자로 구성됨
- 한편, RCHRES 모듈 상에서는 SED-GENPARM과 SAND-PM, SILT-CLAY-PM, SSED-INIT, BED-INIT block 등으로 구성되며, 하천 구간에서 발생할 수 있는 침전 및 쇄굴에 관련된 인자와

초기값을 지정하는 인자들로 구성되어 있음

- 골지천 유역의 경우 대상지역인 SS 수질항목의 보정을 위해, PERLND 모듈에서 SED-PARM2의 KRER(0.15~0.7), JRER(1.5~3), SED-PARM3의 JSER(1.1~3.0), KGER(0~1.5), JGER(1.2~3.0), RCHRES 모듈에서 SILT-CLAY-PM의 TAUCS(0.16~0.52), M(0.001~0.03) 등의 매개변수를 이용
- 수질 재현성 검토를 위한 주요 매개변수는 <Table 1-4~Table 1-5>에 제시하였음

<Table 1-4> HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수의 범위(Bicknell, 2001)

Parameter	Description	Unit	Model range	Initial value
KBOD20	Unit BOD decay rate at 20°C	1/hr	1.0×10 ⁻³⁰ ~none	0.004
KODSET	BOD settlingrate	ft/hr	0~none	0.027
REAK	Empirical constant in the equation used to calculate the reaeration coefficient	1/hr	1.0×10 ⁻³⁰ ~none	0.2
BRBOD	Base release rate of BOD materials	mg/m ²	0.0001 ~none	0.001
CVBO	Conversion from milligrams biomass to milligrams oxygen	mg/mg	1.0~5.0	1.63
CVBPC	Conversion from biomass expressed as phosphorus to carbon	moles/mol	50~200	106
CVBPN	Conversion from biomass expressed as phosphorus to nitrogen	moles/mol	10~50	16
BPCNTC	Percentage of biomass which is carbon	none	10~100	49
BRNIT	The benthal release rates of ammonia under aerobic and anaerobic condition	mg/m ²	0.0~none	0.0
KTAM20	Nitrification rates of ammonia at 20°C	1/hr	0.001 ~none	0.045
KNO220	Nitrification rates of nitrate at 20°C	1/hr	0.001 ~none	0.008
KNO320	Denitrification rates at 20°C	1/hr	0.001 ~none	0.008
MALGR	Algal growth rate	1/hr	0.001 ~none	0.085

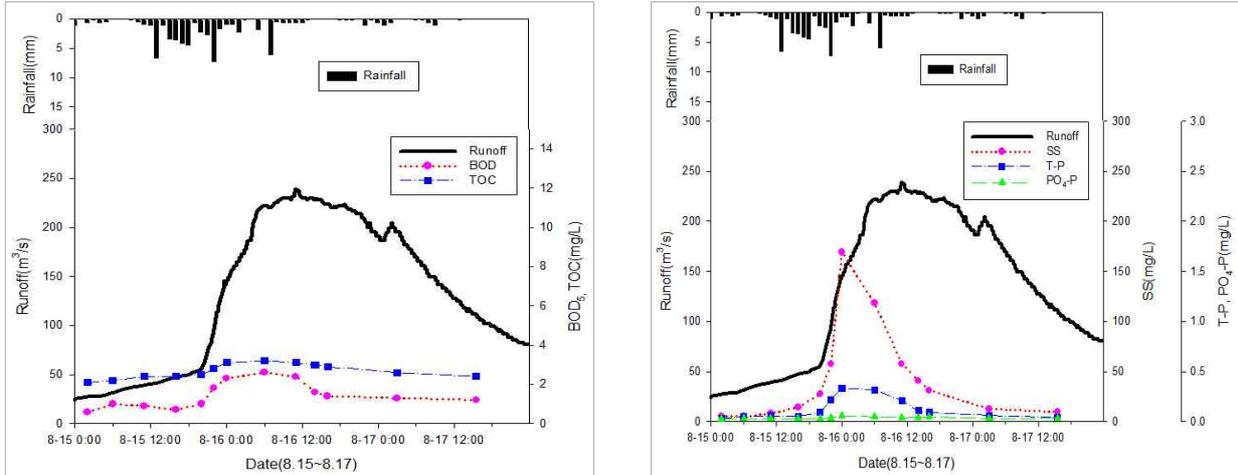
<Table 1-5> HSPF 모델의 SS 관련 주요 매개변수의 범위(US EPA, 2006)

Parameter	Description	Unit	Model range	Initial value
PERLND-module				
KRER	Coefficient in the soil detachment equation	complex	0.05~0.75	0.3
JRER	Exponent in the soil detachment equation	none	1.0~3.0	2.0
AFFIX	Daily reduction in detached sediment	1/day	0.01~0.50	0.01
COVER	Fraction land surface protected from rainfall	none	0.0~0.98	0.0~1.0
NVSI	Atmospheric additions to sediment storage	lb/ac-day	0.0~20.0	1.0~2.0
KSER	Coefficient in the sediment washoff equation	complex	0.1~10.0	0.1~1.2
JSER	Exponent in the soil washoff equation	none	1.0~3.0	2.0
KGER	Coefficient in soil matrix scour equation	complex	0.0~10.0	0.0
JGER	Exponent in soil matrix scour equation	none	1.0~5.0	2.0
RCHRES-module				
D	Effective diamether of the transported sand particles	in	0.0005~0.2	0.0001~0.005
W	Fall velocity of transported paricles in still water	in/sec	0.0~10.0	0.0001~0.02
TAUCD	Critical bed shear stress for deposition	lb/ft ²	0.001~1.0	0.06~0.1
TAUCS	Critical bed shear stress for scour	lb/ft ²	0.01~3.0	0.3~0.32
M	Erodibility coefficient	lb/ft ² -day	0.001~5.0	0.005~0.01

라. 비점오염 유출특성 분석 및 달성도 평가

(1) 강우시 침투수질 및 EMC, 오염부하 등 분석

- 강우시 현장 조사 결과를 바탕으로 아래 그림과 같이 수질시료 채취시기, 유출곡선 그래프, 수질 농도 변화 그래프 등이 포함되도록 도식화 함



<Fig. 1-5> 강우이벤트별 강우량과 유출곡선 그래프(예시)

- 각 강우이벤트별 유량가중평균농도(Event Mean Concentrations, EMC)는 분석된 유량 및 수질 자료를 이용하여 다음 식으로 산정

$$EMC(mg/L) = \frac{\int_0^n Q(i) \times C(i) di}{\int_0^n Q(i) di}$$

- 여기서, $Q(i)$ 는 i 번째의 구간별 유량(m^3)이고, $C(i)$ 는 i 번째 분석된 수질항목 농도(mg/L), n 은 각 강우사상마다 분석된 시료의 개수

- 각 강우이벤트별 오염부하는 다음 식으로 산정

$$Pollutant\ load(kg/ha) = \sum_{i=1}^n c_i q_i t_i$$

- 여기서, c_i 는 i 번째의 농도이고, q_i 는 구간유량, t_i 는 $\frac{1}{2}(t_{i+1} - t_{i-1})$ 에 해당하는 i 번째 샘플로써 표현되는 시간 구간

(2) 최적 모니터링 시기 도출

- 새만금 및 골지천 유역의 주요 지점에서 관리유량 구간에 해당하는 유량이 발생한 횟수를 월별로 분석하여 높은 빈도를 보이는 시기를 집중 모니터링 기간으로 제안하는 방안 검토

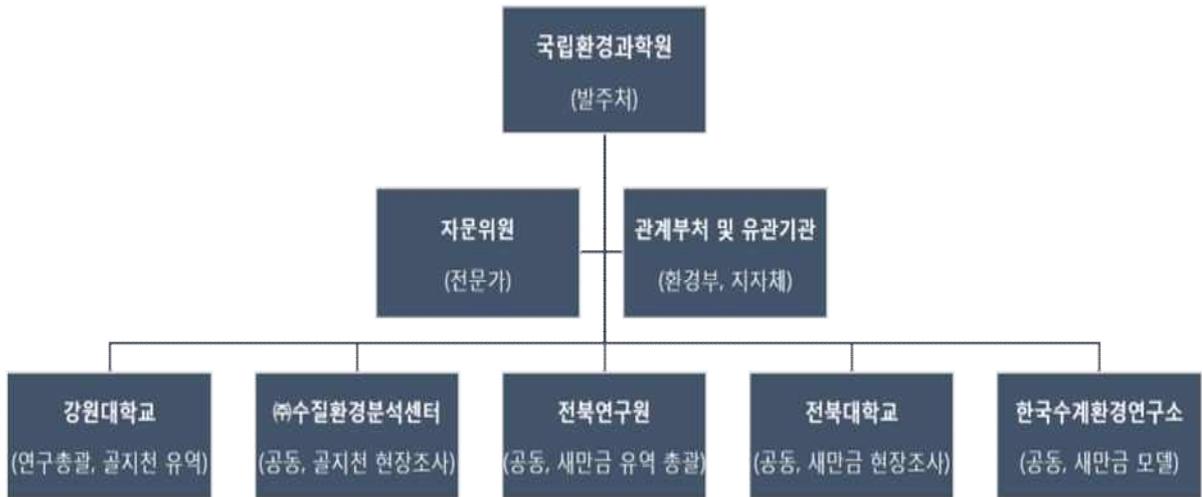
- 목표수질을 만족하지 못하는 강우량 구간의 발생구간과 빈도, 범위, 주요발생시기 등을 선행 분석할 필요가 있음
- 기준년도 혹은 과거 10년 등 일정기간 모의결과를 통해 관리유량 구간에 대한 유량지속곡선 (Flow duration curve)과 부하지속곡선 (Load duration curve)을 도출할 수 있으며, 이 때 매칭된 강우량 (mm)과의 관계를 통해 비점관리가 필요한 강우량 구간을 분석 가능함

(3) 관리목표 달성 여부 평가

- 비점오염원 관리대책 시행계획에서 기 산정된 최근 10년 기준 FDC와 목표수질 LDC를 토대로 현장조사 또는 모델 결과로부터 현재 유량과 부하량을 산정하여 관리목표 달성도를 평가함
 - (새만금 유역) 관리지점별로 관리유량 구간에서(5~50%) T-P 부하량의 75%가 목표수질 LDC를 만족하는지 여부를 평가함
 - (골지천 유역) 관리지점별로 관리유량 구간에서(10~30%) SS 농도의 90퍼센타일 값이 목표수질을 만족하는지 여부를 평가하며, 임계수위표 지점에서 강우시 측정된 SS 침투농도의 평균값으로 평가하도록 되어 있음
 - (골지천 목표수질) 임계수위표 지점 22.6 mg/L, 골지천2지점 8.7 mg/L
 - (골지천 부목표) 임계수위표 지점에서 SS 침투농도가 750 mg/L에서 20% 저감
- * 강우량 50~100mm 구간에서 측정된 SS 침투농도 평균값

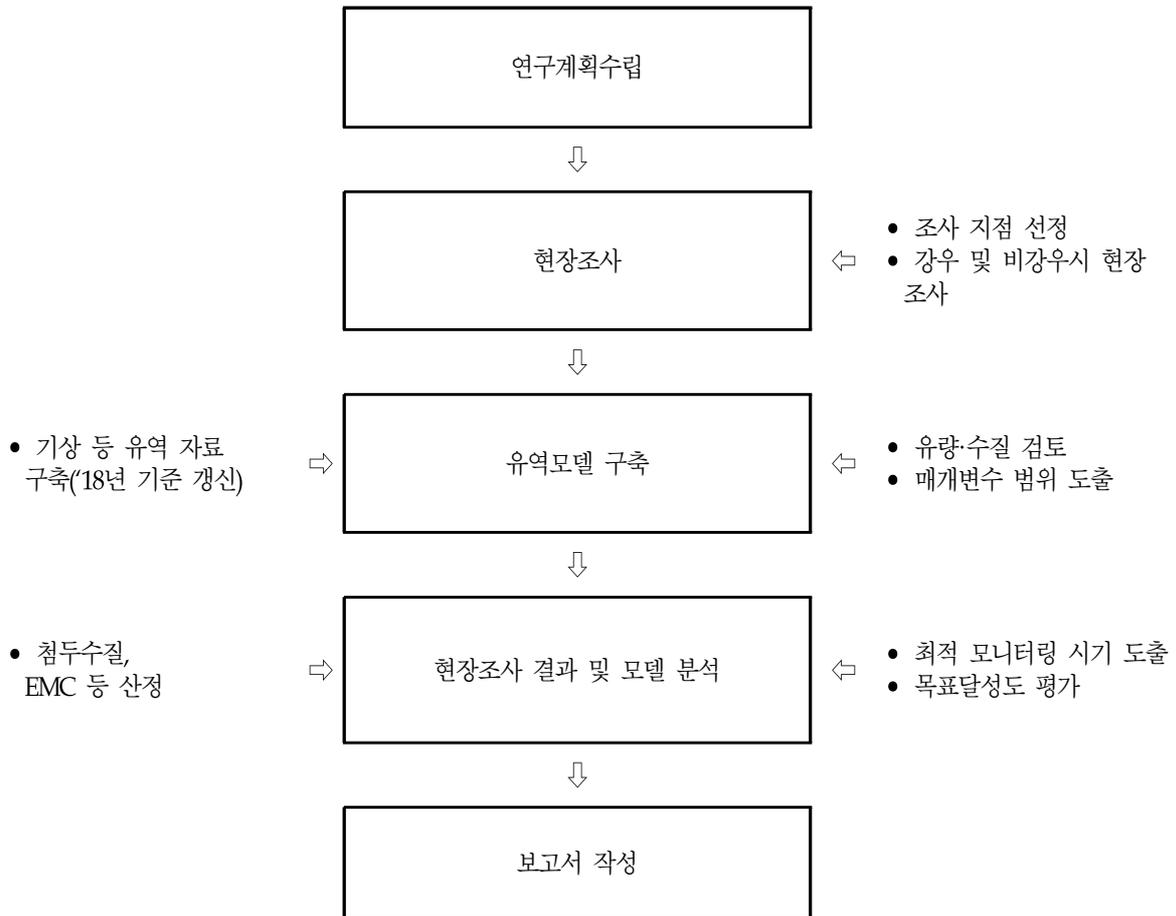
2. 연구추진체계

- 새만금·골지천 유역의 비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사 연구의 연구주관은 강원대학교가 수행하며, 강원대학교가 골지천 유역, (재)전북연구원이 새만금 유역을 담당하여 두 부분으로 나누어 진행함
 - 새만금 유역에 대한 비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사는 전북연구원(새만금유역 총괄)과 전북녹색환경지원센터(새만금유역 현장조사), 한국수계환경연구소(새만금유역 모델)가 수행하며, 골지천 유역에 대한 비점오염원관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사는 강원대학교 (골지천유역 총괄)와 (주)수질환경분석센터(골지천 현장조사)에서 수행함



<Fig. 1-6> 기관별 업무분장

- 현장조사 등을 바탕으로 유역모델을 검·보정하고, 현장조사 결과 및 유역모델 결과로부터 유역별 강우유출 특성 및 최적모니터링 시기 분석, 목표달성도 평가 등을 수행함



<Fig. 1-7> 연구추진 체계도

연구결과 및 고찰



제1절 새만금 유역

제2절 골지천 유역

Ⅲ. 연구결과 및 고찰

제 1 절 유역현황

1. 새만금 유역 현황

가. 일반 현황

- 새만금 유역은 만경강과 동진강 유역으로 나뉘며, 국가하천 7개소와 지방하천 168개소를 포함함
 - 만경강 유역: 국가하천 3개소(만경강, 전주천, 소양천), 지방하천 69개소
 - 동진강 유역: 국가하천 4개소(동진강, 정읍천, 고부천, 원평천), 지방하천 99개소
- 새만금 유역은 오염총량관리유역 기준으로 총 10개의 단위유역과 170개의 소유역으로 나뉨
 - 만경강 유역(1,600 km²): 5개(만경A, 만경B, 만경C, 전주A, 탑천A) 단위유역, 90개 소유역
 - 동진강 유역(1,399 km²): 5개(고부A, 동진A, 동진B, 원평A, 정읍A) 단위유역, 80개 소유역



<Fig. 2-1> 새만금 유역 오염총량관리 단위유역 및 하천 현황

나. 오염원 및 오염부하 현황

(1) 토지이용 및 용수수요 현황

- 새만금 유역의 전체 토지이용형태를 보면 농업지역이 차지하는 면적이 가장 넓음
 - 만경강 유역 42.8%, 동진강 유역 57.4%

<Table 2-1> 새만금 유역 토지이용 현황

유역	시가화 건조	농업	산림	초지	습지	나지	수역	합계
만경강 유역	10.3%	42.8%	39.7%	1.9%	1.3%	1.4%	2.6%	100%
동진강 유역	6.4%	57.4%	29.7%	1.5%	1.5%	0.8%	2.8%	100%

자료: 새만금 유역 비점오염원 관리대책 마련(안)(국립환경과학원, 2014b)

- 새만금 유역의 용수 수요는 농업용수의 이용이 가장 크며, 주로 외부 수자원의 의존도가 높은 유역임
 - 만경강 유역의 용수 수요량(2025년 기준)은 860.0 백만톤으로 이중 농업용수 수요량은 444.6 백만톤으로 전체 용수 수요량의 51.7%를 차지함
 - 동진강 유역의 용수 수요량(2025년 기준)은 674.8 백만톤으로 이중 농업용수 수요량은 565.1 백만톤으로 전체 용수 수요량의 83.7%를 차지함

<Table 2-2> 새만금 유역 용수 수요량 전망(2025년 기준)

(단위: 백만m³/년)

유역	계	생활용수	공업용수	농업용수	유지용수
만경강 유역	860.0	150.8	137.8	444.6	126.8
동진강 유역	674.8	35.0	15.0	565.1	59.6

자료: 전라북도 수자원장기종합개발계획(전라북도, 2011)

- 만경강 유역의 외부 공급량은 연간 434.4 백만톤으로 용담댐으로부터 연간 326.4 백만톤을 공급 받고 있으며, 금강호의 나포와 서포양수장에서 연간 108.0 백만톤을 공급 받고 있음(새만금 지방환경청, 2016)
- 동진강 유역의 외부 공급량은 섬진강댐으로부터 연간 470.7 백만톤을 공급 받고 있음(새만금지방환경청, 2017)

(2) 오염원 현황

- 새만금 비점오염원관리지역의 오염원 현황은 시행계획 수립 시 2014년 기준 총 373,368명에서 2017년 372,153명으로 1,215명이 감소하였음
- 물사용량은 2014년 105,153m³/일에서 2017년 97,073m³/일로 8,080m³/일 감소하였음
- 가축사육두수는 4,562,476두수에서 2,232,692두수로 51.1%로 급격히 감소하였는데, 이는 2017년 조류독감에 따른 가금류 피해에 의한 것으로 판단됨
- 폐수배출업소는 2014년 대비 2017년 34개소가 증가하였으나, 산업폐수발생량은 113,317m³/일에서 56,160m³/일로 50.4%로 감소하였음
- 양식계의 경우도 시설면적인 2014년 302,248m²에서 272,914m²로 감소하여 전반적으로 오염원은 감소한 것으로 나타남
- 토지계와 매립계는 큰 변동이 없는 것으로 나타남

<Table 2-3> 새만금 비점오염관리지역 오염원 현황

오염원		시행계획 (2014년 기준)	'17년 현황	증감 (‘17년-시행계획)
생활계	인구(인)	373,368	372,153	▲1,215
	물사용량(m ³ /일)	105,153	97,073	▲8,080
축산계	합계(두수)	4,562,476	2,232,692	▲2,329,784
산업계	산업폐수발생량(m ³ /일)	113,317	56,160	▲57,157
	폐수배출업소	719	753	34
토지계	합계(km ²)	633	633	0
양식계	양식장시설면적(m ²)	302,248	272,914	▲29,334
매립계	매립장침출수발생유량(m ³ /일)	369	369	0
	매립장침출수 처리시설수	2	2	0

자료: 전라북도 내부자료 (3단계 수질오염총량 시행계획 및 2017년 수질오염총량 시행계획 이행평가 결과)

(3) 오염부하 현황

- 새만금 유역의 BOD 총배출부하량은 2014년 기준 21,985.7kg/일에서 2017년 21,890.8kg/일로 소폭 감소하였음
- 총배출부하량 중 점배출량이 차지하는 비중은 2014년 18.7%에서 2017년 15.0%로 감소하였으나, 비점배출량의 비중은 81.3%에서 85.0%로 증가한 것으로 나타남
- 생활계 배출량의 경우 2014년 대비 2017년에 761.2kg/일이 감소하였는데 이는 전체 점배출부하량 감소량의 90.6%를 차지함

- 축산계의 경우 186.3kg/d로 전체 비점배출부하량 증가량의 25.0%, 토지계의 경우 578.6kg/d로 77.6%로 가장 크게 증가한 것으로 나타남

<Table 2-4> 새만금 비점오염원관리지역 BOD 배출부하량

오염원	시행계획(2014년 기준)		'17년 현황		증감('17년-시행계획)	
	점배출부하량 (BOD kg/일)	비점배출부하량 (BOD, kg/일)	점배출부하량 (BOD kg/일)	비점배출부하량 (BOD, kg/일)	점배출부하량 (BOD kg/일)	비점배출부하량 (BOD, kg/일)
생활계	3,161.5	690.6	2,400.3	669.7	▲761.2	▲20.9
축산계	4.2	7,677.4	6.9	7,863.7	2.7	186.3
산업계	191.9	43.5	280.4	46.6	88.5	3.1
토지계	279.9	9,455.4	269.8	10,034.0	▲10.1	578.6
양식계	475.8	-	316.9	-	▲158.9	-
매립계	1.4	4.0	0.4	2.0	▲1.0	▲2.0
합계	4,114.7	17,871.0	3,274.7	18,616.1	▲840.0	745.1

자료: 전라북도 내부자료 (3단계 수질오염총량 시행계획 및 2017년 수질오염총량 시행계획 이행평가 결과)

다. 강수량 현황

- 새만금 유역내 종합기상관측소(ASOS) 4개, 방재기상관측소(AWS)는 6개로 총 10개의 기상관측소가 위치하고 있으며, 대표관측소로 전주 관측소를 선정하여, 최근 10년간(2008~2017) 강수자료를 이용하여 강수특성을 분석 함

<Table 2-5> 새만금 유역의 강우관측소 현황

구분	관측소명	관측기종	위치	관측기간	관리청
유역 외	군산	T/M	군산시 내흥동	1968-01-01	기상청
유역 내	전주	T/M	전주시 완산구 남노송동	1918-06-23	기상청
유역 내	부안	T/M	부안군 행안면 역리	1972-03-01	기상청
유역 내	정읍	T/M	정읍시 상동	1970-01-05	기상청
유역 내	익산	AWS	익산시 신흥동	1999-09-04	기상청
유역 내	진봉	AWS	김제시 진봉면 고사리	1991-11-29	기상청
유역 내	모악산	AWS	김제시 금산면 금산리	2001-9-29	기상청
유역 내	김제	AWS	김제시 교동	1992-11-09	기상청
유역 내	태인	AWS	정읍시 태인면 태창리	1993-11-13	기상청
유역 외	여산	AWS	익산시 여산면 재남리	1993-11.13	기상청

- 최근 10년간(2008~2017) 연평균 강수량은 1,195.8 mm로 기상청에서 분석한 2017년 기준 평년 값(1,307.7 mm)보다는 적었고, 2017년 강수량은 전국 967.7 mm 보다 약 19.9 mm 적은 947.8 mm로 나타남
- 연간총강수량은 2011년도를 제외하고 지속적으로 감소하고 있는 것으로 분석되었고, 특히 2017년은 2016년 대비 강수량이 약 170 mm 적게 발생함. 또한 연간 강수발생 횟수는 2010년 136회를 최대 기점으로 다소 감소하는 추세로 나타남. 50 mm 이상의 강수발생은 연평균 4.3회가 발생하는 것으로 나타났으며, 연평균 강수량의 약 27.3%를 차지하는 것으로 나타남
- 새만금 유역은 유역 범위가 광범위 하고, 최근 국지성 호우가 잦아지고 있어 종합기상관측소 뿐만 아니라, 방재기상관측소의 기상자료를 모두 이용하여 새만금 유역의 유역 모델에 반영하였음

<Table 2-6> 새만금 유역의 강우관측소 현황

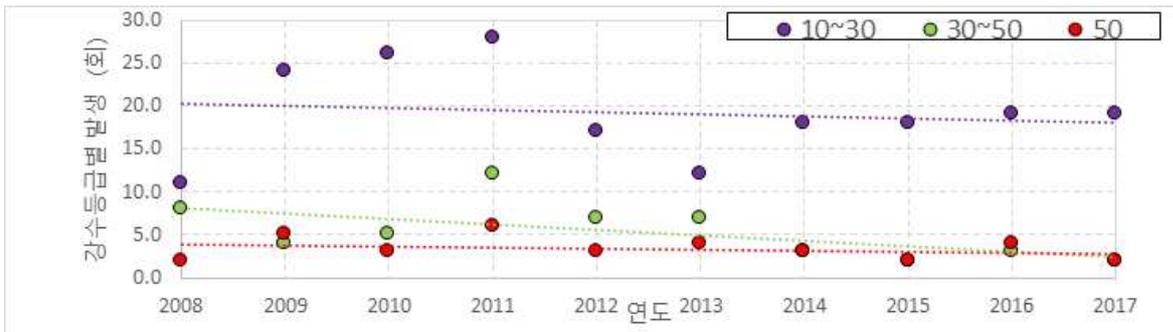
강수계급 (mm)	발생횟수 (회)	총 강수량 (mm)	사상당 강수량 (mm)	누가강수량 (mm)	강수점유율 (%)	누가점유율 (%)
0~10	85.8	224.0	2.6	224.0	18.7	18.7
10~20	15.9	225.6	14.2	449.5	18.9	37.6
20~30	6.2	148.0	23.9	597.5	12.4	50.0
30~40	3.6	124.7	34.6	722.2	10.4	60.4
40~50	3.3	146.9	44.5	869.1	12.3	72.7
50~60	1.5	83.7	55.8	952.8	7.0	79.7
60~70	0.8	52.4	65.5	1,005.2	4.4	84.1
70~80	0.5	37.2	74.5	1,042.4	3.1	87.2
80~90	0.8	67.0	83.7	1,109.4	5.6	92.8
90~100	0.4	37.7	94.3	1,147.1	3.2	95.9
100~110	0.0	0.0	-	1,147.1	0.0	95.9
110~120	0.0	0.0	-	1,147.1	0.0	95.9
120~130	0.1	12.9	128.5	1,159.9	1.1	97.0
130~140	0.0	0.0	-	1,159.9	0.0	97.0
140~150	0.0	0.0	-	1,159.9	0.0	97.0
150~160	0.0	0.0	-	1,159.9	0.0	97.0
160~170	0.1	16.4	164.0	1,176.3	1.4	98.4
170~180	0.0	0.0	-	1,176.3	0.0	98.4
180~190	0.0	0.0	-	1,176.3	0.0	98.4
190~200	0.1	19.5	195.0	1,195.8	1.6	100.0
200	0.0	0	-	1,195.8	0.0	100.0
계	119.1	1195.8	-	-	100.0	-



(a) 강수발생 횟수



(b) 강수량



(c) 강수등급별 발생횟수

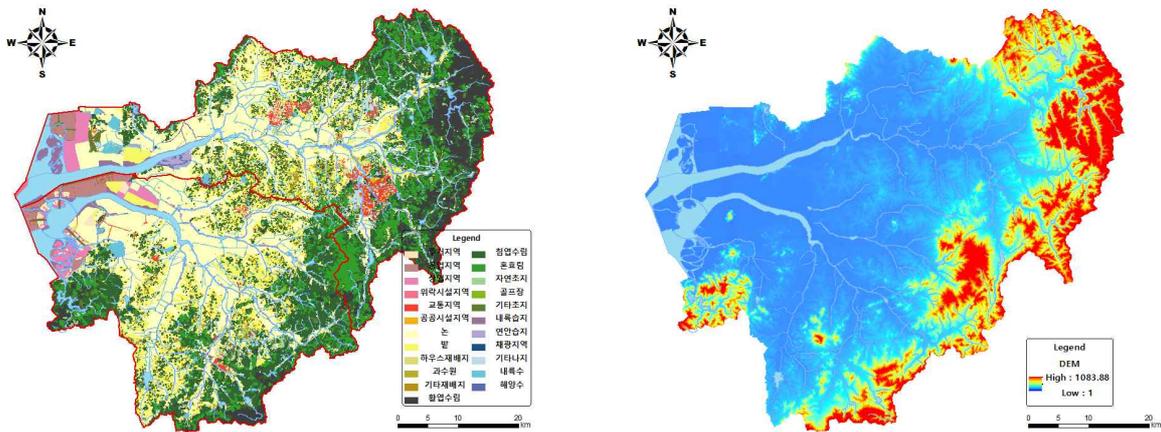


(d) 강수발생 횟수 대비 강수등급별 구성비

<Fig. 2-2> 새만금 유역의 강수특성 분석 결과

라. 토지이용, 토양, 지형 현황

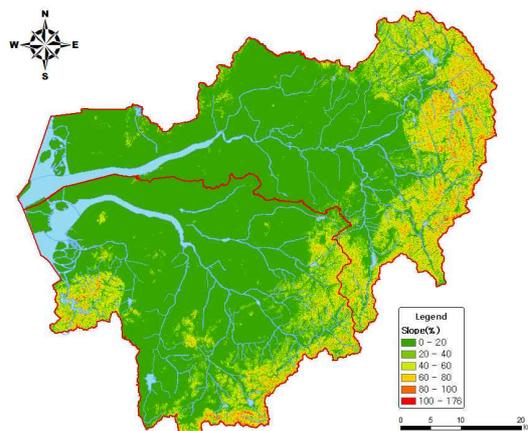
- 새만금 유역은 전체면적의 약 46.5%(1,548.1km²)가 농경지로, 표고 50m 이하의 면적이 64.3%(2,137.0km²)로 나타났으며, 표고 100~200m는 11.7%(389.3km²) 으로 분석됨
- 새만금 유역의 표고에서도 나타났듯이, 낮은 평야지대가 많아 0~20%의 경사도 구성이 72.1%로 가장 큰 것으로 나타났으며, 20~40%의 경사도는 11.7%, 40~60% 경사도는 10.0% 순으로 분석되었다. 0~40%의 경사도는 전체 면적의 약 83.8%를 차지하는 것으로 나타남



(a) 새만금 유역 토지이용도

(b) 새만금 유역 고도분포

<Fig. 2-3> 새만금 유역의 토지이용도와 고도분포



<Fig. 2-4> 새만금 유역 경사도

<Table 2-7> 새만금 유역 표고 구성비

표고(m)	면적(k㎡)	구성비(%)	누적 구성비(%)
-65 - 50	2,136.95	64.267	64.267
50 - 100	314.09	9.446	73.713
100 - 200	389.32	11.709	85.422
200 - 300	251.53	7.565	92.986
300 - 400	138.74	4.172	97.159
400 - 500	62.72	1.886	99.045
500 - 600	23.33	0.702	99.747
600 - 700	6.40	0.193	99.939
700 - 800	1.44	0.043	99.983
800 - 900	0.50	0.015	99.997
900 - 1,084	0.08	0.003	100.0

자료: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함

<Table 2-8> 새만금 유역 경사분석도

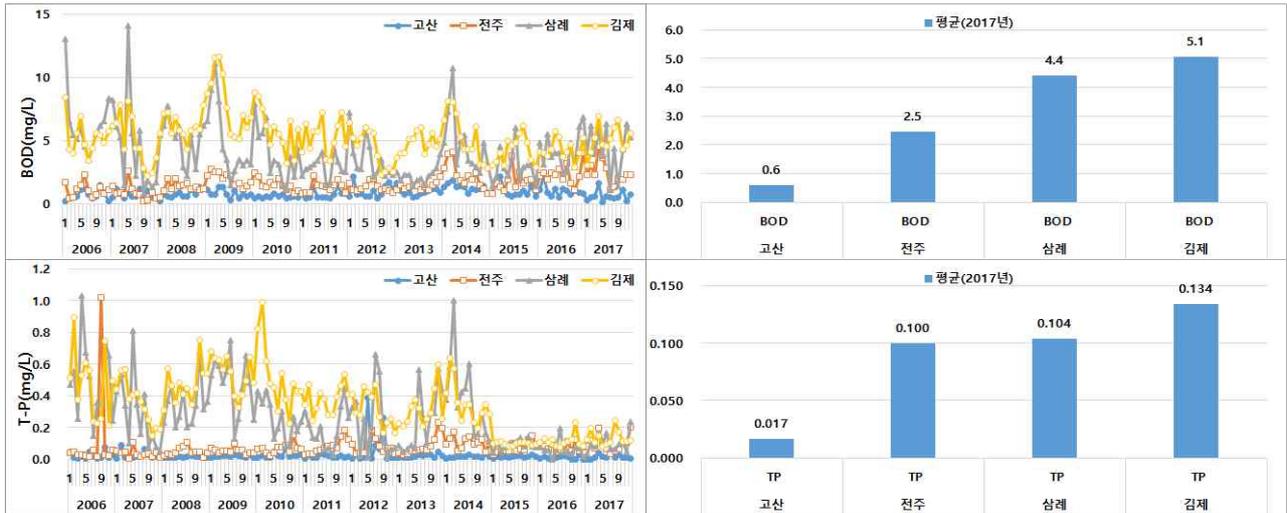
Slope(%)	새만금 유역		
	면적(k㎡)	구성비(%)	누적 구성비(%)
0~20	2,396.71	72.08	72.08
20~40	388.42	11.68	83.76
40~60	331.18	9.96	93.72
60~80	175.91	5.29	99.01
80~100	30.05	0.90	99.91
100 이상	2.83	0.09	100.0

자료: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함

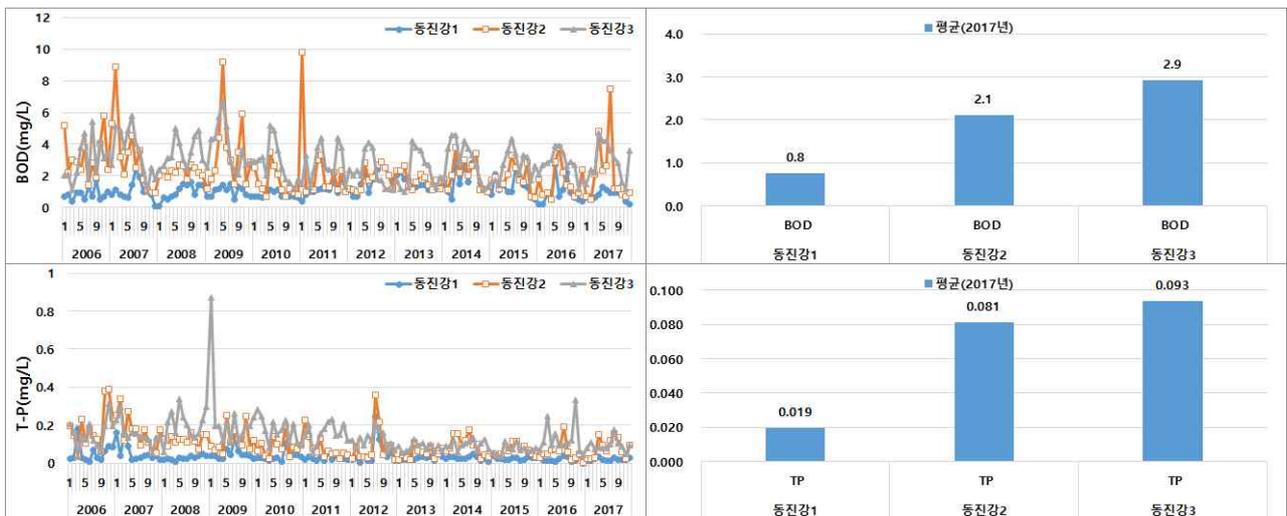
마. 수질 현황

- 만경강 유역 환경부 측정망 지점인 고산, 전주, 삼례, 김제 지점의 수질은 하류로 갈수록 수질농도가 증가하는 경향이 뚜렷하며, 전주천 합류후 BOD, T-P 수질 농도가 증가하는 추세를 보이고 있음
- T-P 농도의 경우에는 2015년 전주하수처리장 총인처리시설 운영 후 수질개선 효과가 있으나 전주천 합류후 수질 농도는 여전히 증가를 보이고 있음
- 김제 지점의 수질 등급(2017년 기준)은 BOD(5.1 mg/L) IV등급, T-P(0.134 mg/L) III등급을 나타냄

- 동진강 본류의 환경부 측정망 지점인 동진강1, 동진강2, 동진강3의 수질은 하류로 갈수록 수질 농도가 증가하는 경향을 보임
- 동진강3 지점의 수질 등급(2017년 기준)은 BOD(2.9 mg/L) II등급, T-P(0.093 mg/L) II등급을 나타냄



<Fig. 2-5> 만경강 유역 BOD, T-P 변화



<Fig. 2-6> 동진강 유역 BOD, T-P 변화

바. 비점오염원관리지역 지정 현황

- 새만금 유역 비점오염원관리지역은 7개 시·군(전주시, 군산시, 익산시, 정읍시, 김제시, 완주군, 부안군) 일원으로 전체 776.5 km²이며, 수질오염총량관리 17개 소유역으로 구성되어 있음
- 추진 경과
 - 2013.12.24 : 새만금 유역 비점오염원관리지역 지정(환경부)
 - 2014.12.31 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 수립 및 시행계획 수립 요청(환경부→전라북도)
 - 2016. 2.23 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획 수립 용역 승인요청(전라북도→환경부)

- 2017. 1.19 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획 수립 용역 승인(환경부→전라북도)

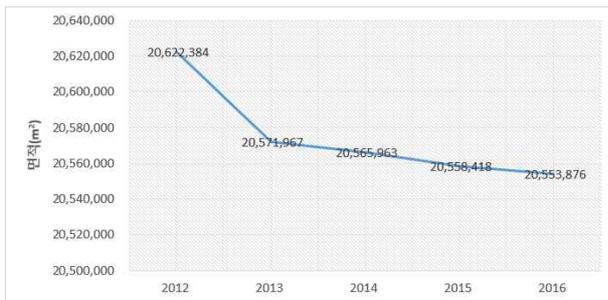
2. 골지천 유역 현황

가. 일반 현황

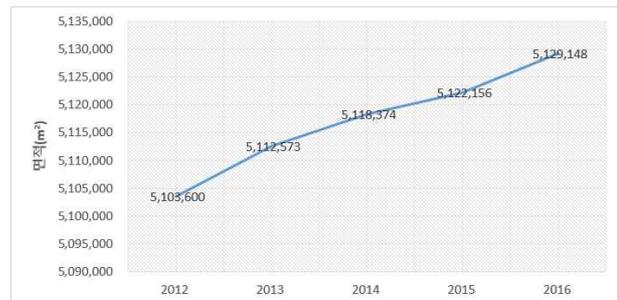
- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제54조에 따라 골지천 유역(정선군 임계면, 강릉시 왕산면 2개리, 삼척시 하장면 7개리)을 비점오염원 관리지역으로 지정·고시하고(13.12.24), 이에 따라 비점오염지역 관리대책이 수립되었으며(14.12.31), 시행계획이 수립됨(17.10.18 승인)
- 골지천 유역 비점오염원관리지역은 지방 2급 하천인 임계천과 송현천 그리고 삼척에서 발원하여 골지천과 합류되는 당곡천을 포함하며, 총 87개의 소유역이 포함되어 있음(국립환경과학원, 2014a)

나. 오염원현황

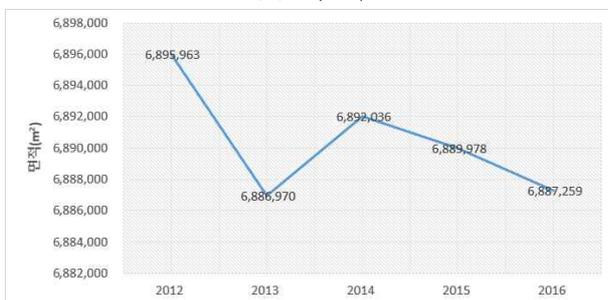
- 골지천 유역 비점오염원관리지역의 연도별 오염원 변화 추이를 2012년~2016년 전국오염원조사 자료(국립환경과학원, 2012~2016)를 활용하여 분석
- 골지천 유역 비점오염원관리지역은 임야가 약 87.3%를 차지하고 있으며, 임야를 제외한 12.7%의 토지이용 중 농경지(전, 답) 면적이 약 65.2% 차지하고 있음
- 왕산면의 농경지(전, 답) 면적은 지속적으로 증가하고 있으나, 임계면과 하장면의 감소로 인해 비점오염원관리지역의 농경지 면적은 감소하는 추세임



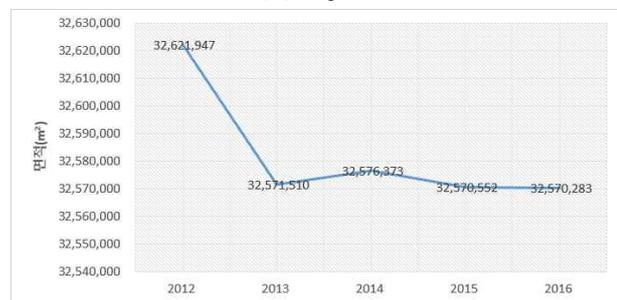
(a) 임계면



(b) 왕산면



(c) 하장면



(d) 비점오염원관리지역

<Fig. 2-7> 골지천 비점오염원관리지역의 농경지 면적(전, 답) 변화 추이

<Table 2-9> 골지천 비점오염원관리지역 전·답 연도별 변화 추이(단위 : km²)

시·군·면	동리	2012		2013		2014		2015		2016	
		전	답	전	답	전	답	전	답	전	답
정선군 임계면	낙천리	1.618	0.566	1.617	0.566	1.622	0.565	1.622	0.562	1.621	0.562
	덕암리	1.185	0.012	1.183	0.012	1.183	0.012	1.183	0.012	1.183	0.012
	문래리	1.134	0.442	1.133	0.442	1.133	0.441	1.136	0.439	1.137	0.439
	봉산리	1.433	0.384	1.427	0.379	1.411	0.378	1.413	0.377	1.411	0.373
	용산리	1.106	0.576	1.106	0.576	1.115	0.564	1.128	0.552	1.126	0.552
	가목리	0.670	0.031	0.667	0.031	0.667	0.031	0.667	0.031	0.668	0.029
	고양리	1.632	0.030	1.599	0.030	1.599	0.030	1.597	0.030	1.595	0.030
	도전리	1.195	0.120	1.194	0.119	1.197	0.117	1.196	0.117	1.201	0.113
	반천리	1.925	0.216	1.932	0.216	1.932	0.216	1.931	0.216	1.935	0.212
	송계리	1.482	0.452	1.486	0.440	1.502	0.436	1.503	0.429	1.501	0.426
	임계리	2.591	0.537	2.599	0.532	2.658	0.472	2.666	0.466	2.666	0.465
	직원리	1.204	0.081	1.203	0.081	1.203	0.081	1.209	0.075	1.221	0.075
	계	17.174	3.448	17.146	3.426	17.222	3.344	17.252	3.307	17.265	3.289
강릉시 왕산면	고단리	3.441	0.208	3.451	0.208	3.459	0.207	3.465	0.204	3.469	0.204
	송현리	1.431	0.024	1.430	0.024	1.429	0.024	1.429	0.024	1.433	0.023
	계	4.872	0.231	4.881	0.231	4.888	0.230	4.895	0.228	4.902	0.227
삼척시 하장면	갈전리	1.516	0.397	1.516	0.402	1.518	0.400	1.518	0.400	1.519	0.398
	공전리	0.288	-	0.287	-	0.287	-	0.287	-	0.287	-
	광동리	0.604	0.001	0.603	0.001	0.603	0.001	0.602	0.001	0.601	0.001
	장전리	1.225	0.122	1.223	0.122	1.231	0.122	1.231	0.122	1.230	0.122
	중봉리	0.946	0.060	0.945	0.060	0.943	0.060	0.943	0.060	0.942	0.060
	추동리	1.217	0.002	1.214	0.002	1.213	0.002	1.213	0.002	1.213	0.002
	토산리	0.466	0.050	0.465	0.046	0.467	0.044	0.466	0.044	0.466	0.044
	계	6.262	0.634	6.253	0.634	6.262	0.630	6.260	0.630	6.259	0.628

- 비점오염원관리지역 내 축산계 오염원조사 자료 분석 결과 사육두수가 증가하는 추세로 나타남
- 2015년 대비 왕산면과 하장면의 사육두수는 큰 변화가 없었으나, 임계면은 약 1,500 두가 증가하여 발생 유량 및 BOD, T-P의 발생부하량이 증가함

<Table 2-10> 골지천 비점오염원관리지역 축산계 연도별 변화 추이

구분		2012	2013	2014	2015	2016
왕산면	한우	41	41	41	77	77
임계면	개	-	160	695	136	958
	가금	3,000	3,485	4,615	1,355	1,381
	돼지	200	1,800	-	-	-
	양·사슴	-	13	482	124	345
	젓소	-	-	6	6	-
	한우	2,565	2,565	2,554	2,545	2,936
하장면	개	-	134	101	-	-
	가금	11,763	13,411	79	18,089	18,091
	한우	205	123	209	287	216
총 사육두수 합계		17,774	21,732	8,782	22,619	24,004
발생유량(m³/일)		43.9	57	42.8	44.5	50.0
BOD 발생부하량(kg/일)		1,583	1,730	1,527	1,644	1,827
T-P 발생부하량(kg/일)		110	128	105	113	126

다. 강수량 현황

- 기상청 방재기상관측소의 임계 지점에서 최근 10년간(2008~2017) 강수량자료를 이용하여 강수특성을 분석 함

<Table 2-11> 골지천 유역의 강우관측소 현황

구분	관측소명	관측기종	위치	관측기간	관리청
유역 내	임계	T/M	정선군 임계면 302-2	1991-10-31 이후	기상청

- 최근 10년간(2008~2017) 연평균 강수량은 1,043.1 mm로 기상청에서 분석한 2017년 기준 평년 값(1,307.7 mm)보다는 적었고, 2017년 강수량은 전국 967.7 mm 보다 약 220 mm 적은 745 mm 로 나타남.
- 연간총강수량은 2011년도를 제외하고 지속적으로 감소하고 있는 것으로 분석되었고, 특히 2017년은 2016년 대비 강수량이 약 250 mm 적게 발생함. 또한 연간 강수발생 횟수는 2013년 120회를 최대 기점으로 다소 감소하는 추세로 나타남. 50 mm 이상의 강수발생은 연평균 3.4회가 발생하는 것으로 나타났으며, 연평균 강수량의 약 27.3%를 차지하는 것으로 나타남
- 기상청 방재기상관측소 임계 지점의 자료를 이용하여 2018년 1월 1일부터 8월 31일까지 발생한 강수량을 분석한 결과, 8월까지 발생한 총 강수량은 911 mm로 임계면의 10년 평균 강수량인

1,043.1 mm의 87.3%에 해당하는 강수량임

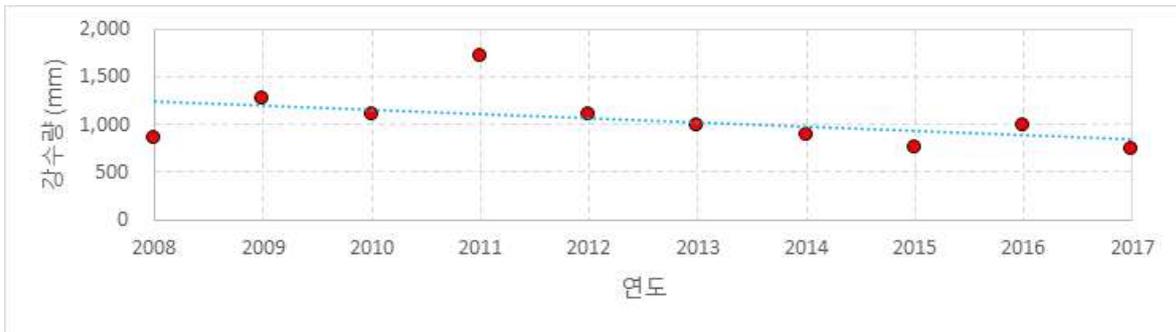
- 6월에는 68.5 mm의 매우 적은 강우가 발생하였으나, 7월과 8월에는 200 mm 이상의 강우가 발생하였으며 8월까지 강수량의 49.7%가 7월과 8월에 발생된 것으로 나타남
- 골지천 유역 내에는 방재기상관측소의 임계 지점과 삼당령 지점이 운영되고 있으며, 삼당령 지점의 경우 태봉2교 상류에 위치하고 있어 태봉2교의 유량 및 수질에 영향을 줌. 그러나 최근 국지성 호우가 잦아지고 있어, 소유역별 강우패턴과 유량변화를 분석한 결과 강우량의 지역별 편차가 큰 것으로 나타남. 따라서, 태봉2교 지점은 삼당령 자료를 이용하고, 이외 지점은 임계 강수량 자료를 이용하여 분석함

<Table 2-12> 골지천 유역의 최근 10년간('08~'17) 강수특성 분석 결과

강수계급 (mm)	발생횟수 (회)	총 강수량 (mm)	사상당 강수량 (mm)	누가강수량 (mm)	강수점유율 (%)	누가점유율 (%)
0~10	78.5	233.7	3.0	233.7	22.4	22.4
10~20	13.9	194.9	14.0	428.6	18.7	41.1
20~30	5.3	126.3	23.8	554.9	12.1	53.2
30~40	3.5	121.2	34.6	676.0	11.6	64.8
40~50	1.8	82.6	45.9	758.6	7.9	72.7
50~60	1	54.0	54.0	812.6	5.2	77.9
60~70	0.8	51.7	64.6	864.3	5.0	82.9
70~80	0.4	29.5	73.8	893.8	2.8	85.7
80~90	0.1	8.7	87.0	902.5	0.8	86.5
90~100	0.2	19.5	97.5	922.0	1.9	88.4
100~110	0	0.0	-	922.0	0.0	88.4
110~120	0.3	34.1	113.5	956.0	3.3	91.7
120~130	0.1	12.0	120.0	968.0	1.2	92.8
130~140	0.2	27.9	139.5	995.9	2.7	95.5
140~150	0.1	14.4	143.5	1010.3	1.4	96.9
150~160	0.1	15.7	156.5	1025.9	1.5	98.4
160~170	0	0.0	-	1025.9	0.0	98.4
170~180	0.1	17.2	171.5	1043.1	1.6	100.0
180~190	0	0.0	-	1043.1	0.0	100.0
190~200	0	0.0	-	1043.1	0.0	100.0
200	0	0.0	-	1043.1	0.0	100.0
계	106.4	1043.1			100	



(a) 강수발생 횟수



(b) 강수량



(c) 강수등급별 발생횟수



(d) 강수발생 횟수 대비 강수등급별 구성비

<Fig. 2-8> 골지천 유역의 강수특성 분석 결과

<Table 2-13> 골지천 유역의 AWS 일별 강수량(임계 측정소) -2018

일\월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
1일	0	0	2	0	0	0	88.5	0	0.5	0	0	0
2일	0	0	0	0	20	0	27.5	0	0	0	0	0
3일	0	0	0	0	8	0	3.5	0	46	0	0	6.5
4일	0	0	9.5	21	0	0	42	0	49	0.5	0	15.5
5일	0	0	16.5	6.5	0	0.5	42	0	0	65.5	0	0
6일	0	0	0	8.5	12	0	5.5	7	0	40.5	0	3.0
7일	0	0	2	0.5	0	0	3.5	0	1	0	2.5	0
8일	1.5	0	12.5	1	3	0	0	7	0	0	40.5	0
9일	0	0	1.5	1	0.5	1	19	12.5	8.5	0	1.5	0
10일	0	0	0	0.5	0	2.5	4.5	1	2.5	0	0	0
11일	0	0	0	6.5	0	1	2.5	0	0	0	0	3.5
12일	0	0	0	0	9.5	0	0	0	0	0	0	0
13일	0	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0
14일	0	0	0	19.5	0	0	0	0	4	0	0	0
15일	0	0	5	0	0	0	0	0	8	0	0	0
16일	0	0	2	0	4	0	0	29	0.5	0	0	0
17일	3	0	0	0	31.5	0	0	0	0.5	0.5	0	0
18일	0	0	0	0	32	0	0	0	0	20	0	0
19일	0	0	16.5	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0
20일	0	0	0	0	0	0	0	0	28.5	0	0	0
21일	0	0	7	0	0	0	0	0	26.5	0	1.5	0
22일	1.5	0	0	1	2	0	0	0	0.5	0	0	0
23일	0	2	0	52.5	3	0	0	23.5	0	0.5	0	0
24일	0	0	0	10	0	0	0	30.5	0	0	5	0
25일	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0
26일	0	0	0	0	0	51	0	6	5	2.5	0	0
27일	0	0	0	0	0	0	0	37	2.5	0	0	0
28일	0	38	0	0	0	11.5	0	32	0	10.5	0	0
29일	0	-	0	0	1	0	0.5	1.5	0	0	0	0
30일	0	-	0	0	14	0	3	5	0	0	0	0
31일	0	-	0	-	0	-	0	18.5	-	0	-	0
월별 합계	6	40	74.5	128.5	141	68.5	242	210.5	185.5	140.5	51.0	28.5

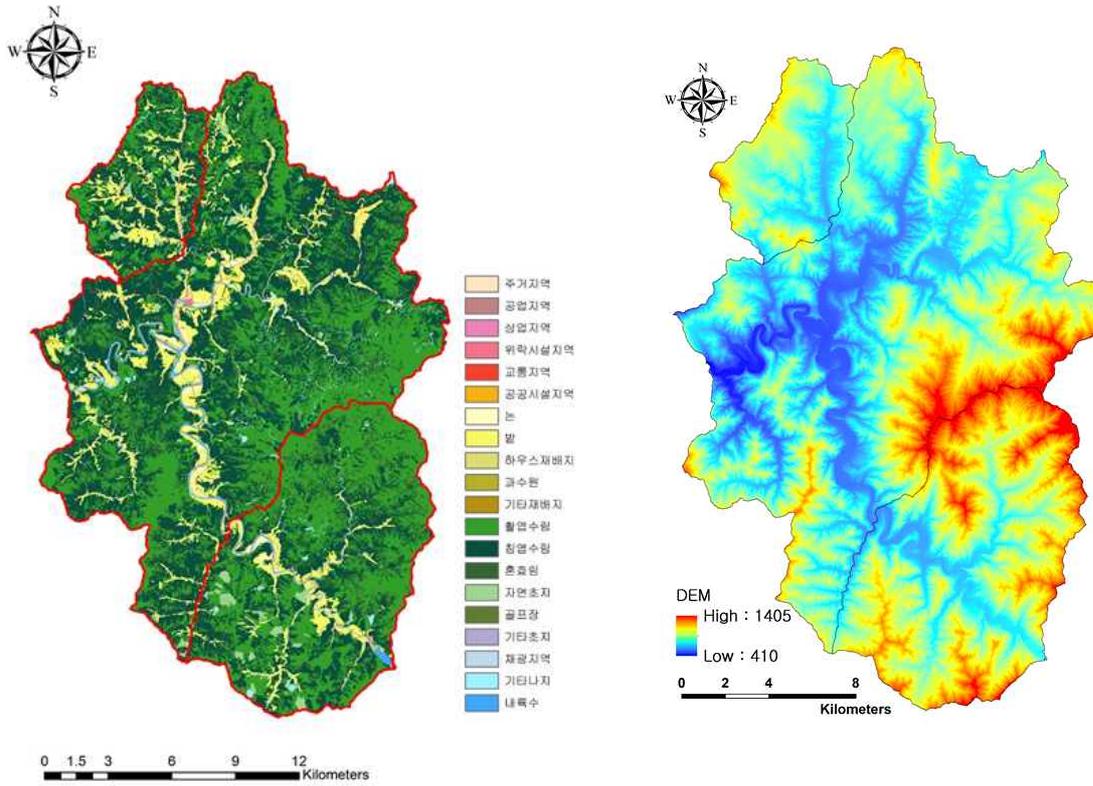
라. 토지이용, 토양, 지형 현황

- 골지천 유역은 전체 밭의 100%가 표고 400 m 이상인 급경사의 고랭지 밭 지역으로서 집중 호우 시 고랭지 밭으로부터 유출되는 강우유출수와 이에 따른 토양 유실로 인해 하천생태계에 미치는 영향이 클 것으로 판단됨(국립환경과학원, 2014a)
- 골지천 유역의 경사는 40~60%의 경사도의 구성이 29.9% 가장 큰 것으로 나타났으며, 60~80%의 경사도는 25.7%, 20~40%의 경사도는 20.0%로 20~60%의 경사가 전체 면적의 약 75.7%를 차지하는 것으로 나타남
- 골지천 유역은 풍화작용을 잘 받는 화강암과 화강편마암이 넓게 분포하고 있는 지역으로 강우시 마사토로 이루어진 고랭지 밭으로부터 유출되는 강우유출수와 이에 따른 토양유실이 심각한 지역임(국립환경과학원, 2014a)
- 특히 정선군 임계면과 강릉시 왕산면 지역은 화강암 계열에서 풍화된 마사토가 차지하는 비율이 높아 지층과 지질구조가 여타 유역보다 매우 특이한 특성을 보이며, 이에 따라 토양유실, 탁수발생 및 비점오염원 제어와 저감을 위한 특별 관리가 필요한 지역임(국립환경과학원, 2014a)

<Table 2-14> 골지천 유역 표고 구성비

표고(m)	면적(km)	구성비(%)	누적 구성비(%)
400 ~ 500	10.93	2.764	2.764
500 ~ 600	43.58	11.020	13.784
600 ~ 700	89.61	22.660	36.445
700 ~ 800	99.35	25.123	61.568
800 ~ 900	69.96	17.691	79.259
900 ~ 1,000	42.43	10.730	89.989
1,000 ~ 1,100	24.66	6.236	96.225
1,100 ~ 1,200	12.15	3.072	99.297
1,200 ~ 1,300	2.49	0.630	99.927
1,300 ~ 1,400	0.28	0.071	99.997
1400 ~	0.01	0.003	100.0

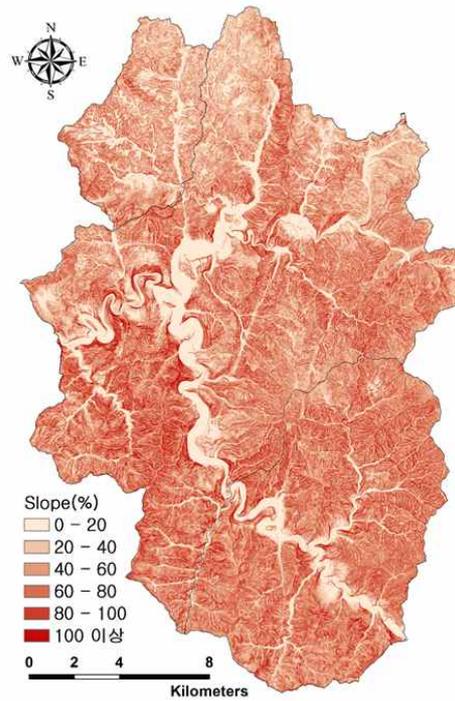
자료: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함



(a) 골지천 유역 토지이용도

(b) 골지천 유역 고도분포

<Fig. 2-9> 골지천 유역의 토지이용도와 고도분포



<Fig. 2-10> 골지천 유역 경사도

<Table 2-15> 골지천 유역의 행정구역별 표고 구성비

행정구역	표고(m)	면적(km ²)	구성비(%)	누적 구성비(%)
임계면	400 ~ 500	10.94	4.488	4.488
	500 ~ 600	38.88	15.949	20.437
	600 ~ 700	62.77	25.750	46.187
	700 ~ 800	63.40	26.008	72.195
	800 ~ 900	34.34	14.087	86.282
	900 ~ 1,000	17.26	7.080	93.363
	1,000 ~ 1,100	9.69	3.975	97.338
	1,100 ~ 1,200	5.34	2.191	99.528
	1,200 ~ 1,300	1.12	0.459	99.988
1,300 ~ 1,400	0.03	0.012	100.0	
왕산면	500 ~ 600	1.04	2.759	2.759
	600 ~ 700	12.00	31.830	34.589
	700 ~ 800	13.99	37.109	71.698
	800 ~ 900	8.11	21.512	93.210
	900 ~ 1,000	2.30	6.101	99.310
	1,000 ~ 1,100	0.24	0.637	99.947
	1,100 ~ 1,200	0.02	0.053	100.0
하장면	500 ~ 600	3.64	3.194	3.194
	600 ~ 700	14.81	12.994	16.187
	700 ~ 800	21.94	19.249	35.436
	800 ~ 900	27.51	24.136	59.572
	900 ~ 1,000	22.87	20.065	79.637
	1,000 ~ 1,100	14.73	12.923	92.560
	1,100 ~ 1,200	6.82	5.984	98.544
	1,200 ~ 1,300	1.40	1.228	99.772
	1,300 ~ 1,400	0.25	0.219	99.991
1,400 ~	0.01	0.009	100.0	

출처: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함

<Table 2-16> 골지천 유역의 경사도분석

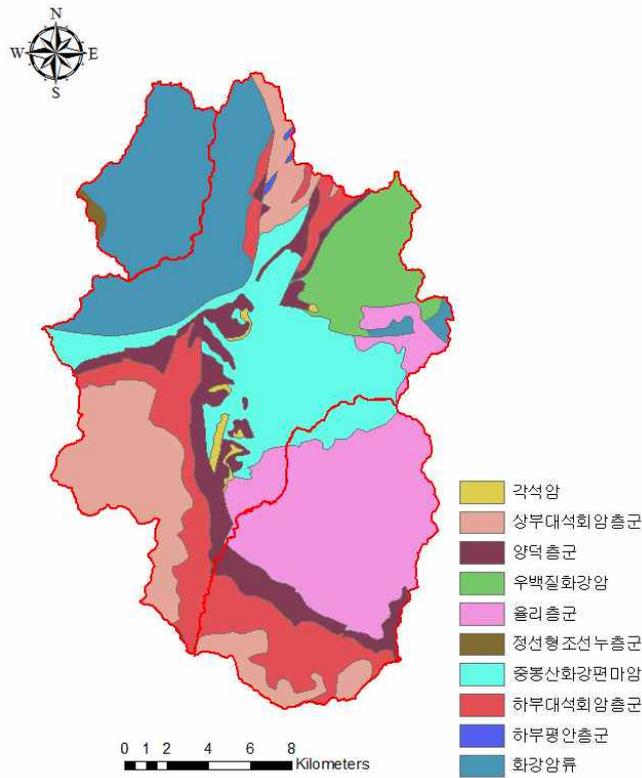
Slope(%)	골지천 유역		
	면적(km ²)	구성비(%)	누적 구성비(%)
0~20	53.11	13.430	13.430
20~40	79.26	20.043	33.473
40~60	118.29	29.913	63.386
60~80	101.79	25.740	89.126
80~100	33.17	8.388	97.514
100 이상	9.83	2.486	100.0

자료: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함

<Table 2-17> 골지천 유역의 행정구역별 경사도분석

행정구역	Slope(%)	골지천 유역		
		면적(km ²)	구성비(%)	누적구성비(%)
임계면	0-20	7.45	19.767	19.767
	20-40	11.85	31.441	51.207
	40-60	10.81	28.681	79.889
	60-80	5.74	15.230	95.118
	80-100	1.49	3.953	99.071
	100 이상	0.35	0.929	100.0
왕산면	0-20	35.96	14.752	14.752
	20-40	52.07	21.360	36.112
	40-60	70.98	29.118	65.230
	60-80	57.48	23.580	88.809
	80-100	20.54	8.426	97.235
	100 이상	6.74	2.765	100.0
하장면	0-20	9.69	8.501	8.501
	20-40	15.35	13.466	21.967
	40-60	36.52	32.038	54.005
	60-80	38.57	33.836	87.841
	80-100	11.13	9.764	97.605
	100 이상	2.73	2.395	100.0

출처: 국토지리정보원 1:5,000 지형도에서 추출함



<Fig. 2-11> 골지천 유역 지질분포도

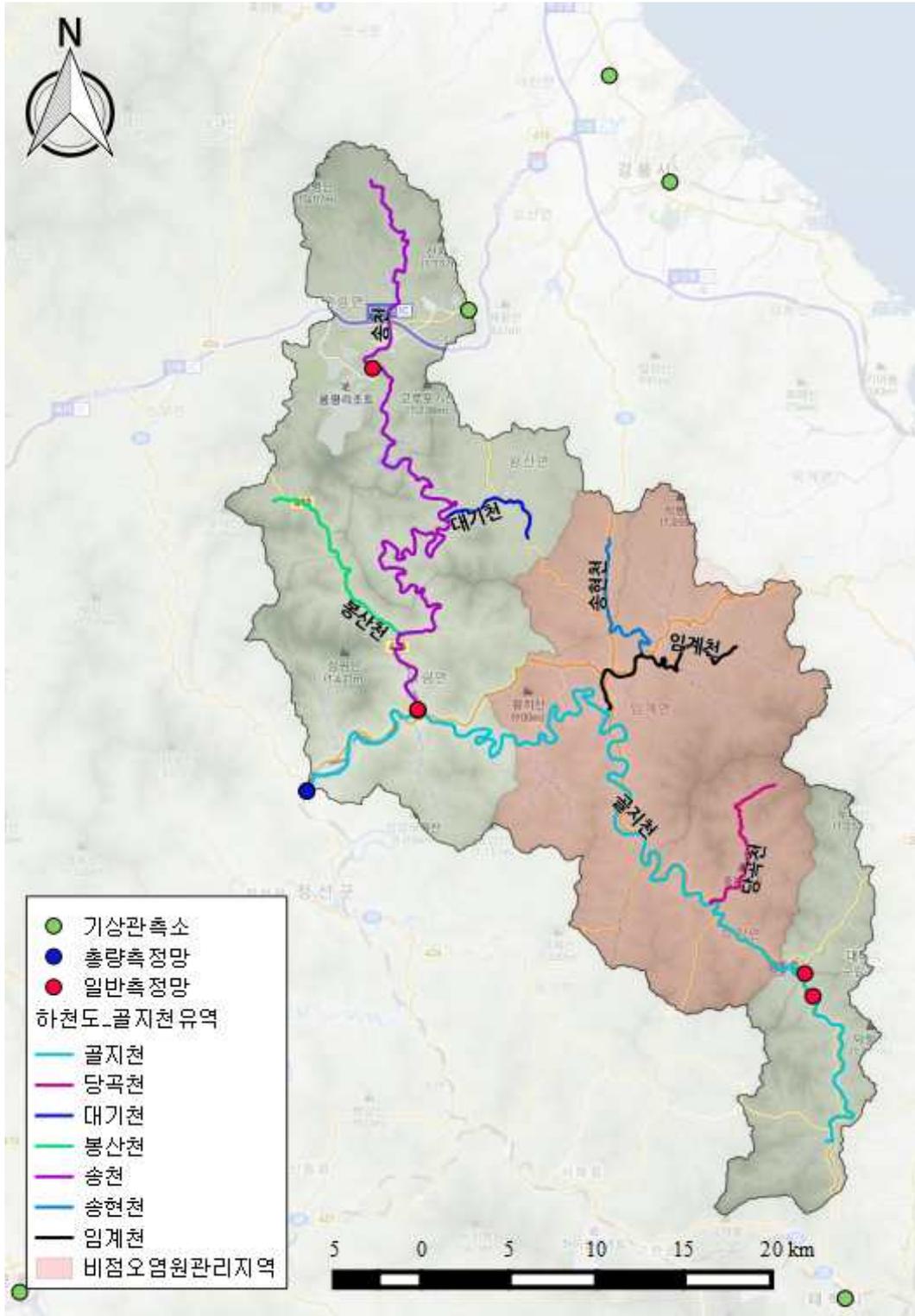
<Table 2-18> 골지천 유역의 지질분포 특성

시군구	읍면동	지질종류	면적	비율
강릉	왕산면	화강암류	36.47	96.74
		정선형 조선계층군	1.23	3.26
정선	임계면	각석암	2.50	1.03
		하부대 석회암층군	29.03	11.91
		양덕층군	24.39	10.01
		하부평안층군	0.49	0.20
		화강암류	39.80	16.33
		화강암류	2.67	1.10
		상부대석회암층군	46.97	19.27
		중봉산 화강편마암	56.70	23.26
		우백질 화강암	27.44	11.26
		울리층군	13.77	5.65
삼척	하장면	하부대 석회암층군	21.15	18.55
		양덕층군	10.12	8.88
		상부대석회암층군	10.14	8.90
		중봉산 화강편마암	6.25	5.48
		울리층군	66.33	58.19

자료: 국가수자원관리종합정보시스템

마. 수질 현황

- 골지천 유역 비점오염원관리지역 내에는 송현천과 임계천 그리고 골지천이 유하하고 있으며, 유역 내 위치하고 있는 기상관측소와 총량측정망, 일반측정망의 위치는 <그림 2-9>와 같음



<Fig. 2-12> 골지천 유역 측정망 현황

- 골지천 유역 총량측점지점(골지 A, 강원도 정선군 북평면 남평리 남평대교)의 10년 평균(2008~2017) 수질은 BOD가 0.7 mg/L, COD 2.8 mg/L, T-P 0.024 mg/L 그리고 SS는 5.5 mg/L로서 평시 하천수질은 생활환경기준 1b를 만족하고 있음
- 그러나, 골지 A 지점의 6~9월의 10년간 평균수질을 살펴보면, SS 농도가 큰 폭으로 변하는 것을 알 수 있으며, 그 외의 항목(BOD, COD, TN, TP)은 유사한 것으로 조사되었음. 이는 6~9월에 내리는 강우시 하천으로 유입된 토사의 영향이 지속되어 나타난 결과로 판단되며, 총량지점(골지A)의 유량도 SS와 유사한 경향을 보이고 있음
- 골지천 유역 내 일반측정망인 골지천1(강원도 삼척시 하장면)과 골지천2 (강원도 정선군 여량면 여량리)의 연평균 수질은 BOD를 제외한 대부분의 항목에서 골지천 2 지점이 높게 나타났으며, 생활환경기준 1b를 충족하고 있음
- 골지천유역 비점오염원 관리지역 하류에 위치한 골지천 2 지점의 10년간 월별 평균 자료에 따르면, 본 계획의 관리대상물질인 SS 농도는 비가 자주 내리는 계절에 상승 하는 것으로 나타났음. 한편 골지천 1 지점에서 유량은 측정되고 있지 않음

<Table 2-19> 총량 지점(골지A) 연평균 수질과 유량 (단위 : mg/L)

측정소명	년도	유량(m ³ /s)	BOD	COD	SS	TN	TP
골지 A	2008	12.9	0.6	2.3	2.6	2.424	0.017
	2009	15.1	0.7	2.5	5.7	2.485	0.019
	2010	22.0	0.8	3.0	5.4	2.179	0.018
	2011	34.6	0.6	2.7	8.9	2.728	0.026
	2012	23.5	0.7	3.1	5.2	2.768	0.031
	2013	13.9	0.6	2.8	2.4	2.467	0.016
	2014	17.3	0.8	2.8	3.0	2.548	0.017
	2015	19.9	0.9	2.8	4.5	2.364	0.018
	2016	17.0	0.8	3.2	7.9	2.436	0.040
	2017	21.9	0.8	3.2	8.9	2.544	0.039
평균		19.8	0.7	2.8	5.5	2.494	0.024

자료: 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>

<Table 2-20> 총량 지점(골지A) 월평균 수질과 유량

(단위 : mg/L)

측정소명	월	유량(m ³ /s)	BOD	COD	SS	TN	TP
골지 A	1	2.3	0.4	1.7	0.9	3.294	0.008
	2	3.3	0.5	2.1	2.2	3.207	0.016
	3	13.0	0.6	2.6	1.8	2.843	0.012
	4	18.9	0.8	2.8	2.8	2.296	0.016
	5	18.2	1.0	3.2	7.5	2.019	0.023
	6	7.1	1.3	3.3	6.8	1.683	0.032
	7	38.3	0.8	3.2	12.8	2.125	0.046
	8	53.8	0.8	3.8	12.0	2.263	0.047
	9	34.4	0.7	3.1	9.0	2.542	0.035
	10	9.5	0.6	2.6	2.6	2.624	0.018
	11	8.9	0.5	2.4	2.0	2.782	0.012
	12	5.7	0.4	2.1	0.6	3.048	0.008

자료: 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>

<Table 2-21> 골지천 1 연평균수질

(단위 : mg/L)

측정소명	년도	BOD	COD	SS	TN	TP
골지천1	2008	0.8	1.8	0.7	3.05	0.022
	2009	1.0	2.1	2	2.506	0.029
	2010	1.0	2.1	1.7	3.002	0.021
	2011	1.1	2.1	2.2	2.714	0.017
	2012	1.0	1.3	0.9	3.648	0.012
	2013	1.1	1.7	1.2	2.143	0.014
	2014	1.0	1.6	0.7	2.528	0.015
	2015	1.2	2	0.7	2.432	0.014
	2016	0.7	1.3	0.5	1.988	0.009
	2017	1.0	1.6	2.5	3.739	0.013
평균		1.0	1.8	1.3	2.775	0.017

자료: 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>

<Table 2-22> 골지천 2 연평균수질

(단위 : mg/L)

측정소명	년도	BOD	COD	SS	TN	TP
골지천2	2008	0.6	2.4	4.4	2.411	0.021
	2009	0.8	2.3	1.7	2.87	0.017
	2010	0.5	2.5	1.7	2.384	0.011
	2011	0.5	2.9	4.8	3.758	0.039
	2012	0.6	2.4	5.1	3.604	0.023
	2013	0.9	2.3	2.6	3.052	0.023
	2014	1.0	2.6	2.9	2.795	0.02
	2015	1.2	3.7	2.6	2.957	0.012
	2016	1.2	2.5	2.3	3.596	0.022
	2017	1.1	3.3	3.1	3.138	0.025
평균		0.8	2.7	3.1	3.057	0.021

자료: 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>

<Table 2-23> 골지천 2 연평균수질

(단위 : mg/L)

측정소명	월	유량(m ³ /s)	BOD	COD	SS	TN	TP
골지천2	1	2.40	0.9	2.1	1.1	3.993	0.022
	2	1.42	0.7	2.1	0.8	4.264	0.019
	3	1.51	1.0	2.9	3.7	3.046	0.022
	4	6.56	0.6	3.0	3.4	2.701	0.016
	5	1.10	0.9	3.0	2.5	2.321	0.022
	6	0.55	0.9	2.7	3.2	2.142	0.025
	7	19.13	1.1	4.0	11.1	2.764	0.037
	8	38.73	1.0	2.7	2.8	2.448	0.025
	9	3.76	1.0	2.8	3.5	3.012	0.022
	10	2.23	0.7	2.4	1.5	3.019	0.014
	11	1.15	0.6	2.3	1.1	3.653	0.017
	12	0.82	0.8	2.2	1.0	3.748	0.012
평균		6.61	0.8	2.7	3.0	3.092	0.021

자료: 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>

바. 비점오염원관리지역 지정 현황

- 골지천 유역 비점오염원관리지역은 3개 시·군(정선군, 강릉시, 삼척시) 일원으로 전체 398.34 km²이며, 수질오염총량관리 17개 소유역으로 구성되어 있음
- 추진 경과
 - 2013.12.24 : 새만금 유역 비점오염원관리지역 지정(환경부)
 - 2014.12.31 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 수립 및 시행계획 수립 요청(환경부→전라북도)
 - 2016. 2.23 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획 수립 용역 승인요청(전라북도→환경부)
 - 2017. 1.19 : 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획 수립 용역 승인(환경부→전라북도)

제 2 절 유역현장조사

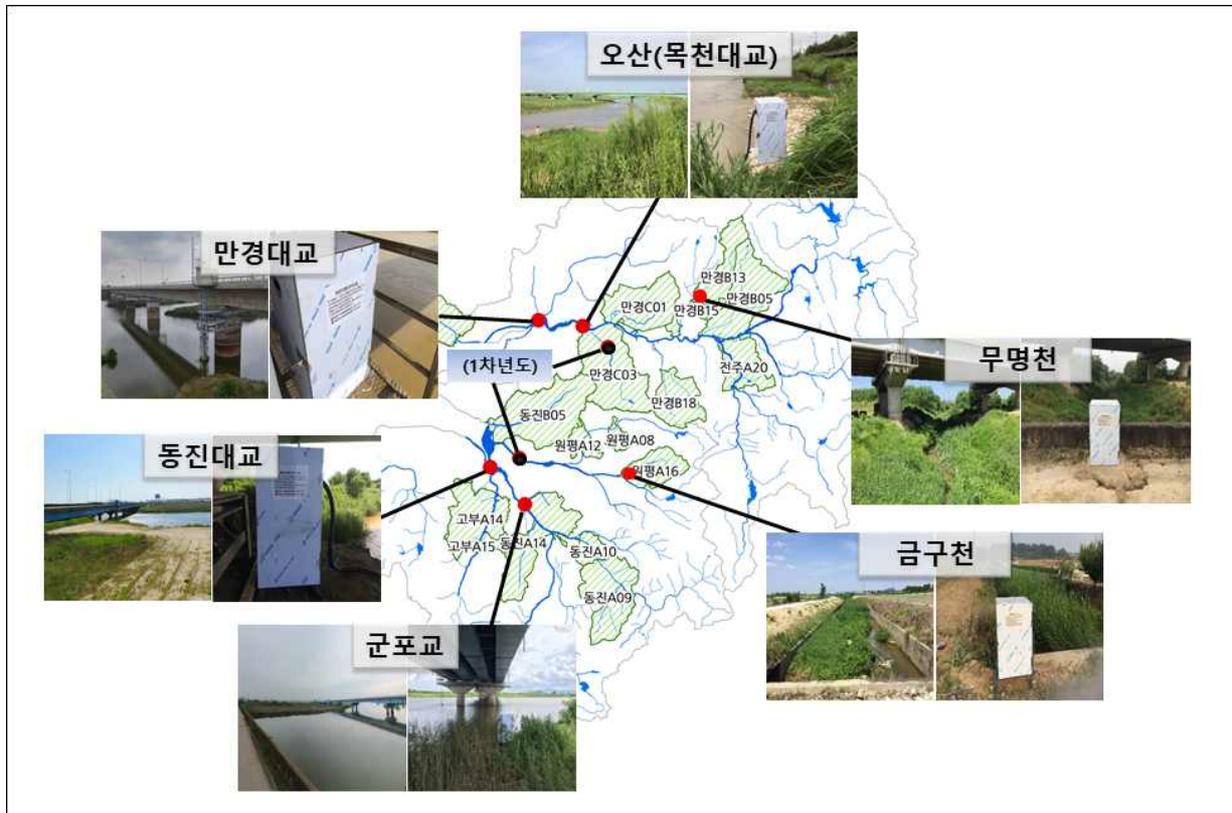
1. 새만금 유역현장조사

가. 모니터링 지점 및 기기 설치

- 2차년도(2018) 새만금 유역 비점오염원관리지역 만경대교, 오산, 동진대교, 군포교 지점은 제수문에 의한 영향을 받으며, 하천의 폭이 넓은 분류에 위하고 있어 유량 측정시간이 장시간 소요되어 수질 채취 시점의 유량을 정확히 산정하기가 어렵고, 특히 강우시 유량이 급격하게 변동됨으로 직접 유량을 측정하는 것은 한계가 있어 1차년도와 동일하게 HSPF 유역모델을 이용하여 유량값

을 선정 하려함

- 1차년도에 시행한 새만금 유역 비점오염원관리지역 만경대교, 오산, 동진대교, 군포교 4개 지점은 동일하며, 황산교와 죽산교 지점은 유역 내 계수문의 영향을 받지 않고 비점영향 분석에 적합한 유량실측 가능구간인 무명천과 금구천으로 변경하여 2차년도 새만금 유역 비점오염원관리대책 시행계획을 진행함
- 새만금 유역 비점오염원관리지역에서의 비점오염물질 유출특성을 분석하고, T-P 농도의 목표달성도 및 관리효과 평가에 대한 자료를 확보하고자 강우시 모니터링을 수행함
- 모니터링 지점은 새만금 유역 비점오염원관리대책 시행계획 상 관리지점 중 4개 지점(만경대교, 오산, 동진대교, 군포교)과 유역 내 추가 모니터링 지점인 무명천과 금구천을 포함하여 총 6개소를 선정함



<Fig. 2-13> 새만금 유역 모니터링 지점

기본현황	지점명	무명천	위 치	전북 익산시 왕궁면 쌍제리
	유역	만경강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	오산	위 치	전북 익산시 오산면 남전리
	유역	만경강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	만경대교	위 치	전북 김제시 청하면 동지산리
	유역	만경강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				

<Fig. 2-14> 새만금 유역 모니터링 지점 상세 현황(만경강 유역)

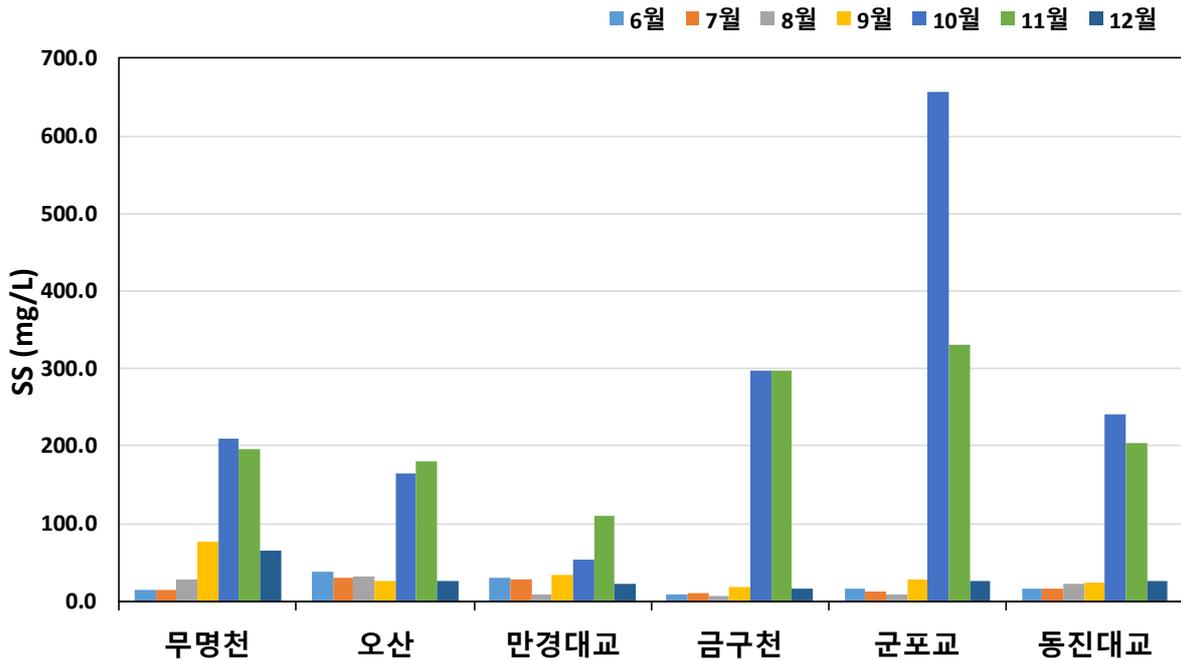
기본현황	지점명	금구천	위 치	전북 김제시 봉남면 평사리
	유역	동진강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	군포교	위 치	전북 김제시 부량면 옥정리
	유역	동진강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	동진대교	위 치	전북 부안군 동진면 동전리
	유역	동진강		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				

<Fig. 2-15> 새만금 유역 모니터링 지점 상세 현황(동진강 유역)

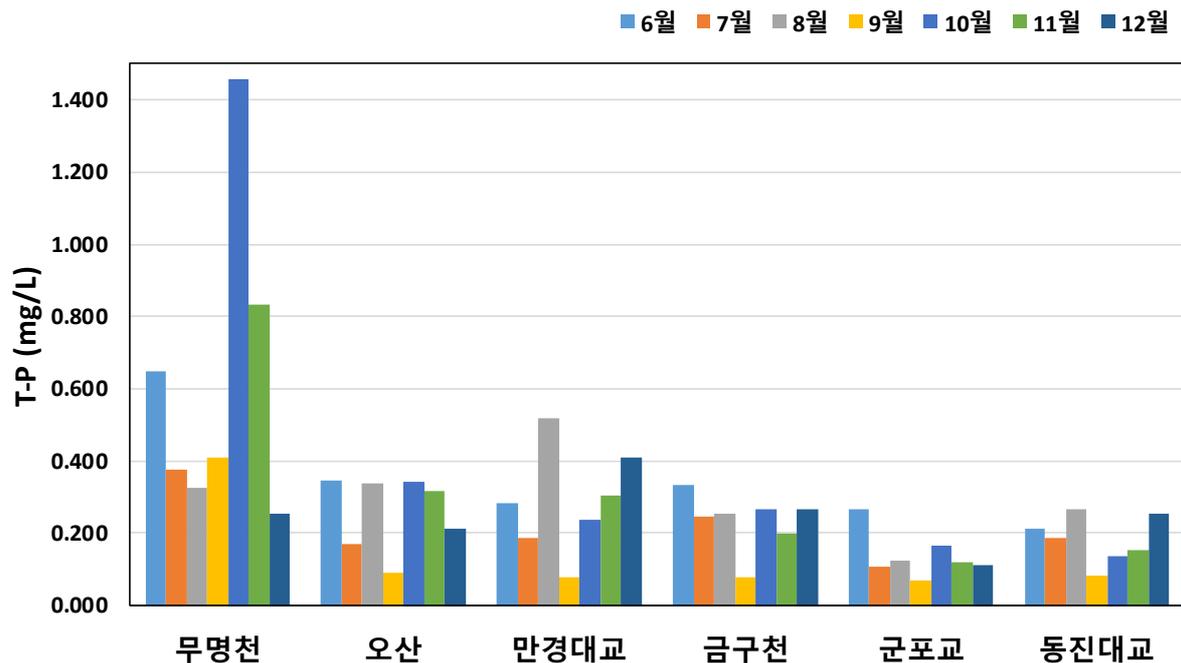
나. 조사결과

(1) 비강우시

- 6월과 7월의 SS, T-P는 대부분의 지점에서 감소하는 경향을 보이고 있으며 변화폭이 크지 않는 것으로 분석되었으나, 이후 10월과 11월의 SS는 모든 지점에서 크게 증가하는 경향을 보였음



(a) 지점별 비강우시 SS 농도



(b) 지점별 비강우시 T-P 농도

<Fig. 2-16> 새만금 유역 비강우시 지점별 SS와 T-P 농도 변화

<Table 2-24> 새만금 유역의 지점별 비강우시 모니터링 결과

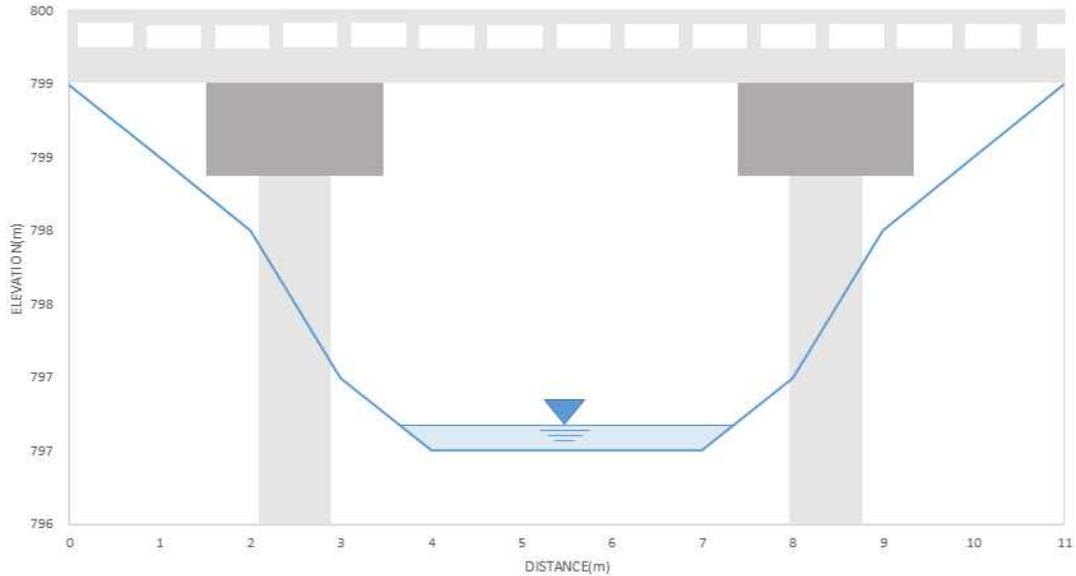
차수	지점명	수질농도(mg/L)								비고
		BOD	SS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	TOC	
1차 (6월)	무명천	1.1	14.2	0.648	0.29	4.766	1.28	1.70	19.3	실측
	오산	0.6	37.7	0.345	0.04	3.415	0.30	3.01	5.7	실측
	만경대교	0.7	30.2	0.284	0.04	2.778	0.28	1.95	6.6	실측
	금구천	0.8	8.1	0.334	0.12	3.241	0.11	2.88	8.9	실측
	군포교	2.8	16.7	0.266	0.02	3.009	0.21	2.17	7.4	실측
	동진대교	1.1	15.2	0.213	0.01	2.404	0.15	2.17	6.0	실측
2차 (7월)	무명천	2.49	14.5	0.376	0.320	1.200	0.160	1.550	6.0	실측
	오산	3.15	30.1	0.171	0.050	2.975	0.150	2.890	4.6	실측
	만경대교	3.27	28.1	0.185	0.080	2.367	0.060	2.270	4.7	실측
	금구천	1.44	9.3	0.247	0.180	5.015	0.050	5.380	5.2	실측
	군포교	4.98	12.5	0.108	0.020	1.924	0.120	2.510	4.1	실측
	동진대교	2.61	15.7	0.188	0.120	1.752	0.150	2.000	4.4	실측
3차 (8월)	무명천	2.7	28.3	0.235	0.060	1.047	0.210	0.753	5.8	실측
	오산	2.5	32.3	0.338	0.06	2.756	0.145	2.450	4.9	실측
	만경대교	2.4	8.3	0.519	0.200	1.805	0.061	1.263	4.7	실측
	금구천	0.5	6.3	0.255	0.120	2.557	0.182	2.120	4.1	실측
	군포교	2.3	7.3	0.125	0.020	1.716	0.043	1.545	4.1	실측
	동진대교	3.4	21.3	0.267	0.040	1.473	0.061	1.236	4.5	실측
4차 (9월)	무명천	4.1	77.0	0.409	0.350	3.777	0.090	2.040	5.3	실측
	오산	4.0	26.5	0.089	0.020	4.470	0.140	2.550	5.5	실측
	만경대교	3.1	33.0	0.079	0.020	3.712	0.140	2.390	4.3	실측
	금구천	2.9	18.0	0.080	0.010	3.183	0.060	2.620	3.4	실측
	군포교	5.9	27.0	0.070	0.010	3.756	0.120	2.290	3.8	실측
	동진대교	3.2	24.5	0.083	0.020	3.236	0.070	2.010	3.5	실측
5차 (10월)	무명천	2.6	210.4	1.459	0.780	3.156	0.150	1.190	5.2	실측
	오산	6.0	164.8	0.342	0.150	3.796	0.140	2.150	4.7	실측
	만경대교	2.3	53.5	0.236	0.170	4.761	0.087	1.580	4.2	실측
	금구천	8.4	297.4	0.266	0.150	4.159	0.100	2.470	5.2	실측
	군포교	2.0	655.9	0.164	0.150	2.349	0.080	1.690	5.5	실측
	동진대교	2.5	239.8	0.137	0.050	2.197	0.090	1.410	4.2	실측
6차 (11월)	무명천	2.9	195.6	0.8.34	0.290	2.649	0.110	1.320	5.6	실측
	오산	4.2	180.2	0.316	0.070	3.498	0.120	2.270	5.2	실측
	만경대교	2.6	110.5	0.304	0.130	3.168	0.090	1.670	5.0	실측
	금구천	3.9	297.3	0.200	0.090	3.399	0.110	2.400	4.2	실측
	군포교	2.4	330.2	0.119	0.040	2.607	0.080	1.840	5.5	실측
	동진대교	2.7	204.2	0.153	0.050	2.502	0.070	1.520	4.4	실측
7차 (12월)	무명천	2.9	65.5	0.254	0.070	3.648	0.215	2.215	2.7	실측
	오산	2.5	25.3	0.211	0.070	3.482	0.155	2.515	3.2	실측
	만경대교	4.8	22.5	0.411	0.150	3.111	0.061	1.222	3.7	실측
	금구천	1.1	17.0	0.265	0.110	6.508	0.185	2.255	5.9	실측
	군포교	1.7	26.0	0.111	0.050	3.538	0.055	1.515	2.4	실측
	동진대교	1.4	25.5	0.256	0.050	3.770	0.059	1.552	3.1	실측

(2) 강우시

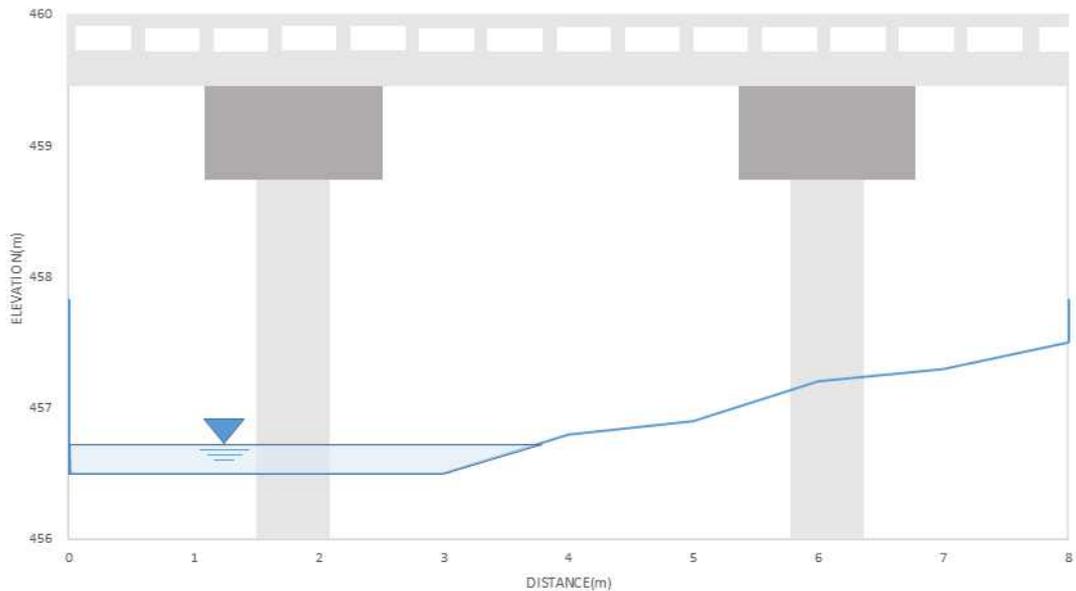
- 새만금 유역의 만경강과 동진강 유량측정 구간 지점은 인근의 제수문의 영향과 하천폭이 넓어 강우시 급격하게 변동되는 유량측정이 어려워 HSPF 유역모델을 이용하여 유량값을 산정하였음
- 총 6회 조사하였으며, 오산 지점은 2차 조사 시 샘플러 설치문제로 조사에서 제외하였음
- 1차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 6월 11일부터 6월 12일까지 발생한 6.0~11.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 18일이며 최대 강우강도는 10.3 mm/hr로 나타남
 - 동진강 유역 : 6월 11일부터 6월 12일까지 발생한 6.0~30.0 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 18일이며 최대 강우강도는 30.0 mm/hr로 나타남
- 2차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 6월 26일부터 6월 27일까지 발생한 100.5~121.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 14일이며 최대 강우강도는 23.5 mm/hr로 나타남
 - 동진강 유역 : 6월 26일부터 6월 27일까지 발생한 80.0~100.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 14일이며 최대 강우강도는 24.0 mm/hr로 나타남
- 3차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 8월 23일부터 8월 24일까지 발생한 25.1~43.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 45일이며 최대 강우강도는 8.5 mm/hr로 나타남
 - 동진강 유역 : 8월 23일부터 8월 24일까지 발생한 26.0~48.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 45일이며 최대 강우강도는 17.0 mm/hr로 나타남
- 4차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 8월 26일부터 8월 27일까지 발생한 117.0~226.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 2일이며 최대 강우강도는 65.5 mm/hr로 나타남
 - 동진강 유역 : 8월 26일부터 8월 27일까지 발생한 160.0~117.0 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 2일이며 최대 강우강도는 23.0 mm/hr로 나타남
- 5차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 9월 21일부터 9월 21일까지 발생한 18.0~25.5 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 17일이며 최대 강우강도는 5.5 mm/hr로 나타남
 - 동진강 유역 : 9월 21일부터 9월 22일까지 발생한 18.0~21.0 mm의 강우이벤트로 선행무강우일수는 약 17일이며 최대 강우강도는 5.5 mm/hr로 나타남
- 6차 강우 조사 시 만경강 유역 및 동진강 유역을 동시에 조사를 실시하였음
 - 만경강 유역 : 10월 5일부터 10월 6일까지 발생한 72.0~93.8 mm의 강우이벤트로 선행무강우

21일수는 약 14일이며 최대 강우강도는 11.5 mm/hr로 나타남

- 동진강 유역 : 10월 5일부터 10월 6일까지 발생한 72.0~119.0 mm의 강우이벤트로 선행무강우 일수는 약 14일이며 최대 강우강도는 3.5 mm/hr로 나타남



(a) 무명천



(b) 금구천

<Fig. 2-17> 지점별 단면측정 결과

- 새만금 유역 비점오염원관리지역 중 만경대교, 오산, 동진대교, 군포교 4개 지점은 제수문의 영향과 하천폭이 넓어 강우시 급격하게 변동되는 유량 측정이 어려워 유출특성을 파악하지 못함

<Table 2-25> 강우시 조사결과 - 무명천

강우시 조사표							
조사 지점		전북 익산시 왕궁면 쌍제리					
유역면적(ha)		634					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	2	8	13	35	17	34
	총강우량(P, mm)	11.5	121.5	25.1	181.7	20.3	76.7
	최대강우강도(mm/hr)	10.3	23.5	8.5	38.4	4.4	5.9
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	5.7	15.1	1.9	5.1	1.1	2.2
유출특성	유출량(Q, m ³)	411.0	8,345.7	217.5	6,990.7	62.4	6,783.1
	유출고(H, m)	0.14	2.59	0.64	2.69	0.14	1.62
	유출률(Rx)	0.152	3.080	0.080	2.580	0.023	2.503

<Table 2-26> 강우시 조사결과 - 오산

강우시 조사표							
조사 지점		전북 익산시 오산면 남전리					
유역면적(ha)		116,465					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	2	8	12	33	13	35
	총강우량(P, mm)	5.5	98.5	29.0	117.0	18.0	72.0
	최대강우강도(mm/hr)	3.0	34.5	7.0	18.0	5.0	7.0
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	2.8	12.3	2.4	3.5	1.3	2.0
유출특성	유출량(Q, m ³)	-	-	-	-	-	-
	유출고(H, m)	-	-	-	-	-	-
	유출률(Rx)	-	-	-	-	-	-

<Table 2-27> 강우시 조사결과 - 만경대교

강우시 조사표							
조사 지점		전북 김제시 청하면 동지산리					
유역면적(ha)		139,624					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	1	8	20	34	14	34
	총강우량(P, mm)	6	100.5	43.5	226.5	25.5	93.8
	최대강우강도(mm/hr)	6	22.5	5.5	65.5	5.5	11.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	6	12.5	2.1	6.6	1.8	2.7
유출특성	유출량(Q, m ³)	-	-	-	-	-	-
	유출고(H, m)	-	-	-	-	-	-
	유출률(Rx)	-	-	-	-	-	-

<Table 2-28> 강우시 조사결과 - 금구천

강우시 조사표							
조사 지점		전북 김제시 봉남면 평사리					
유역면적(ha)		498					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	1	9	26	39	8	36
	총강우량(P, mm)	30	80	77	113	20	90
	최대강우강도(mm/hr)	30	27	17	23	4	10
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	30	8.8	2.9	2.8	2.5	2.5
유출특성	유출량(Q, m ³)	308.9	4,965.2	1,963.5	7,670.3	167.2	4,407.4
	유출고(H, m)	0.63	1.13	0.99	1.14	0.31	0.85
	유출률(Rx)	0.123	1.982	0.784	3.061	0.067	1.759

<Table 2-29> 강우시 조사결과 - 군포교

강우시 조사표							
조사 지점		전북 김제시 부량면 옥정리					
유역면적(ha)		49,338					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	2	8	12	33	13	35
	총강우량(P, mm)	5.5	98.5	29.0	117.0	18.0	72.0
	최대강우강도(mm/hr)	3.0	34.5	7.0	18.0	5.0	7.0
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	2.8	12.3	2.4	3.5	1.3	2.0
유출특성	유출량(Q, m ³)	-	-	-	-	-	-
	유출고(H, m)	-	-	-	-	-	-
	유출률(Rx)	-	-	-	-	-	-

<Table 2-30> 강우시 조사결과 - 동진대교

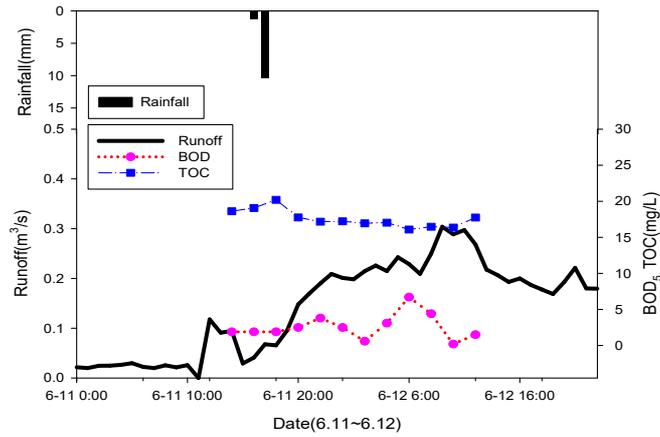
강우시 조사표							
조사 지점		전북 부안군 동진면 동전리					
유역면적(ha)		76,012					
조사일시		1차 2018. 6. 11. ~ 6. 12.	2차 2018. 6. 26. ~ 6. 27.	3차 2018. 8. 23. ~ 8. 24.	4차 2018. 8. 26. ~ 8. 27.	5차 2018. 9. 21. ~ 9. 22.	6차 2018. 10. 5. ~ 10. 6.
강우특성	선행무강우일수(day)	18	14	45	2	17	14
	강우지속시간(T, hr)	1	8	33	40	13	34
	총강우량(P, mm)	6	100.5	48.5	106	21	119
	최대강우강도(mm/hr)	6	22.5	4.5	8.5	5.5	11.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	6	12.5	1.4	2.6	1.6	3.5
유출특성	유출량(Q, m ³)	-	-	-	-	-	-
	유출고(H, m)	-	-	-	-	-	-
	유출률(Rx)	-	-	-	-	-	-

(가) 무명천 지점

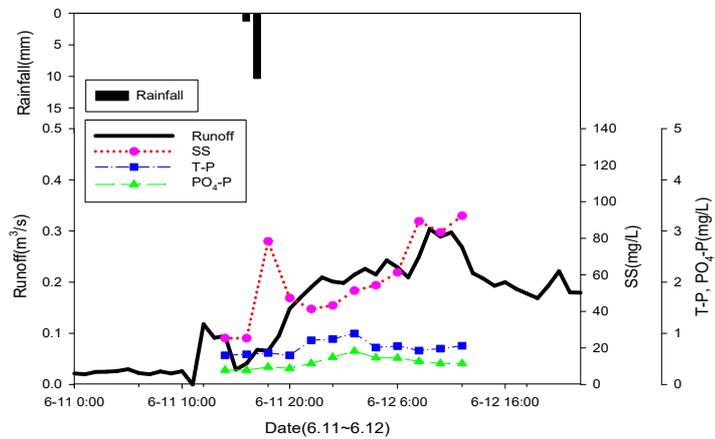
- 수질조사결과 BOD는 1차 0.2~6.7 mg/L, 2차 4.6~27.2 mg/L, 3차 4.7~12.8 mg/L, 4차 3.1~26.6 mg/L, 5차 1.0~6.8 mg/L, 6차 4.8~15.0 mg/L 이며, T-P는 1차 0.569~0.996 mg/L, 2차 0.726~2.363 mg/L, 3차 0.345~1.435 mg/L, 4차 0.298~0.996 mg/L, 5차 0.648~1.525 mg/L, 6차 1.138~2.243 mg/L로 조사됨
- 강우유출수 1차 조사결과 11.5 mm의 강우에 의해 0.185 m³/s의 강우시간대의 평균 유량이 발생하였으며, 유출률은 약 0.152로 나타남. 강우지속시간이 2시간으로 비교적 짧은 시간에 11.5 mm의 강우가 발생하여 초기 유량증가에 따른 T-P 수질항목은 유량의 변화에 따라 유사한 패턴으로 변화하는 것으로 나타났으며, 최대강우강도 10.3 mm/hr가 발생한 후 약 10시간 후에 최대 유량이 나타남
- 2차 강우유출수 조사는 1차 조사 후 약 14일 후에 조사되었으며, 1차 조사보다 많은 양의 강우(121.5 mm)와 높은 최대강우강도(23.5 mm/hr)가 발생한 것으로 나타남. T-P 수질항목을 분석한 결과 1차 조사(0.996 mg/L)보다 높은 2.363 mg/L의 침투농도가 조사되었으며, 이는 1차 강우유출수 조사의 경우 강우지속시간과 강우강도가 모두 2차보다 낮은 수치를 나타낸 것으로 보이며, 최대강우강도가 발생한 이후 약 4시간 이후에 침투유량이 나타났으며, 유량의 변화가 급격하게 증가하였다가 감소한 것으로 나타남
- 3차 강우유출수 조사는 2차 강우유출수 조사 이후 약 56일 후에 조사되었으며, 선행무강우일수는 45일로 나타났으며, 총강우량은 25.1 mm와 강우지속시간 13시간으로 최대강우강도는 8.5 mm/hr로 나타나 1차, 2차의 유출특성과 상이한 결과가 나타남. 대부분의 수질 항목이 초기 높은 농도로 시작하여 강우의 영향으로 수질 항목 농도가 점점 낮아지는 경향을 나타내다가 이후 지속적인 강우에 의한 영향으로 대부분의 수질 항목 농도가 높아지는 경향을 나타냄
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 후 2일, 선행무강우일수 2일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 35시간 동안 181.7 mm의 강우가 발생하여 과업기간 중 무명천지점 최대강우량을 나타냈으며, 최대강우강도 38.4 mm/hr로 가장 높은 것으로 나타남. 침투유량이 발생한 시점의 T-P 농도는 0.749 mg/L을 나타냈으며 이후 4시간 후에 최대농도 0.996 mg/L를 나타냄. 유량의 급격한 변화에 따라 대부분의 수질 항목은 유사하게 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남
- 5차 강우유출수 조사는 3차 강우유출수 조사시의 강우와 유사한 경향을 보였으나 선행무강우일수가 17일로 3차 조사시 45일보다 적어 3차시에 나타난 초기 높은 수질 항목의 농도를 보이지 않았음. 수질 항목의 대부분의 농도는 최대강우강도 6시간 후에 나타났으며, 이후 농도가 점점 낮아지는 경향을 나타냄
- 6차 강우유출수 조사는 선행무강우일수 14일, 강우지속시간 34시간, 총강우량은 767 mm, 최대강우강도는 5.9 mm/hr 나타나 3차 조사와 대부분의 수질 항목 농도 경향이 유사함을 보였음
- 모니터링 기간 내 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화는 강우에 따른 유량변화의 영향을 크게

받으며, 특히 4차의 BOD의 경우 최소 3.1 mg/L에서 최대 26.6 mg/L로 많은 차이를 보였음

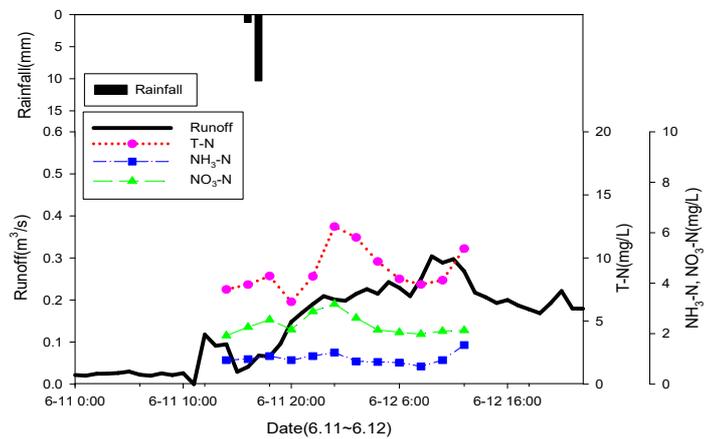
- 무명천 지점의 모니터링 결과, 선행강우일수와 누적강우량에 의한 유량의 변화가 큰 것으로 조사 되었으며, 수질 변화는 유역 내 강우이벤트와 농업배수의 변화에 의한 영향이 큰 것으로 판단됨



(a) BOD, TOC

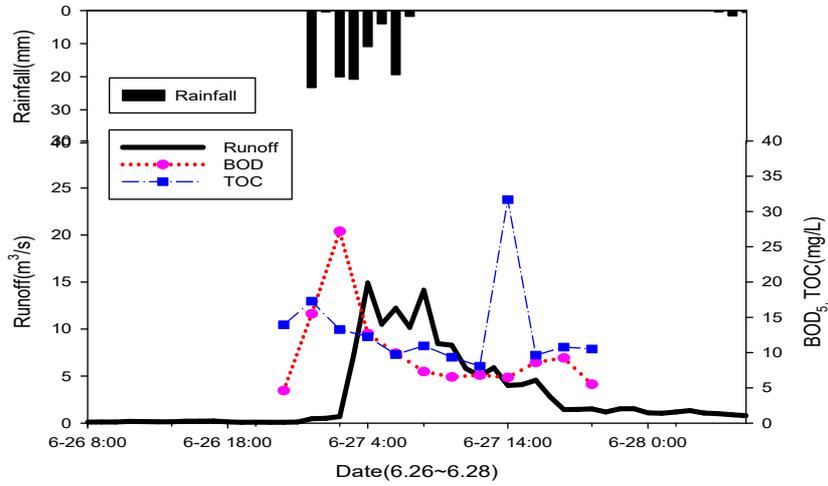


(b) SS, T-P, PO₄-P

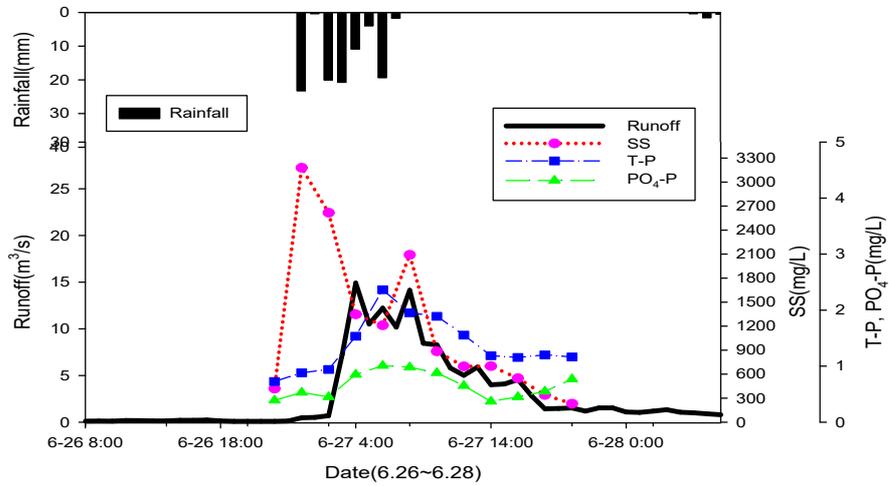


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

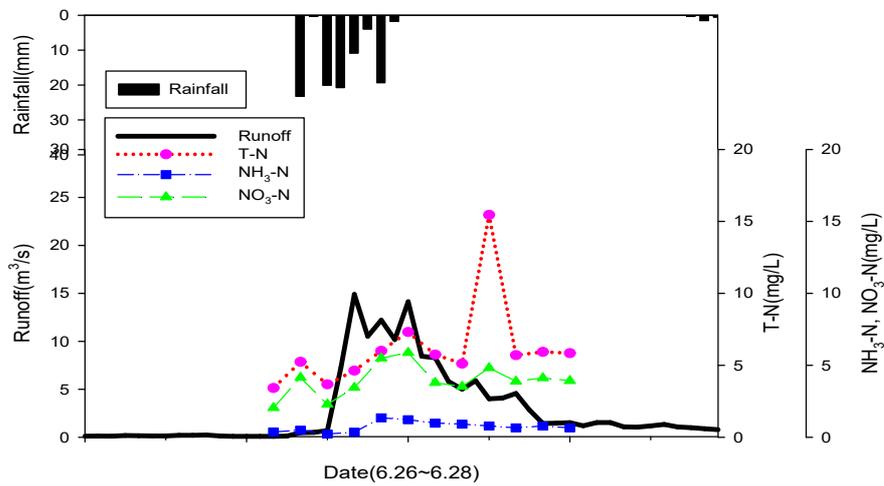
<Fig. 2-18> 강우시 조사 결과 - 무명천 1차



(a) BOD₅, TOC

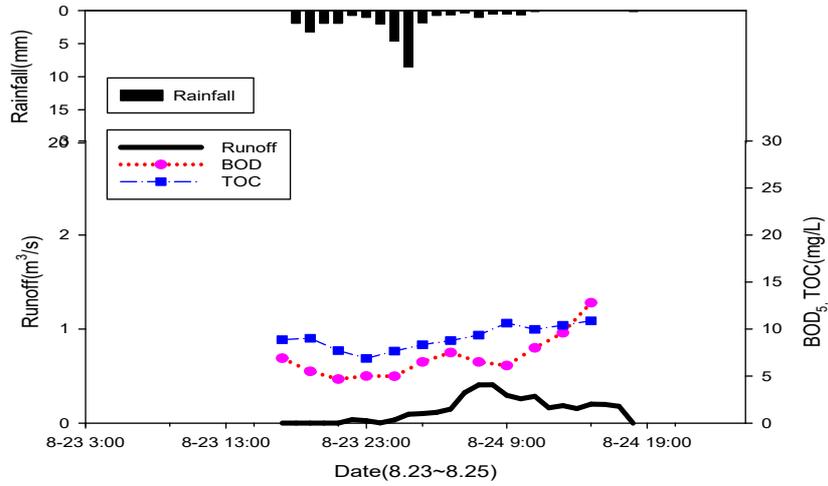


(b) SS, T-P, PO₄-P

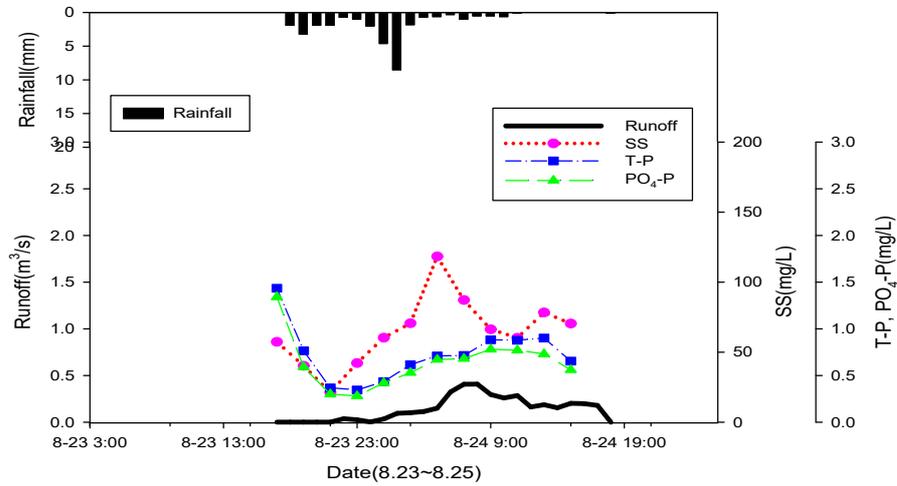


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

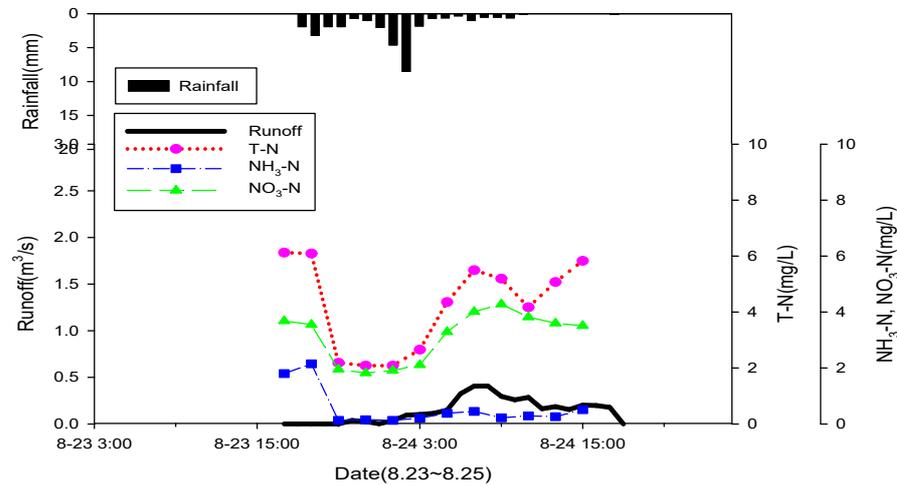
<Fig. 2-19> 강우시 조사 결과 - 무명천 2차



(a) BOD, TOC

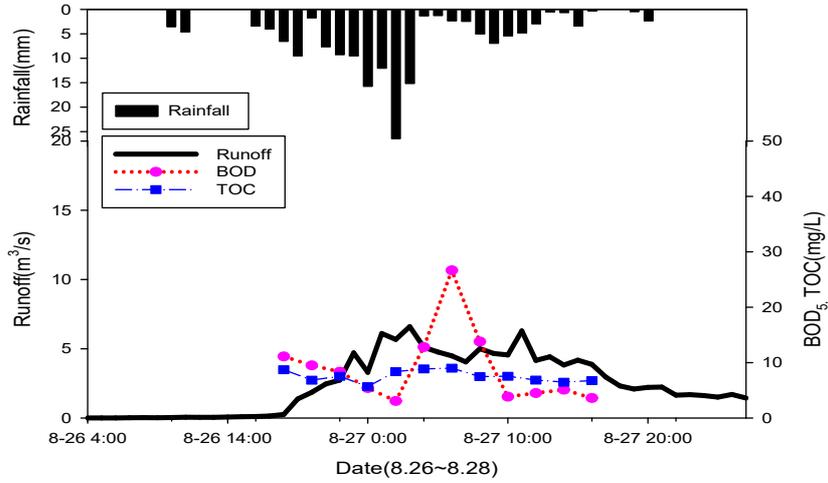


(b) SS, T-P, PO₄-P

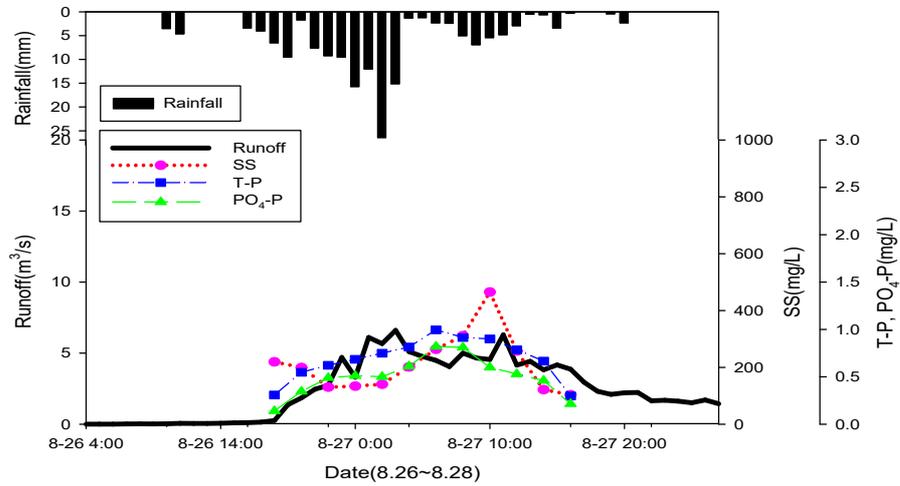


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

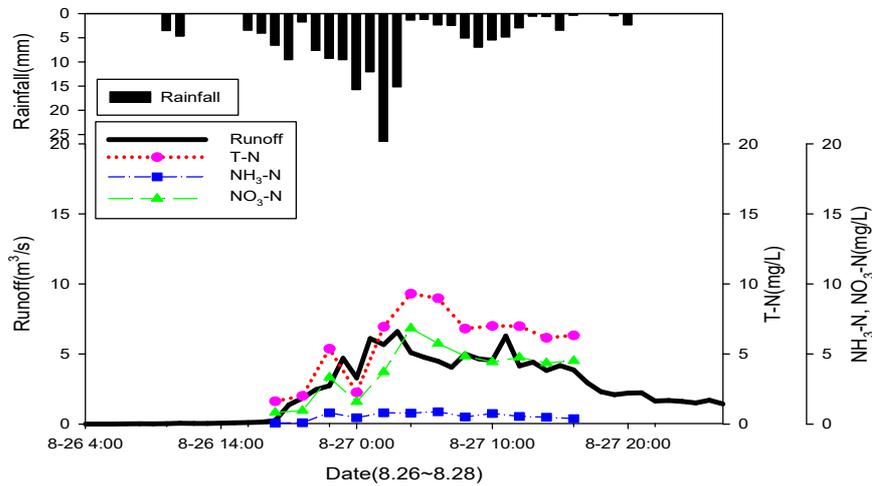
<Fig. 2-20> 강우시 조사 결과 - 무명천 3차



(a) BOD, TOC

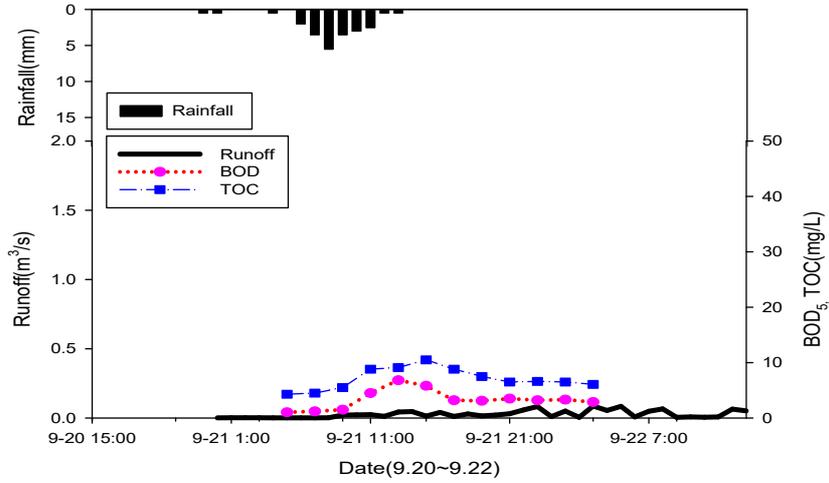


(b) SS, T-P, PO₄-P

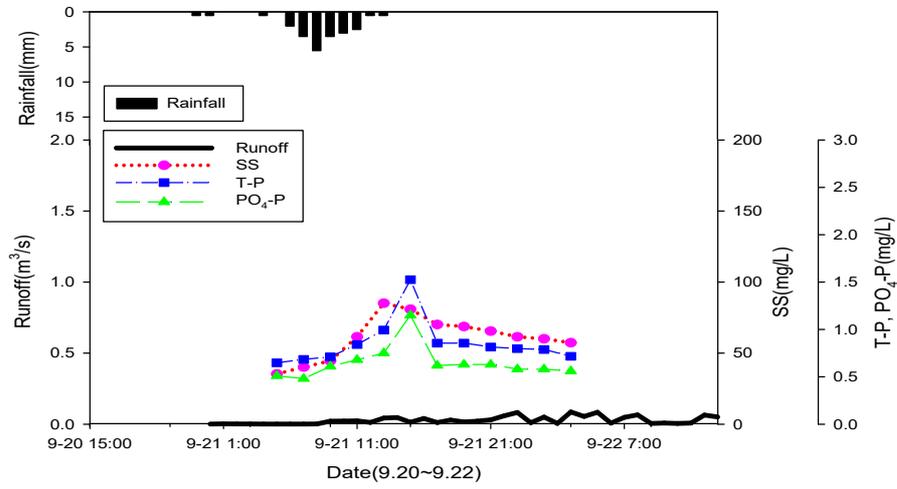


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

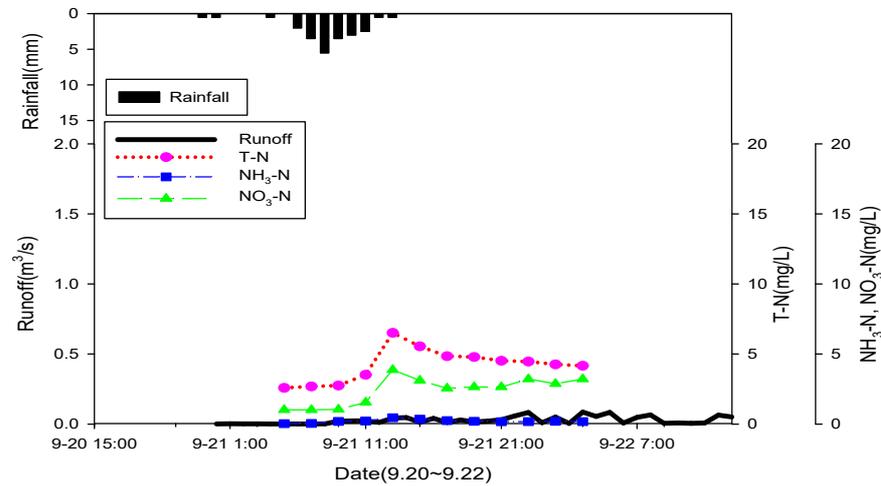
<Fig. 2-21> 강우시 조사 결과 - 무명천 4차



(a) BOD, TOC

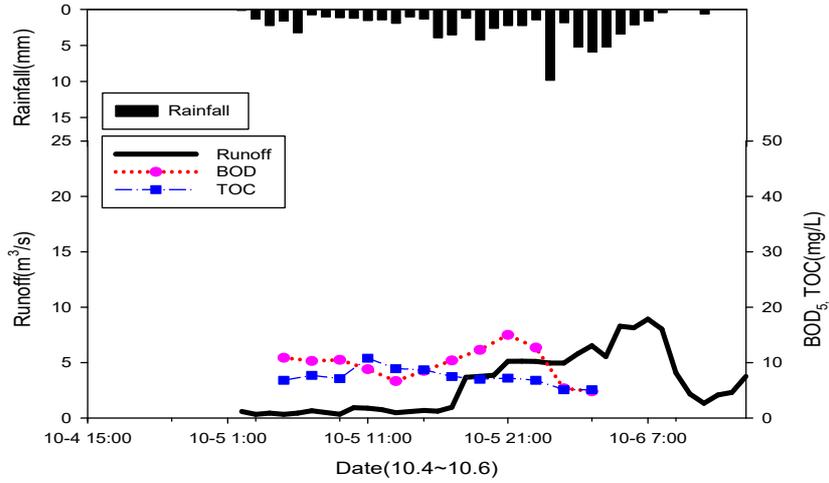


(b) SS, T-P, PO₄-P

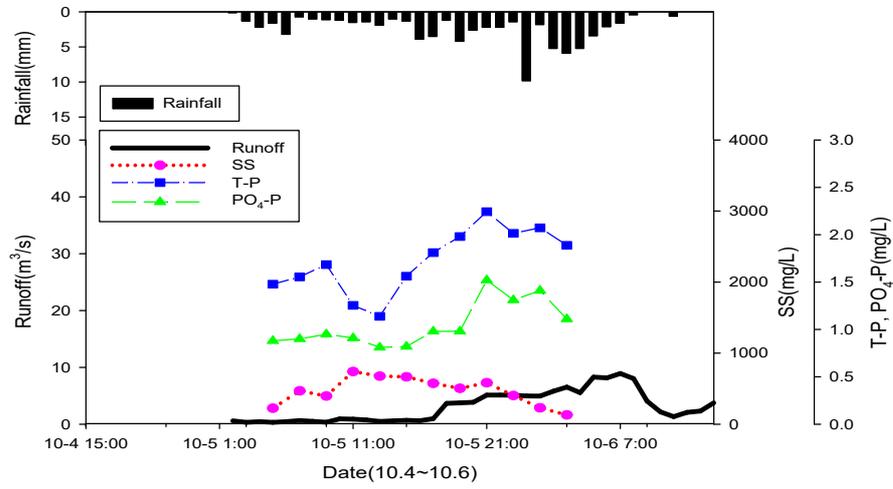


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

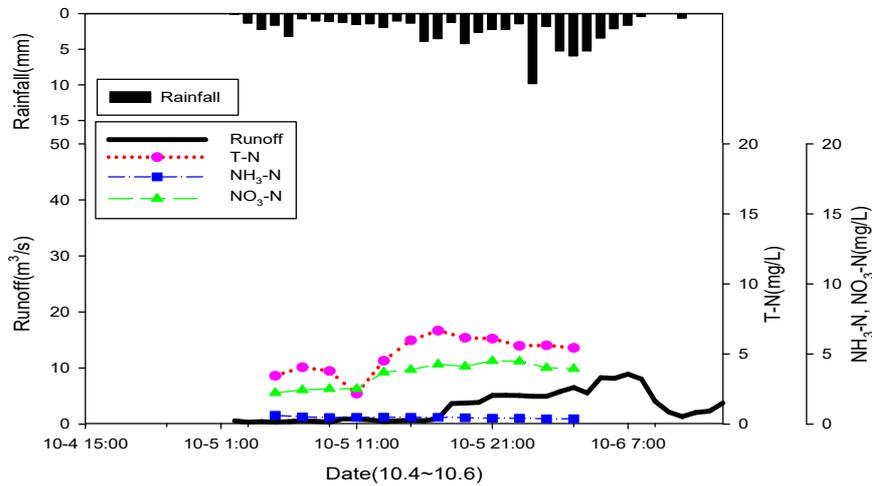
<Fig. 2-22> 강우시 조사 결과 - 무명천 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



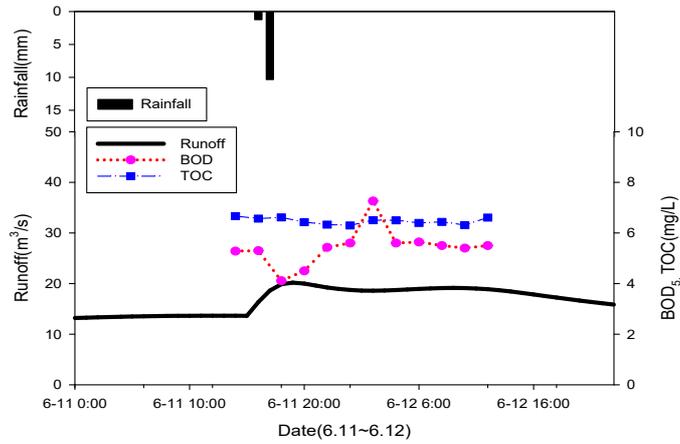
(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-23> 강우시 조사 결과 - 무명천 6차

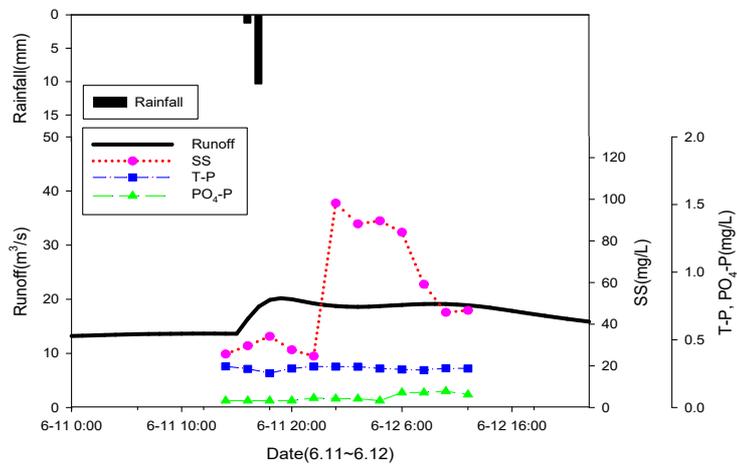
(나) 오산 지점

- 수질조사결과 BOD는 1차 4.1~7.3 mg/L, 2차 1.8~12.4 mg/L이며, 3차 4.0~16.3 mg/L, 4차 4.9~8.1 mg/L, 5차 1.6~4.2 mg/L, 6차 3.0~6.8 mg/L 이며, T-P는 1차 0.253~0.304 mg/L, 2차 0.355~2.488 mg/L, 3차 0.191~0.570 mg/L, 4차 0.144~0.518 mg/L, 5차 0.165~0.213 mg/L, 6차 0.314~0.508 mg/L로 조사됨
- 강우유출수 1차 조사결과 선행무강우일수 18일, 5.5 mm의 총강우로 조사되었으며, 강우지속시간이 2시간으로 비교적 짧은 시간내에 5.5 mm의 강우가 발생하여 초기 유량증가 10시간 이후에 T-P 수질항목의 침투농도가 관찰되었으나, 유량의 변화에 따라 수질 항목의 농도 변화는 유사한 패턴을 보이지 않는 것으로 관찰되었음
- 2차 강우유출수 조사는 1차 조사 후 약 14일 후에 조사되었으며, 1차 조사보다 많은 양의 강우(98.5 mm)와 최대강우강도(34.5 mm/hr)가 발생한 것으로 나타남. T-P 수질 항목을 분석한 결과 1차 조사(0.304 mg/L)보다 높은 2.488 mg/L의 침투농도가 나타났으며, 이는 1차 강우 조사의 경우 강우지속시간과 강우강도가 모두 2차보다 낮은 수치를 나타낸 것으로 판단되며, 최대강우강도가 발생한 이후 약 7시간 이후에 침투유량이 나타났으며, 유량의 변화가 급격하게 증가하였다가 감소한 것으로 나타남
- 3차 강우유출수 조사는 2차 강우유출수 조사 이후 약 56일 후에 조사되었으며, 선행무강우일수는 45일로 나타났음. 총강우량은 29.0 mm와 강우지속시간 12시간, 최대강우강도는 7.0 mm/hr로 나타나 1차, 2차의 유출특성과 상이한 결과가 나타남. 대부분의 수질 항목이 초기 높은 농도로 시작하여 강우의 영향으로 수질 항목 농도가 점점 낮아지는 경향을 나타내다가 이후 지속적인 강우에 의한 영향으로 대부분의 수질 항목들의 농도가 높아지는 경향을 나타냄
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 후 2일, 선행무강우일수 2일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 33시간 동안 117.0 mm의 강우가 발생하여 과업기간 중 오산지점 최대강우량을 나타냈으며, 최대강우강도는 18.0 mm/hr로 나타남. 침투유량이 발생한 시점의 T-P 농도는 0.749 mg/L을 나타냈으며 이후 4시간 후에 최대농도 0.996 mg/L를 나타냄. 유량의 급격한 변화에 따라 대부분의 수질 항목은 유사하게 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남
- 5차 강우유출수 조사는 3차 강우유출수 조사시의 강우와 유사한 경향을 보였으나 선행무강우일수가 17일로 3차 조사시 45일보다 적어 3차시에 나타난 초기 높은 수질 항목의 농도를 보이지 않았음. 수질 항목의 대부분의 농도는 최대강우강도 6시간 후에 나타났으며, 이후 농도가 점점 낮아지는 경향을 나타냄
- 6차 강우유출수 조사는 선행무강우일수 14일, 강우지속시간 35시간, 총강우량은 72.0 mm, 최대강우강도는 7.0 mm/hr 나타나 3차 조사와 대부분의 수질 항목 농도 경향이 유사함을 보였음
- 모니터링 기간 중 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화폭은 크지 않으며, 대부분 평이한 농도 분포를 보이고 있는 것으로 나타났으며, 샘플링 지점으로 농업배수가 유입되고 있어 강우강도가 큰

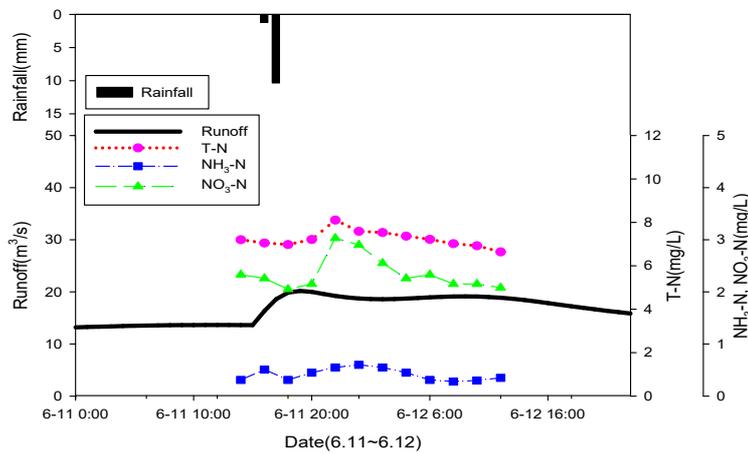
시점에서는 방류량이 큰 폭으로 증가해 오산지점의 수질에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 2차 조사시에 8시간동안 87mm의 강우가 집중되어 비점오염원의 영향을 보이고 있는 것으로 나타남



(a) BOD, TOC

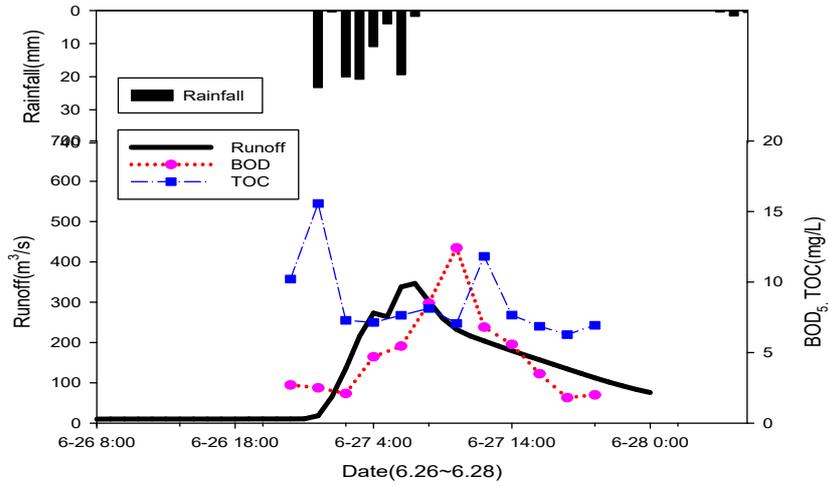


(b) SS, T-P, PO₄-P

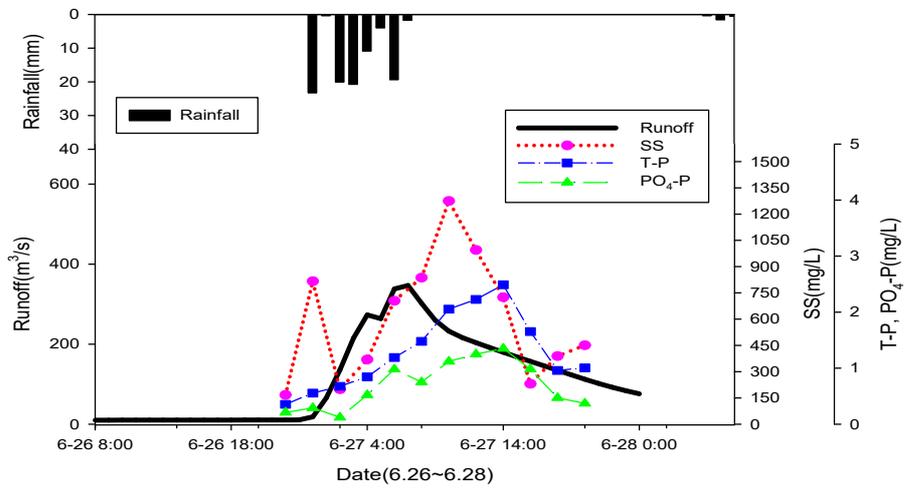


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

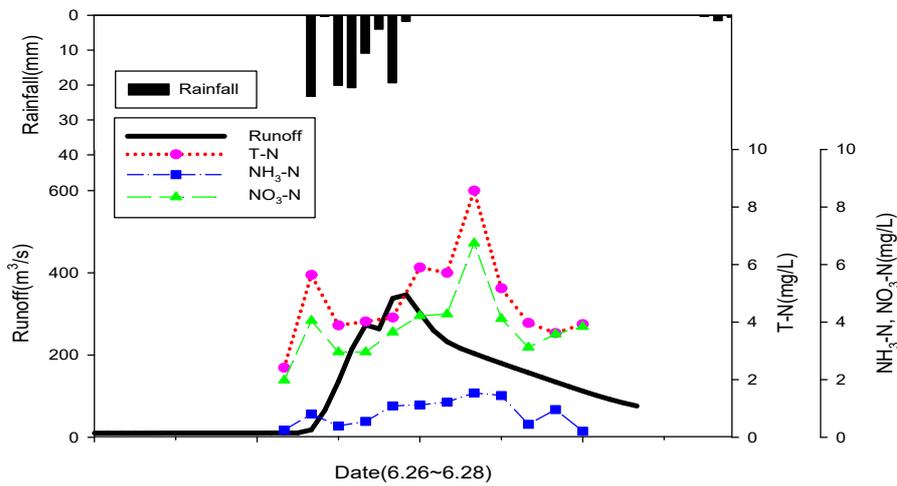
<Fig. 2-24> 강우시 조사 결과 - 오산 1차



(a) BOD, TOC

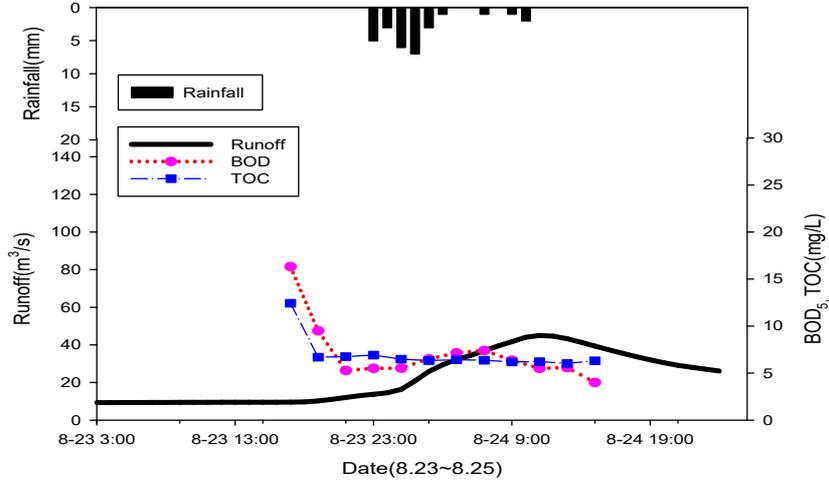


(b) SS, T-P, PO₄-P

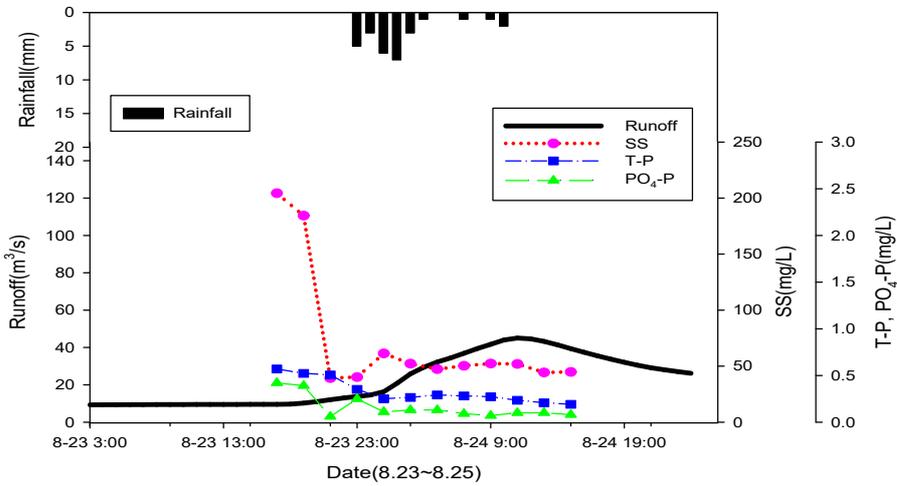


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

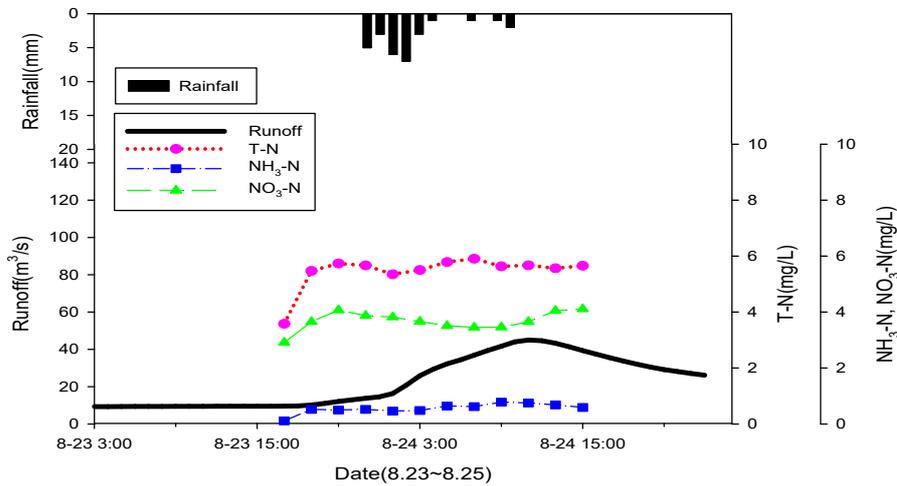
<Fig. 2-25> 강우시 조사 결과 - 오산 2차



(a) BOD, TOC

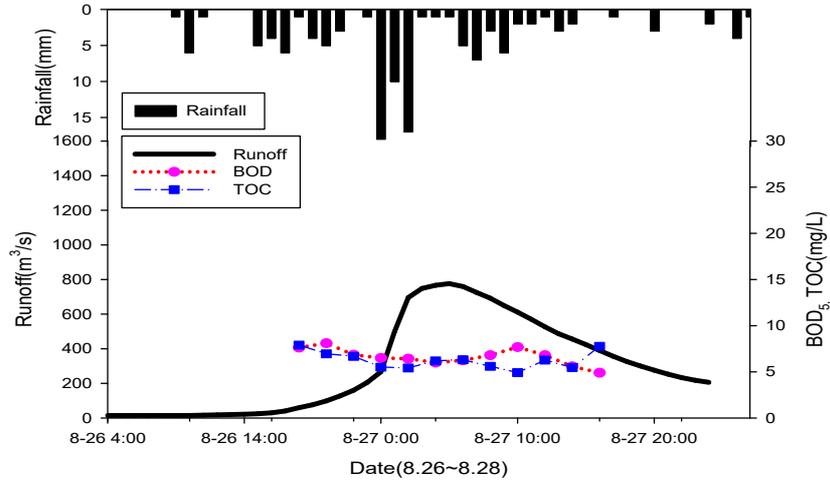


(b) SS, T-P, PO₄-P

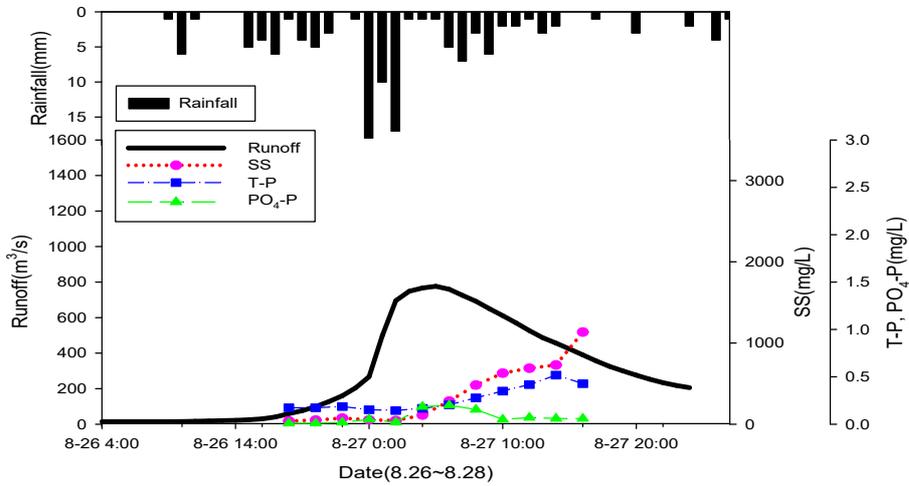


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

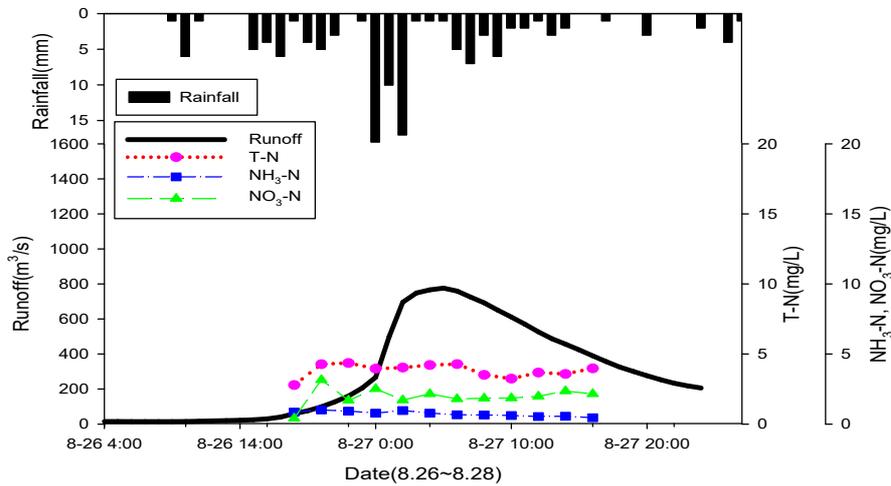
<Fig. 2-26> 강우시 조사 결과 - 오산 3차



(a) BOD, TOC

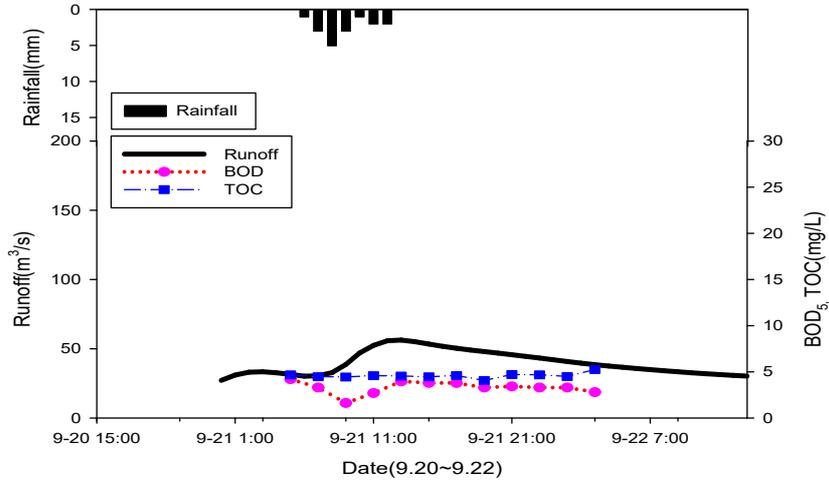


(b) SS, T-P, PO₄-P

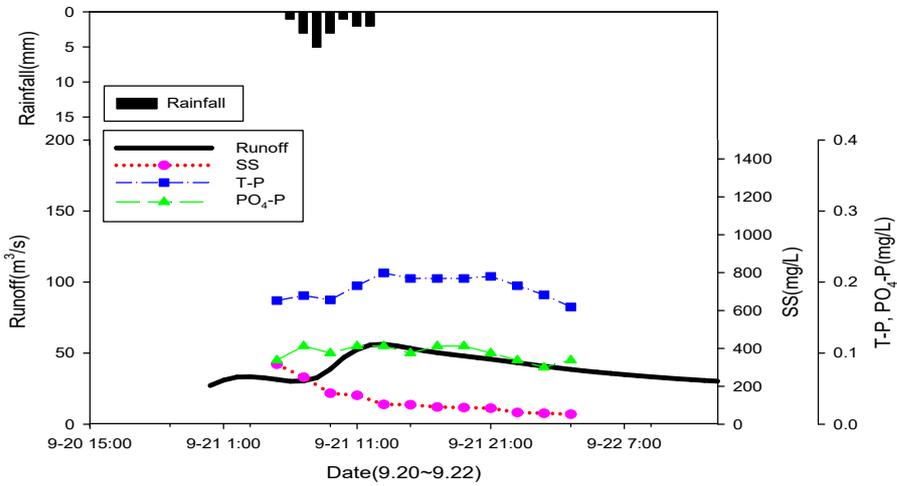


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

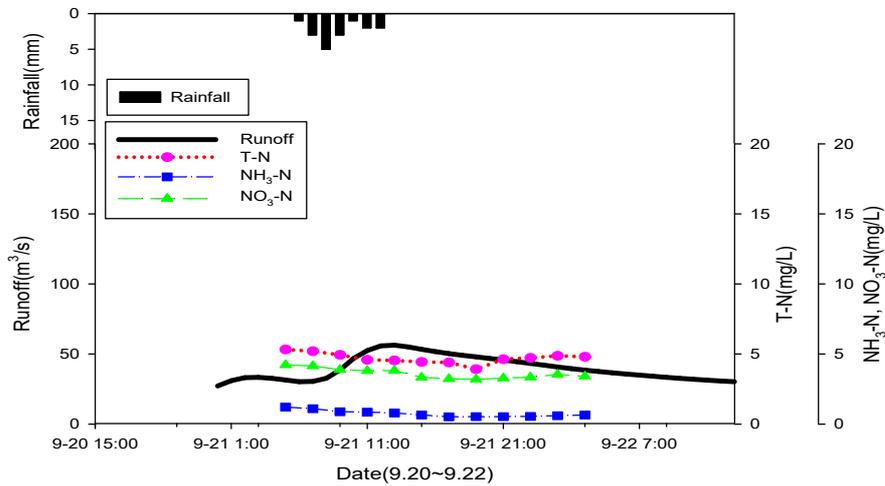
<Fig. 2-27> 강우시 조사 결과 - 오산 4차



(a) BOD, TOC

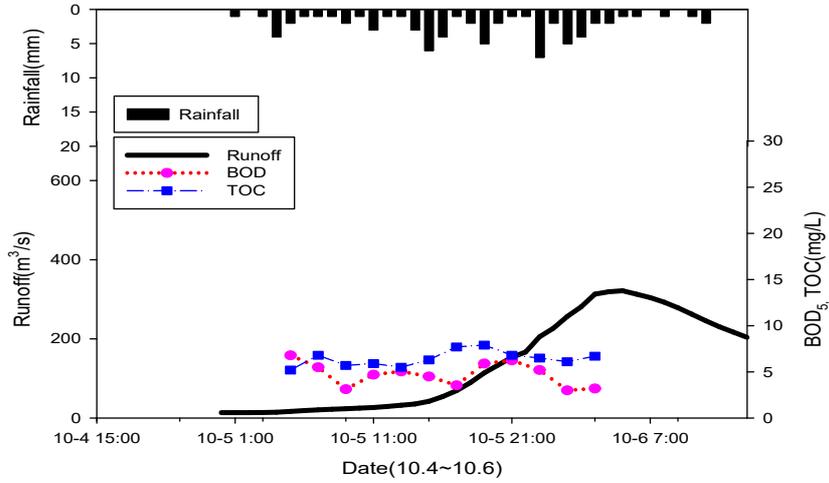


(b) SS, T-P, PO₄-P

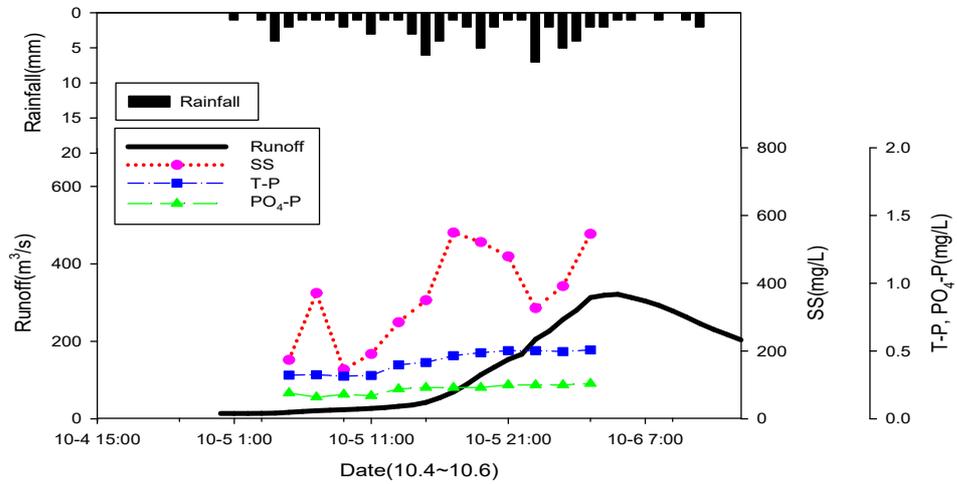


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

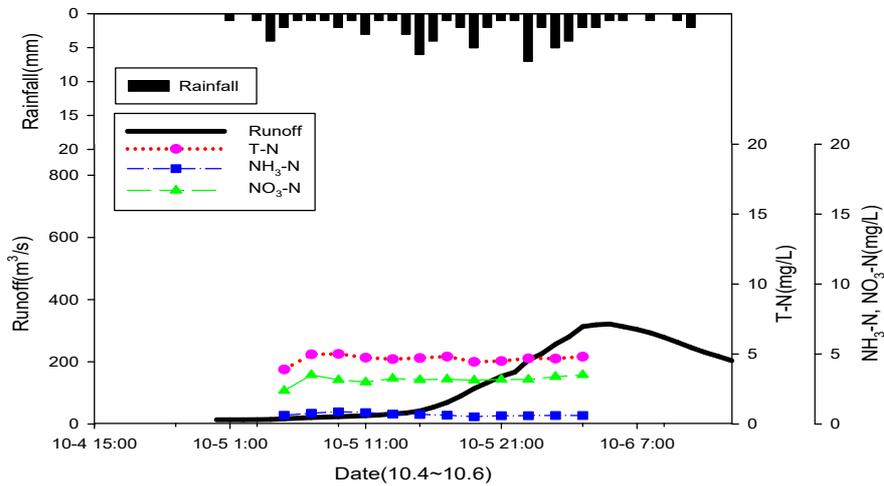
<Fig. 2-28> 강우시 조사 결과 - 오산 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P

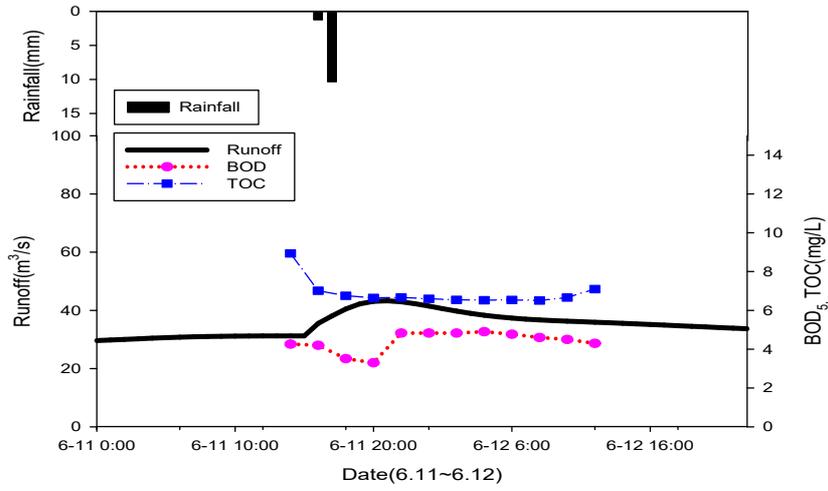


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

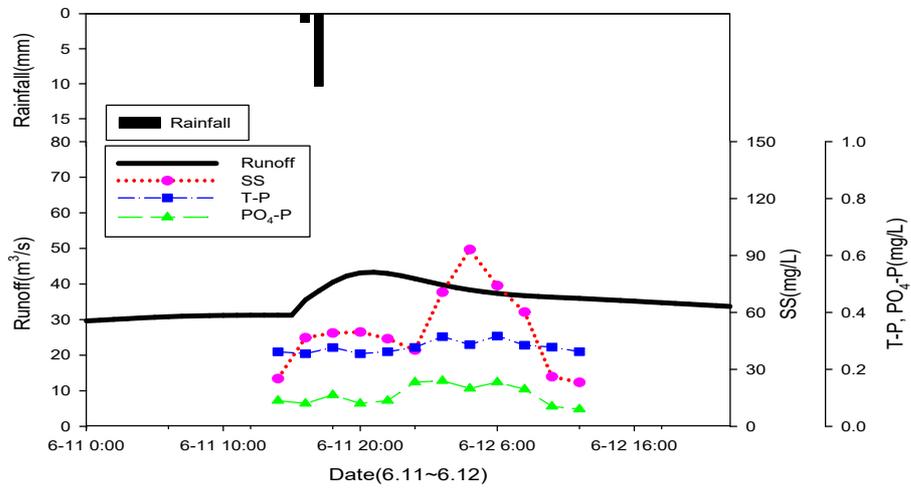
<Fig. 2-29> 강우시 조사 결과 - 오산 6차

(다) 만경대교 지점

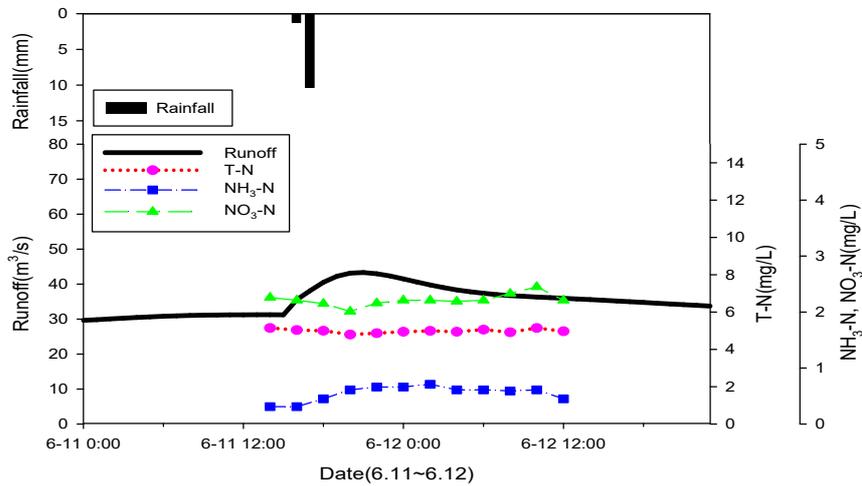
- 수질조사결과 BOD는 1차 3.3~4.9 mg/L, 3차 4.5~8.1 mg/L, 4차 5.2~25.2 mg/L, 5차 2.3~3.7 mg/L, 6차 5.6~10.9 mg/L 이며, T-P는 1차 0.255~0.317 mg/L, 3차 0.148~0.289 mg/L, 4차 0.159~0.488 mg/L, 5차 0.165~0.243 mg/L, 6차 0.353~0.441 mg/L로 조사됨
- 1차 강우유출수 조사결과 총강우량은 6.0 mm로 나타났으며, 침투강우가 발생한 이후 약 4시간 이후에 침투유량이 발생하는 것으로 나타남. T-P 항목의 침투농도는 0.317 mg/L로 침투유량 발생한 이후 약 8시간 이후에 나타났음. 만경대교 지점은 만경강 본류의 말단에 위치하고 있어 상류와 각 지류로부터 유하거리에 따른 영향과 제수문의 영향으로 오염원의 유하시간이 길게 나타나는 경향이 나타나는 것으로 판단됨
- 2차 강우유출수 조사는 샘플러 오작동으로 인해 조사하지 못하였음
- 3차 강우유출수 조사에서는 5.5 mm/hr의 침투강우 후 약 9시간 후 침투유량이 발생하였으며, 1차 조사결과와 다르게 유량 증가시점에서 대부분의 수질 항목의 농도가 증가하는 경향을 보여 유량증가와 수질 항목 농도간의 유사한 경향을 보였으며, 이후 지속적인 강우의 영향으로 수질농도가 점차 낮아지는 것으로 판단됨
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 후 2일, 선행무강우일수 2일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 34시간 동안 226.5 mm의 강우가 발생하여 과업기간 중 만경대교 지점 최대강우량을 나타냈으며, 최대강우강도 역시 65.5 mm/hr로 가장 높은 것으로 나타남. 침투유량이 발생한 시점의 T-P 농도는 0.185 mg/L을 나타냈으며 이후 소폭 증가하는 경향을 나타냄. 샘플링 시점의 T-P의 농도가 0.448 mg/L로 시작하여 강우와 유량의 증가에 따라 비교적 일정한 농도를 보임
- 5차 강우유출수 조사는 25.5 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도는 5.5 mm/hr(평균 1.8 mm/hr)로 나타났으며, 선행무강우일수는 17일로 나타남. 최대강우 발생 이후 약 5시간 뒤에 침투유량이 발생하였으며, 침투유량 시기에 채수한 T-P의 침투농도는 0.184 mg/L로 샘플링 평균 농도 0.191 mg/L와 비슷하며, 샘플링 초기와 종료시 까지 비교적 일정한 농도를 보임
- 6차 강우유출수 조사는 93.8 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도 11.5 mm/hr(평균 2.7 mm/hr)로 나타남. 선행강우에 의해 대부분의 수질농도가 강우초기에 일부 증가한 것으로 나타남
- 모니터링 기간 내 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화폭은 크지 않고 평이한 농도의 분포를 보였으나, 강우가 지속될 시 SS의 농도는 증가함을 확인하였음
- 강우지속시간에 수질변화는 초기강우에 농도가 증가하는 경향보다는 강우종료 이후 일부 농도가 증가하는 경향을 보이는 것으로 나타남. 이는 모니터링 지점이 만경강 본류 말단 위치하고 있어 상류에서 본류로 유입되어 유하함에 따른 수질농도의 저감과 유역 내 농경지와 초본지대에서의 완충작용에 의한 오염물질 감소에 의한 것으로 보이며, 강우이벤트에 의한 영향보다 유역환경에 의한 영향이 큰 것으로 판단됨



(a) BOD, TOC

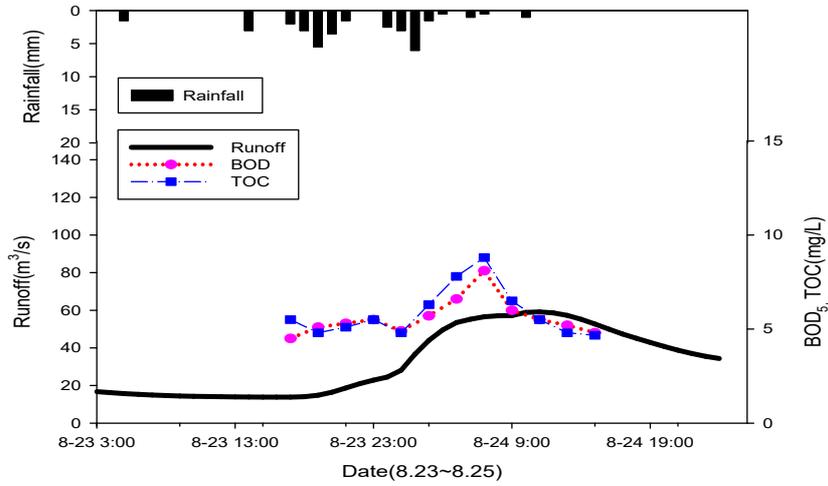


(b) SS, T-P, PO₄-P

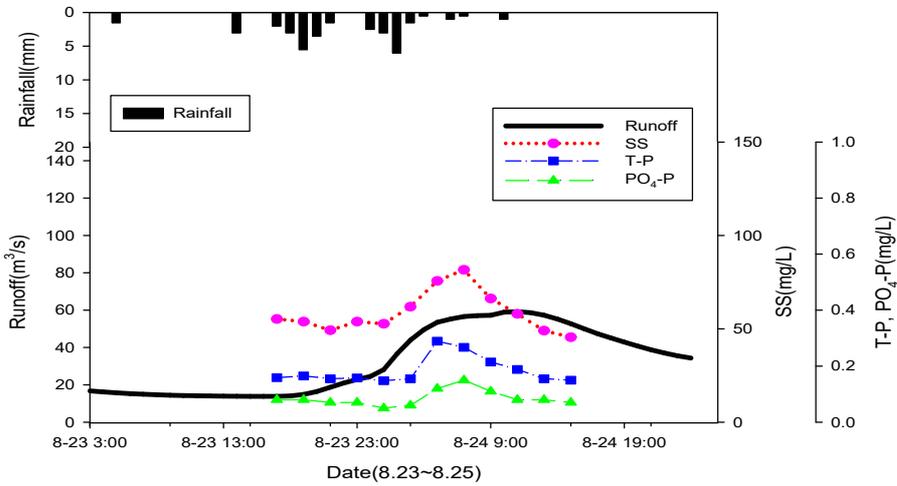


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

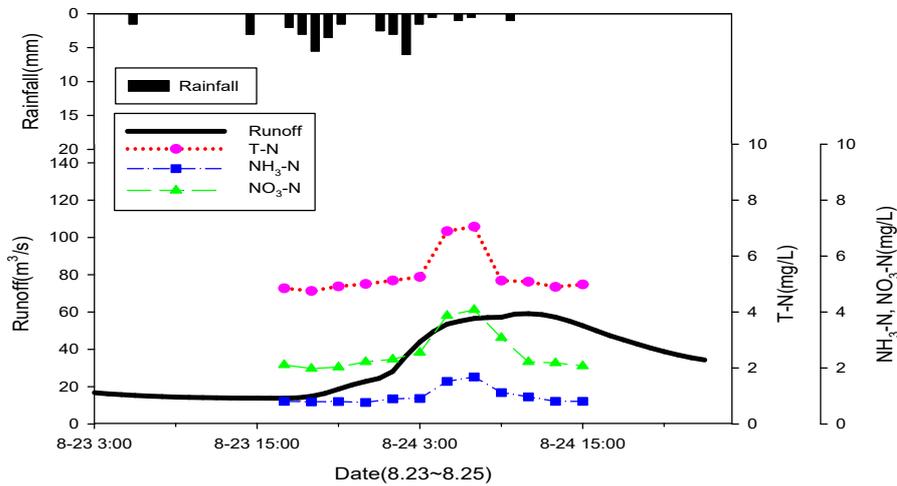
<Fig. 2-30> 강우시 조사 결과 - 만경대교 1차



(a) BOD, TOC

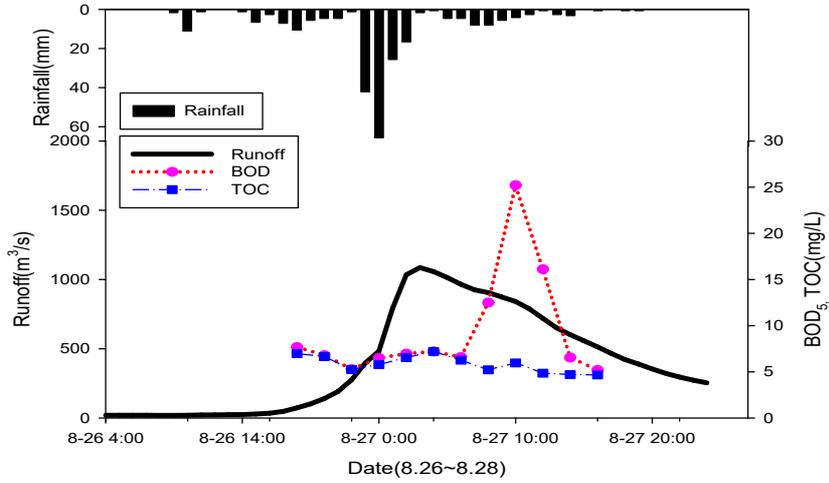


(b) SS, T-P, PO₄-P

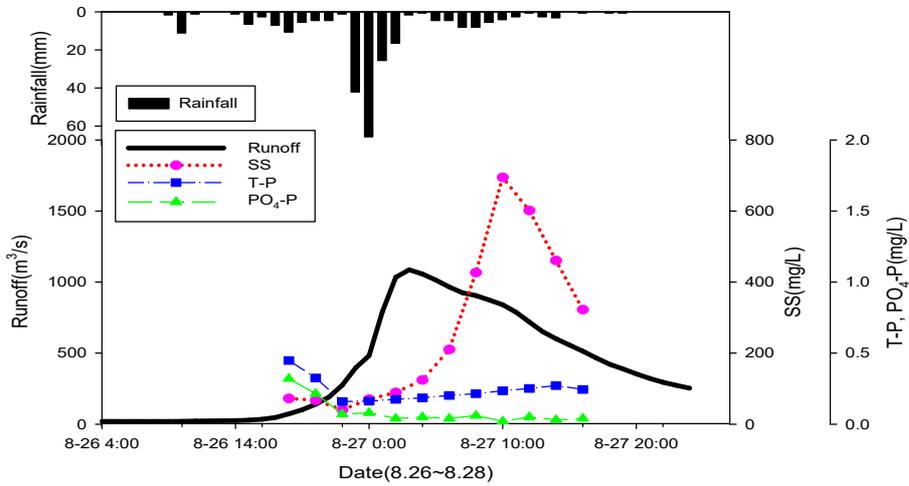


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

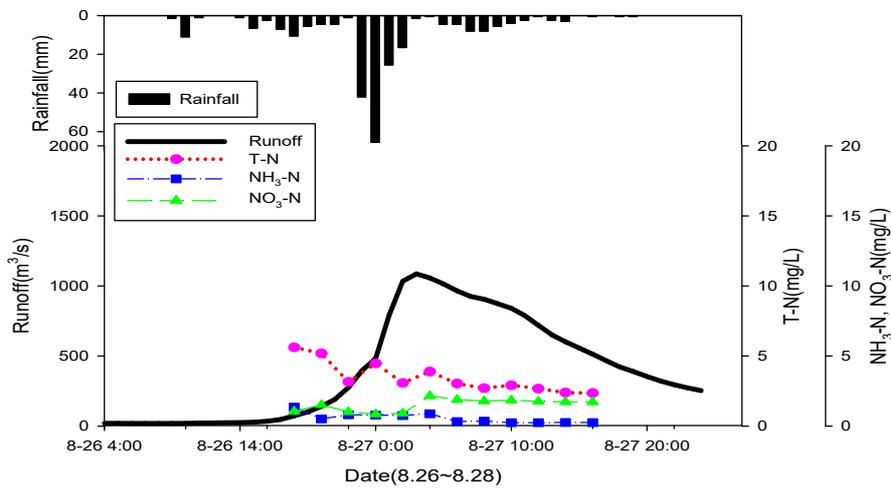
<Fig. 2-31> 강우시 조사 결과 - 만경대교 3차



(a) BOD, TOC

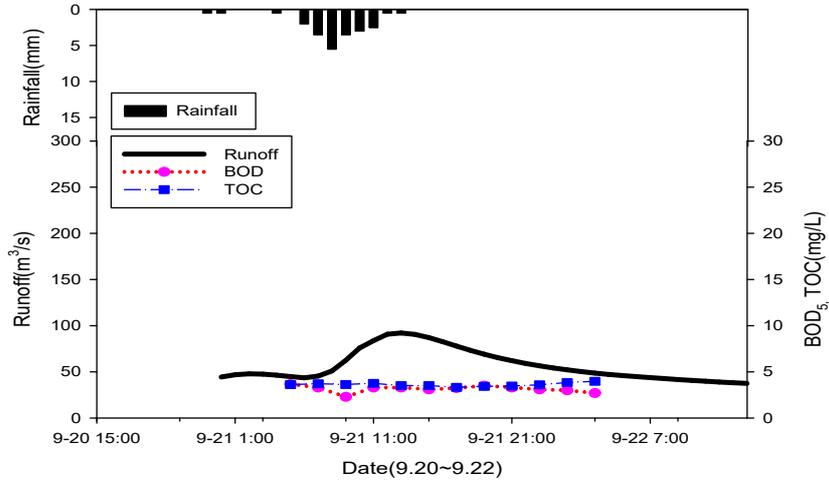


(b) SS, T-P, PO₄-P

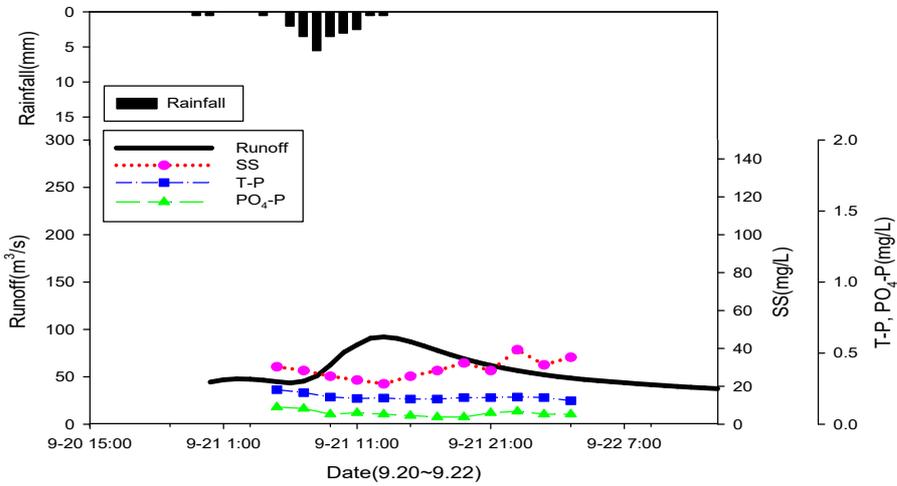


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

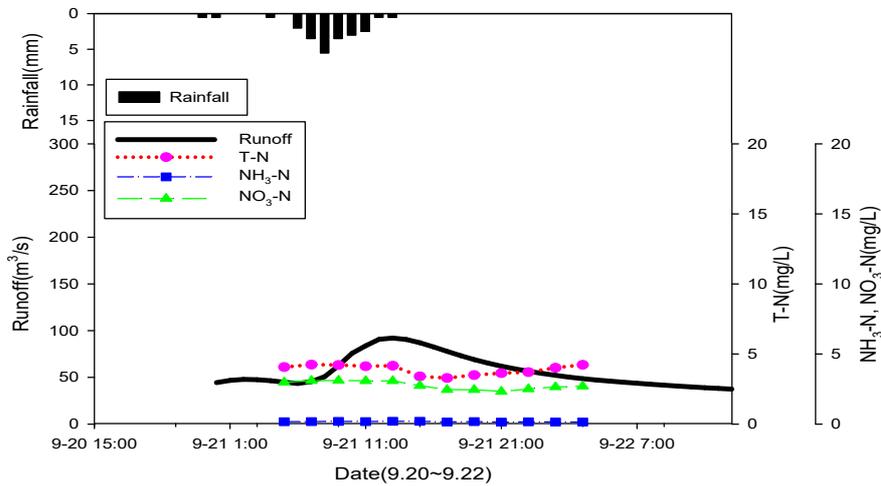
<Fig. 2-32> 강우시 조사 결과 - 만경대교 4차



(a) BOD, TOC

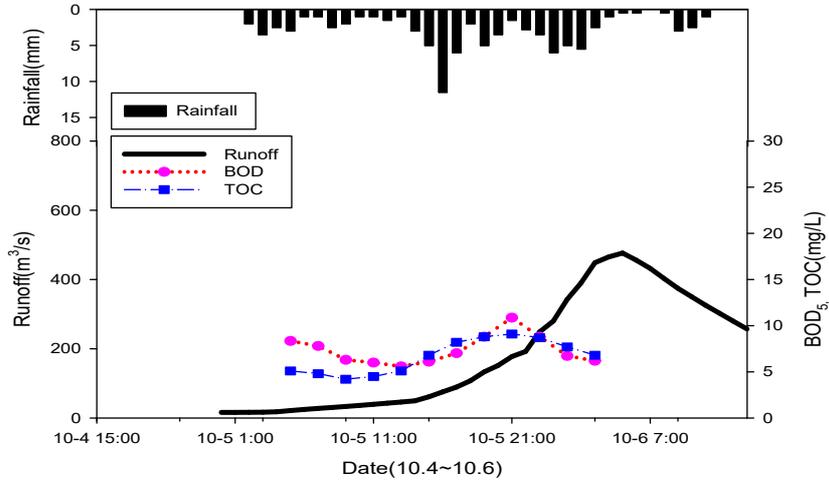


(b) SS, T-P, PO₄-P

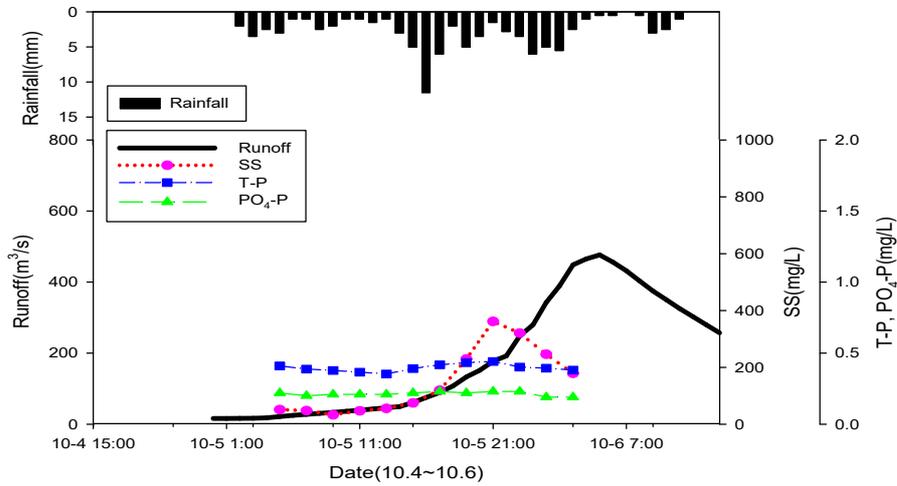


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

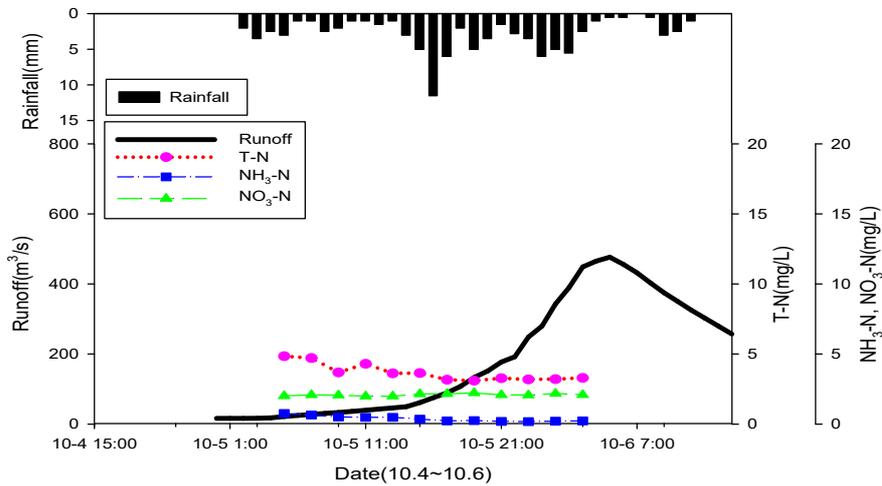
<Fig. 2-33> 강우시 조사 결과 - 만경대교 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P

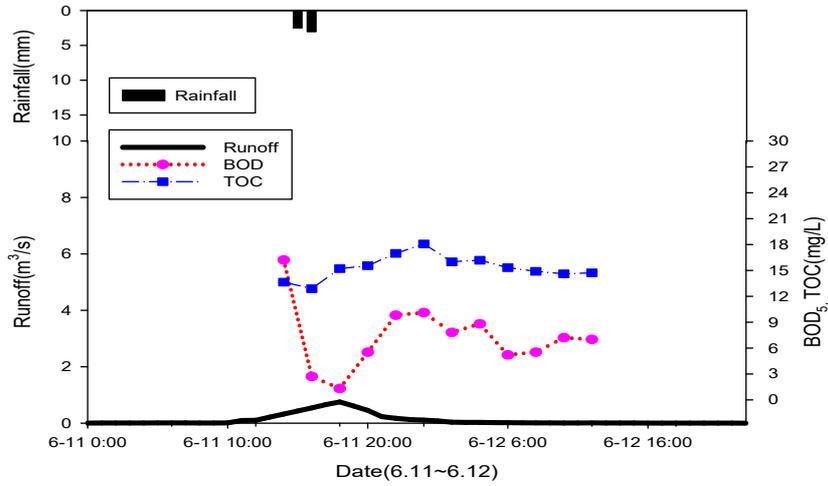


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

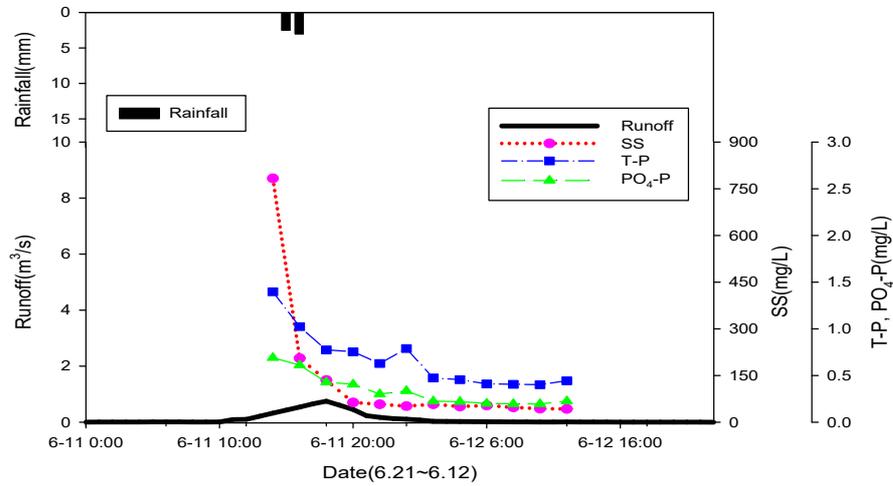
<Fig. 2-34> 강우시 조사 결과 - 만경대교 6차

(라) 금구천 지점

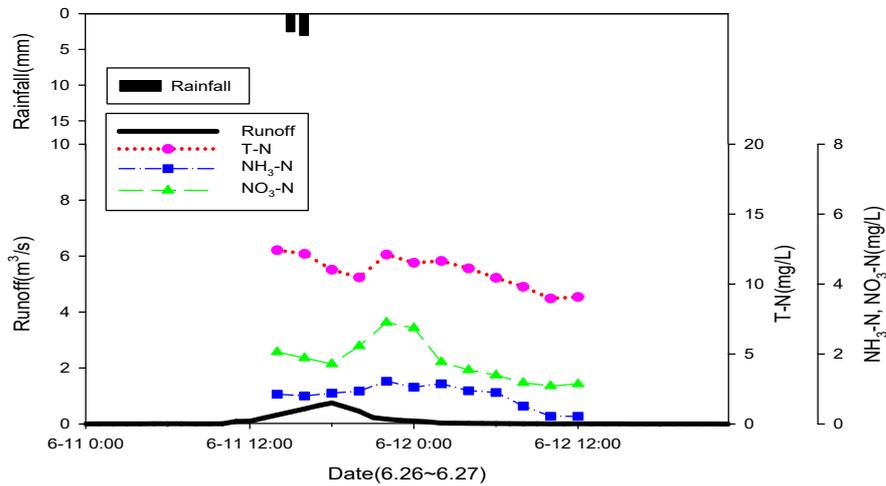
- BOD는 1차 1.3~16.2 mg/L, 2차 0.4~8.3 mg/L이며, 3차 3.5~9.9 mg/L, 4차 1.2~4.1 mg/L, 5차 0.3~2.8 mg/L, 6차 0.6~5.8 mg/L 이며, T-P는 1차 0.401~1.397 mg/L, 2차 0.356~1.593 mg/L, 3차 0.315~0.848 mg/L, 4차 0.248~0.620 mg/L, 5차 0.395~0.761 mg/L, 6차 0.284~0.997 mg/L로 조사됨
- 1차 강우유출수 조사결과 T-P 항목의 침투농도는 1.397 mg/L로 강우 초기 샘플링 시점부터 나타났으며, 이후 강우의 영향으로 유량이 증가하자 T-P 항목 농도가 낮아지는 경향이 나타났음
- 2차 강우유출수 조사는 34.5 mm/hr의 높은 강우강도가 발생한 이벤트로서 최대강우강도가 발생한 시기 이후 약 3시간 이후에 T-P 항목의 농도가 1.593 mg/L의 침투농도로 나타남. 강우에 따라 유량이 급격히 변하였으며, 유량의 패턴과 유사하게 T-P 항목의 농도가 변하는 경향이 나타났음. 농업 배수의 역할을 하는 구간으로 강우에 따른 유량의 변화가 큰 것으로 나타남
- 3차 강우유출수 조사에서는 17.0 mm/hr의 침투강우 후 약 1시간 후 침투유량이 발생하였으며, 2차 조사결과와 달리 침투강우에서 T-P 항목의 침투농도가 발생하지 않고, 침투유량이 발생한 시점 이후로 T-P 항목의 농도는 조금씩 낮아지는 경향을 나타냈음. 2차 시기와 총강우량은 유사하나 강우지속시간이 2차 시기는 9시간, 3차 시기는 26시간으로 강우강도에 따른 오염원의 유입이 다른 경향을 보인 것으로 나타남
- 4차 강우유출수 조사에서는 총강우량 113.0 mm, 강우지속시간 39시간, 최대강우강도 23 mm/hr을 나타내었음. 총강우량은 조사기간 중 금구천 지점에서 최대값을 보였으나, 강우지속시간이 39시간으로 장기화 되어 대부분의 수질 항목 농도는 평이한 경향이 나타났음
- 5차 강우유출수 조사에서는 총강우량 20.0 mm, 강우지속시간 8시간, 최대강우강도 4.0 mm/hr으로 조사됨. 유량은 강우시간동안 증가하는 경향을 보였으며, 수질 항목 농도는 유량의 변화패턴과 유사한 경향이 나타났음
- 6차 강우유출수 조사는 90 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도 10 mm/hr(평균 2.5 mm/hr)로 나타남. 선행강우에 의해 대부분의 수질 농도가 강우초기에 일부 증가한 것으로 나타남
- 모니터링 기간 내 강우 초기에 비점오염원의 영향은 존재 하나 이후 중기 및 종료 시점에는 강수량 및 유량의 변화에 큰 영향을 받지 않은 것으로 조사되었음
- 금구천 유역의 특성상 농업배수유역으로 강우시 작전부터 유량이 큰 폭으로 증가되는 것으로 조사되었음. 초기·중기·후기로 유출 특성을 판단하였을 때 초기에 수질 농도가 증가하는 경향을 보이며 이후 점차 안정되는 경향을 보임. 결과, 수질 변화는 유역 내 강우이벤트와 농업배수의 변화에 의한 영향이 큰 것으로 판단됨



(a) BOD, TOC

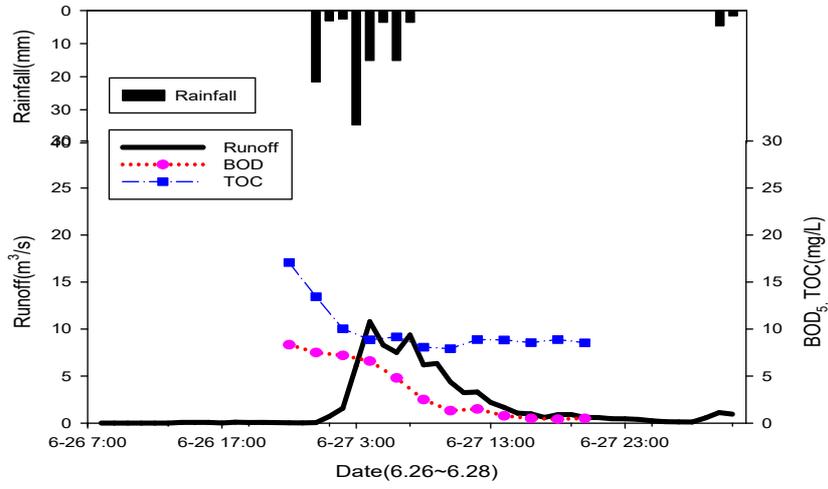


(b) SS, T-P, PO₄-P

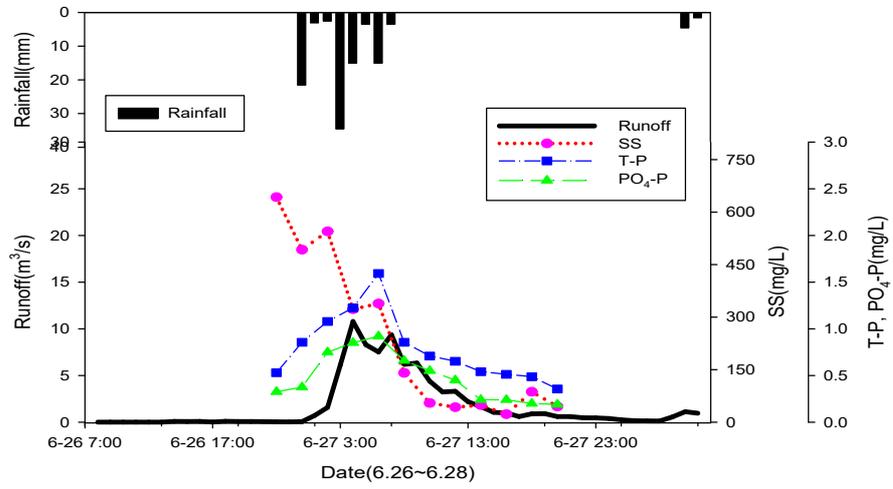


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

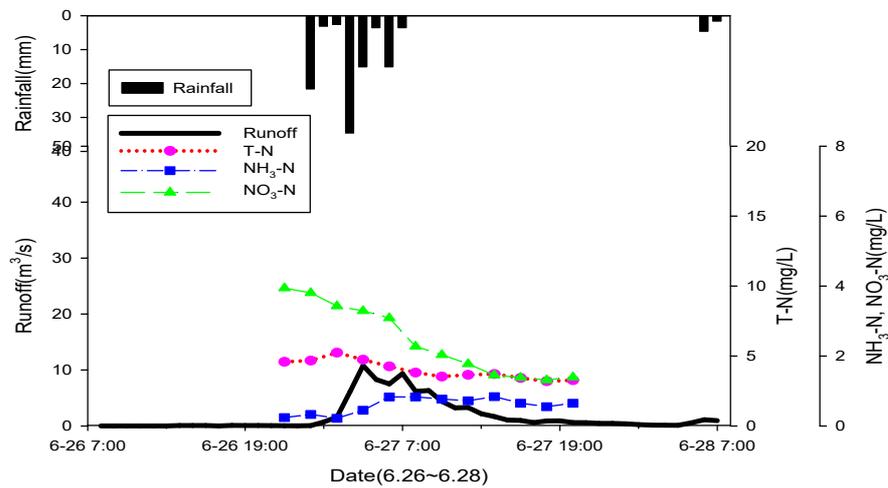
<Fig. 2-35> 강우시 조사 결과 - 금구천 1차



(a) BOD₅, TOC

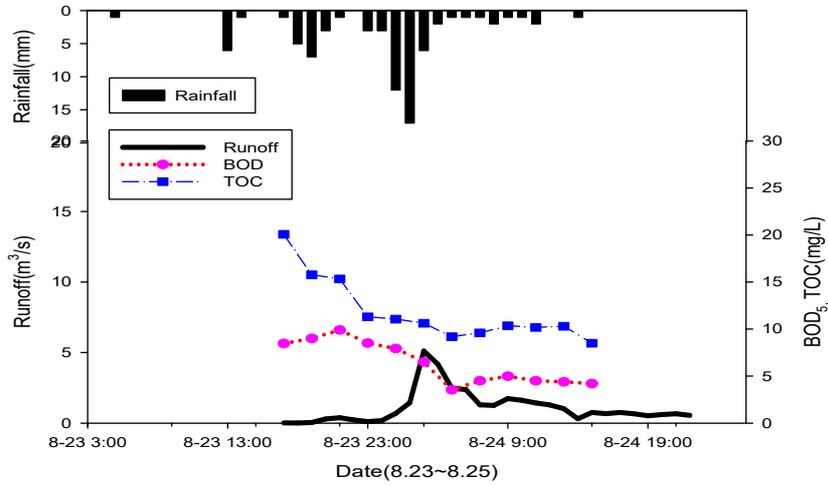


(b) SS, T-P, PO₄-P

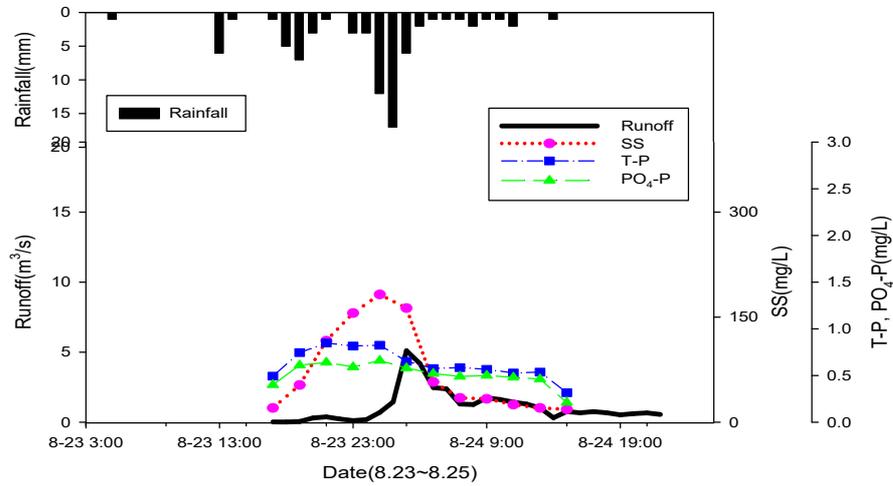


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

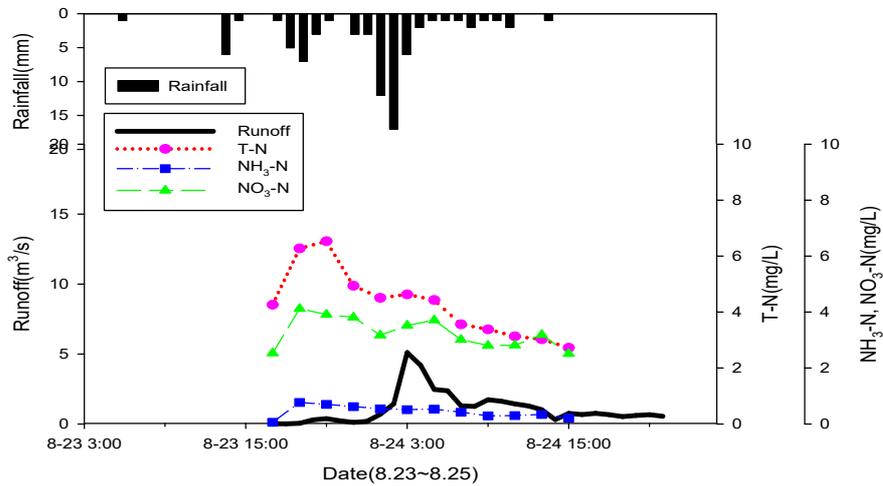
<Fig. 2-36> 강우시 조사 결과 - 금구천 2차



(a) BOD, TOC

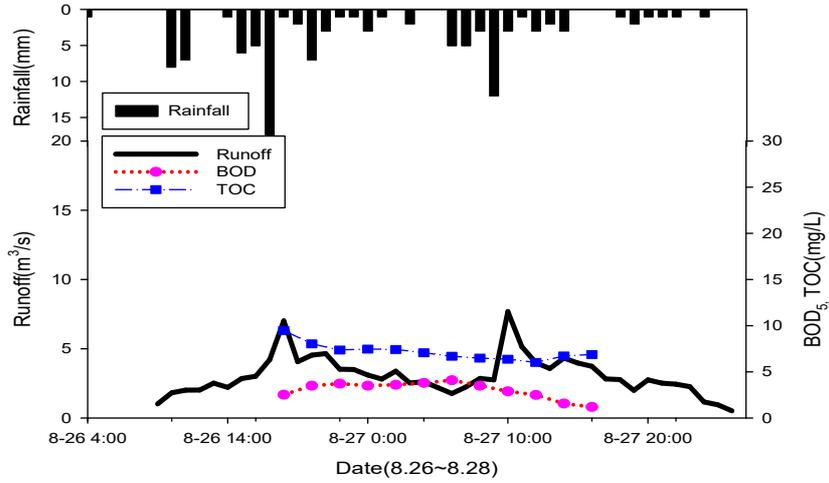


(b) SS, T-P, PO₄-P

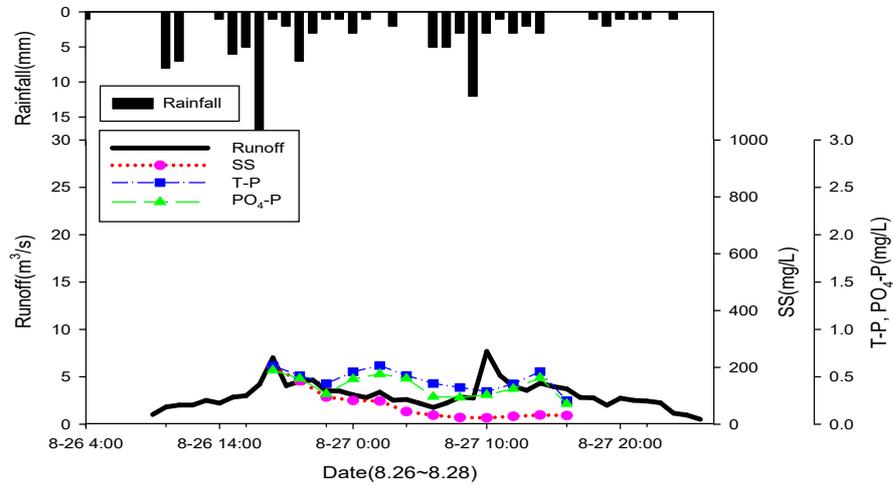


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

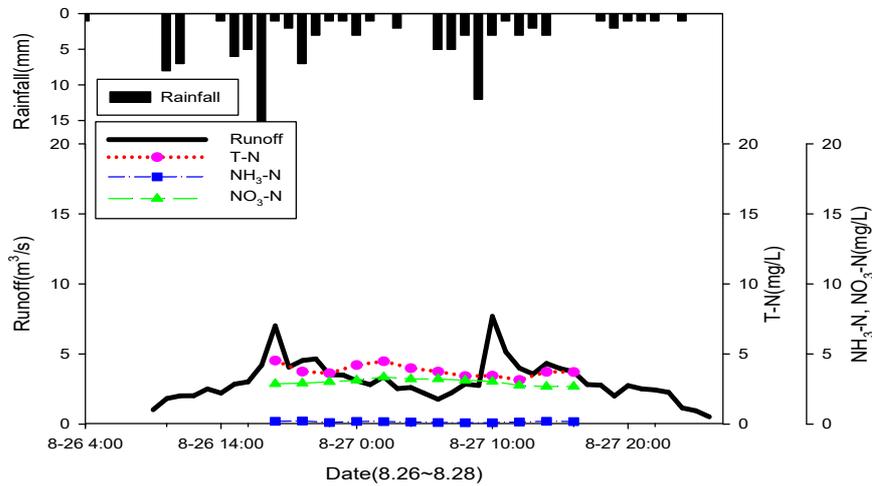
<Fig. 2-37> 강우시 조사 결과 - 금구천 3차



(a) BOD, TOC

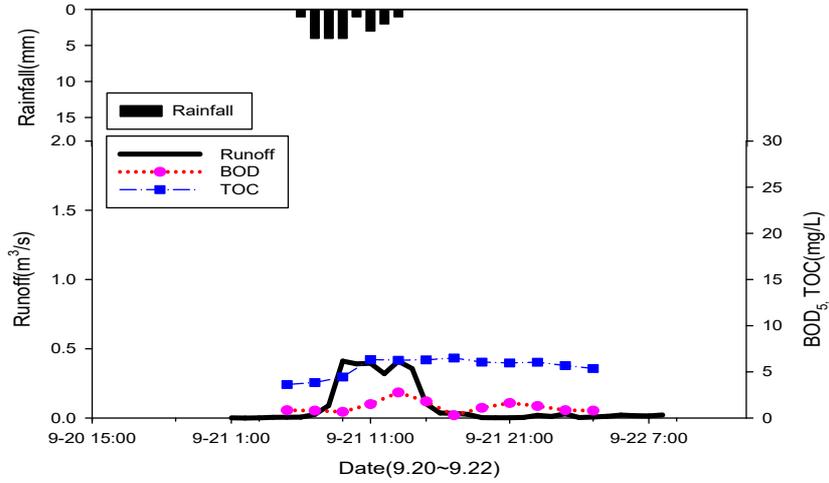


(b) SS, T-P, PO₄-P

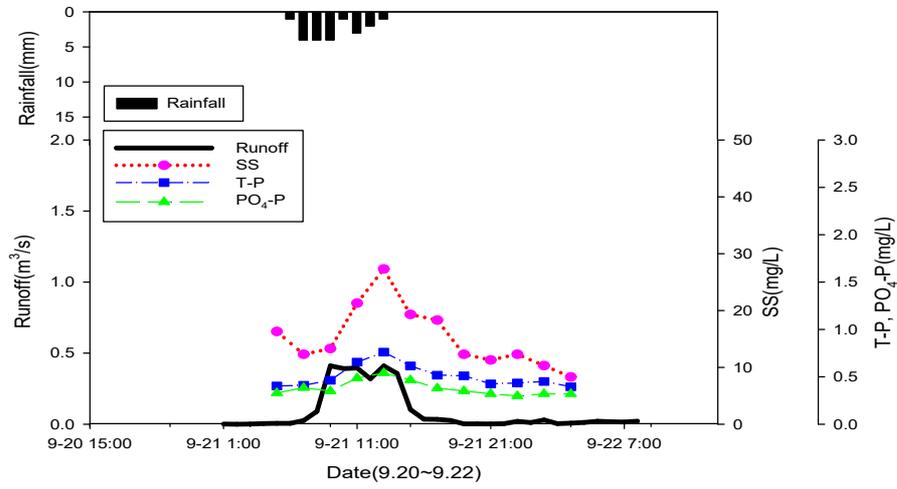


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

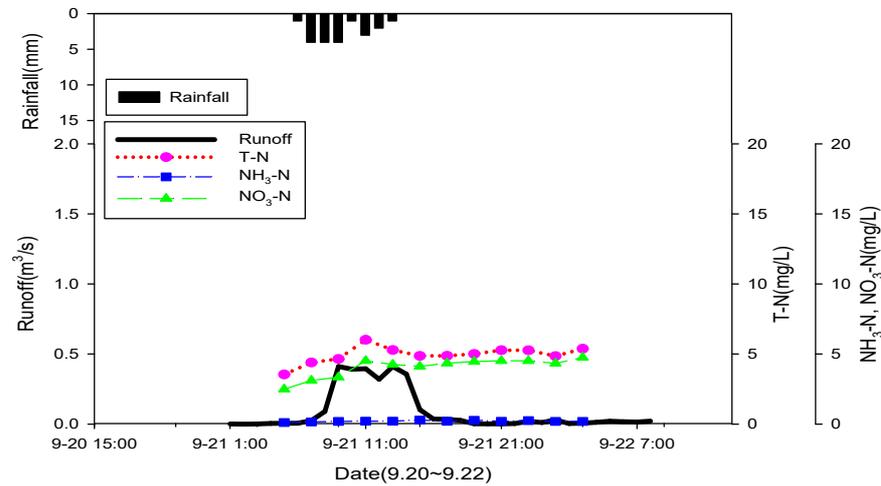
<Fig. 2-38> 강우시 조사 결과 - 금구천 4차



(a) BOD, TOC

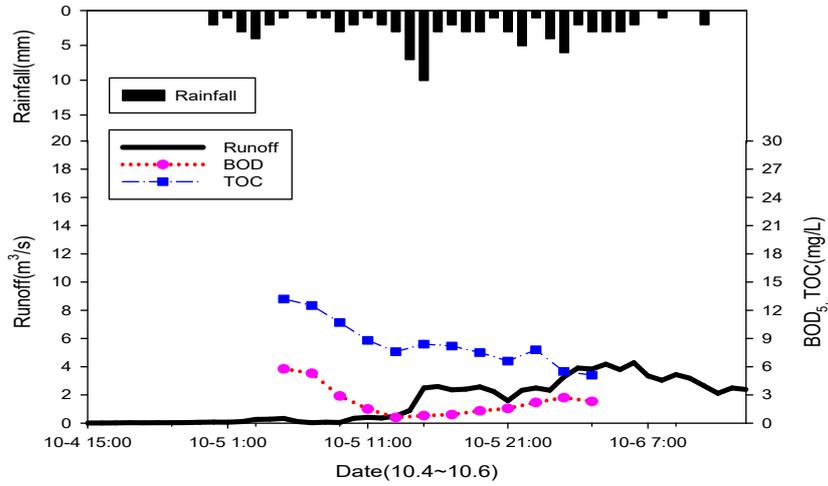


(b) SS, T-P, PO₄-P

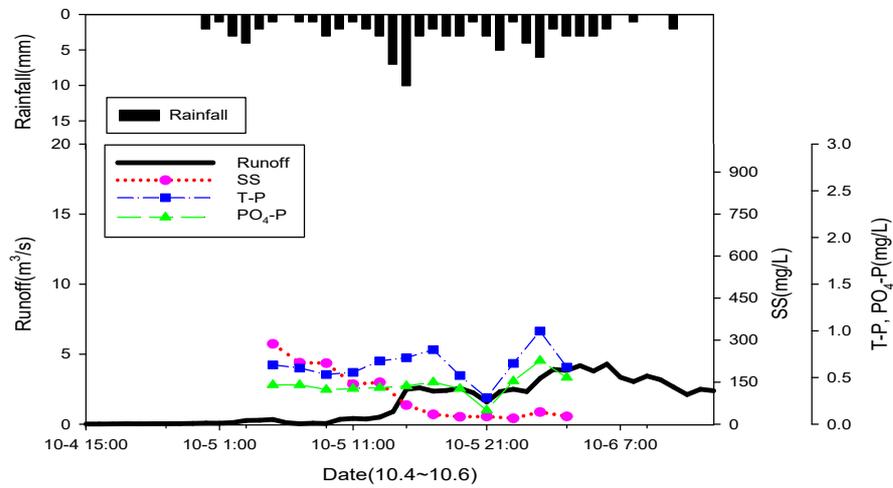


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

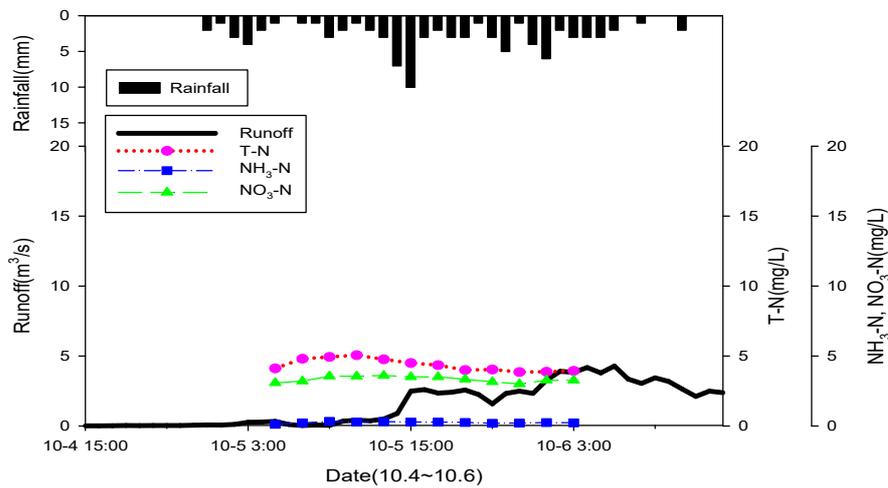
<Fig. 2-39> 강우시 조사 결과 - 금구천 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



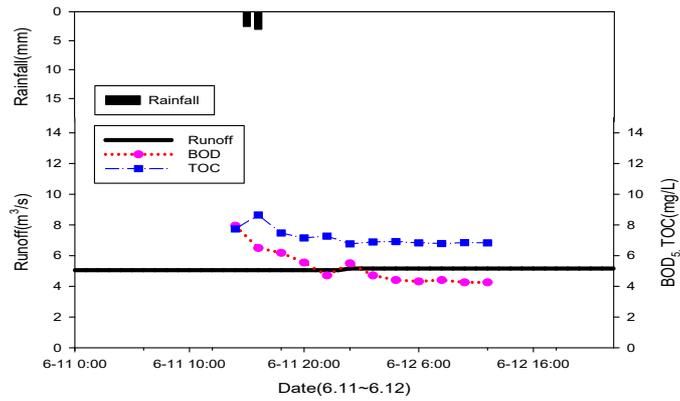
(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-40> 강우시 조사 결과 - 금구천 6차

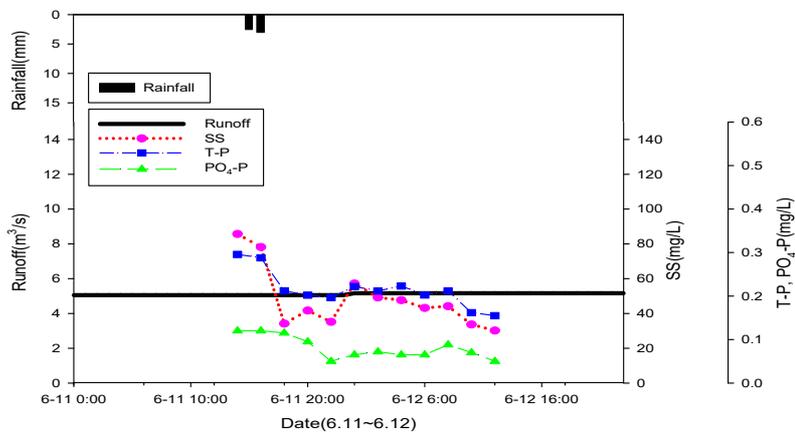
(마) 군포교 지점

- BOD는 1차 4.3~8.0 mg/L, 2차 2.7~4.9 mg/L이며, 3차 2.1~4.3 mg/L, 4차 5.3~8.4 mg/L, 5차 1.0~6.5 mg/L, 6차 0.7~4.3 mg/L 이며, T-P는 1차 0.155~0.296 mg/L, 2차 0.956~1.678 mg/L, 3차 0.129~0.210 mg/L, 4차 0.120~0.419 mg/L, 5차 0.127~0.180 mg/L, 6차 0.125~0.740 mg/L로 조사됨
- 강우유출수 1차 조사결과 선행무강우일수 18일, 5.5 mm의 총강우로 나타났으며, 강우지속시간이 2시간으로 비교적 짧은 시간내에 5.5 mm의 강우가 발생하였으며, 대부분의 수질 항목 농도는 평이한 경향을 보였음. T-P 항목은 초기농도 0.2996 mg/L를 시작으로 증감을 반복하는 경향을 보임
- 2차 강우유출수 조사는 1차 조사 후 약 14일 후에 조사되었으며, 1차 조사보다 많은 양의 강우(98.5 mm)와 최대강우강도(34.5 mm/hr)가 발생한 것으로 나타남. T-P 수질 항목을 분석한 결과 1차 조사 (평균 0.215 mg/L)보다 높은 평균 1.187 mg/L의 농도로 나타났으며, 이는 1차 강우 조사의 경우 강우지속시간과 강우강도가 모두 2차보다 낮은 수치를 나타낸 것으로 판단되며, 최대강우강도가 발생한 이후 약 4시간 이후에 침투유량이 나타났으며, 유량의 변화가 급격하게 증가하였다가 감소한 것으로 나타남
- 3차 강우유출수 조사는 2차 강우유출수 조사 이후 약 56일 후에 조사되었으며, 선행무강우일수는 45일로 나타났음. 총강우량은 29.0 mm와 강우지속시간 12시간으로 최대강우강도는 7.0 mm/hr로 나타나 1차, 2차의 유출특성과 상이한 결과가 나타남. 대부분의 수질 항목이 초기 높은 농도로 시작하여 강우의 영향으로 수질 항목 농도가 점점 낮아지는 경향을 나타내다가 이후 지속적인 강우에 의한 영향으로 대부분의 수질 항목들의 농도가 높아지는 경향을 나타냄
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 후 2일, 선행무강우일수 2일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 33시간 동안 117.0 mm의 강우가 발생하여 과업기간 중 군포교 지점 최대강우량을 나타냈으며, 최대강우강도는 18.0 mm/hr로 나타남. 최대강우강도가 발생한 시점 이후 약 6시간 이후에 T-P 침투농도 0.419 mg/L가 발생하였으며, T-P 항목의 농도는 유량의 증감과 반대의 경향이 나타났음
- 5차 강우유출수 조사에서는 총강우량 18.0 mm, 강우지속시간 7시간, 최대강우강도 5.0 mm/hr을 나타내었음. 수질 항목 농도는 평이한 경향을 나타내었음
- 강우유출수 6차 조사결과 선행무강우일수 14일, 강우지속시간 35시간, 총강우량은 72.0 mm, 최대강우강도는 7.0 mm/hr 나타났으며, T-P 항목의 농도는 유량 증가시점으로 약 8시간 이후에 농도가 점차 증가하는 경향을 보임
- 모니터링 기간 내 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화폭은 크지 않으며, 대부분 평이한 농도 분포를 보이고 있는 것으로 나타남

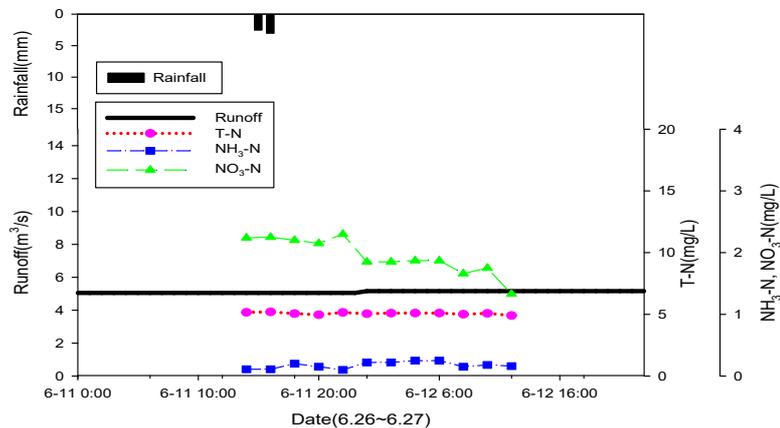
- 군포교 지점의 모니터링 결과, 초기강우 등 유역 내 강우에 의한 수질 농도 변화는 비교적 크지 않은 것으로 나타났음. 이는 모니터링 지점 하류에 위치한 제수문 조작의 영향이 크게 작용하며, 유역 내 농경지 및 초본지대에서의 완충작용에 의한 오염물질의 유달을 감소에 의한 것으로 판단됨



(a) BOD, TOC

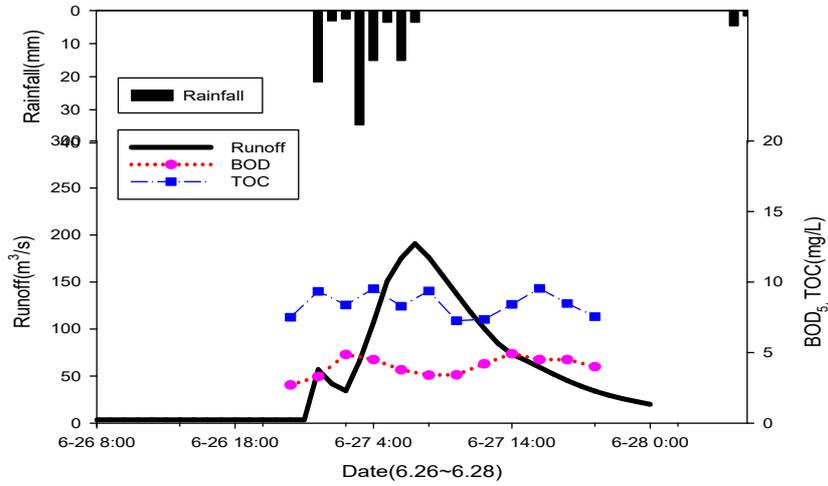


(b) SS, T-P, PO₄-P

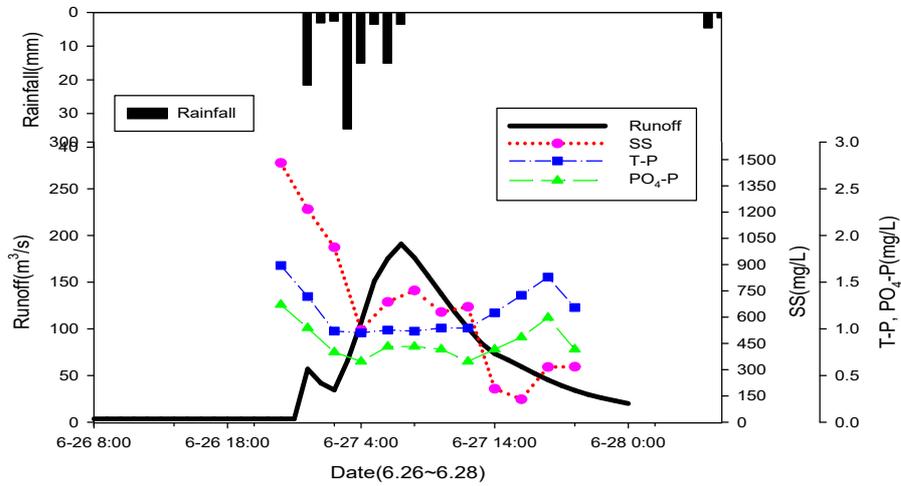


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

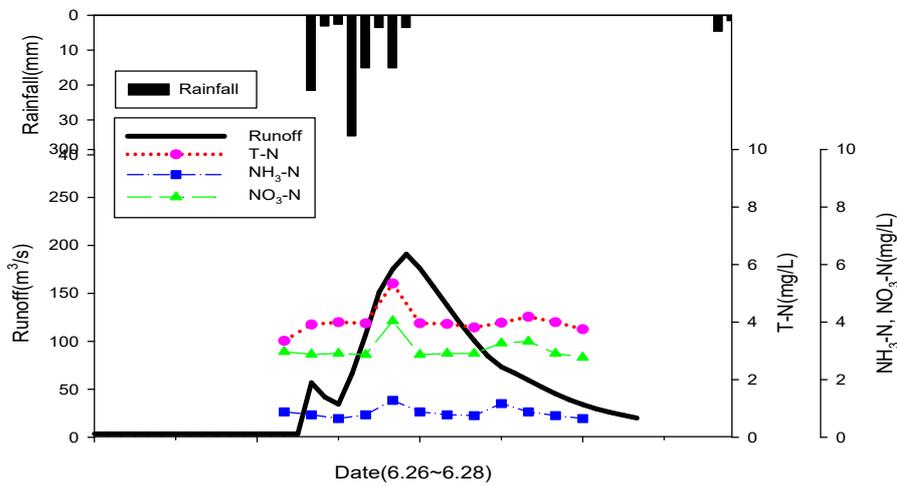
<Fig. 2-41> 강우시 조사 결과 - 군포교 1차



(a) BOD, TOC

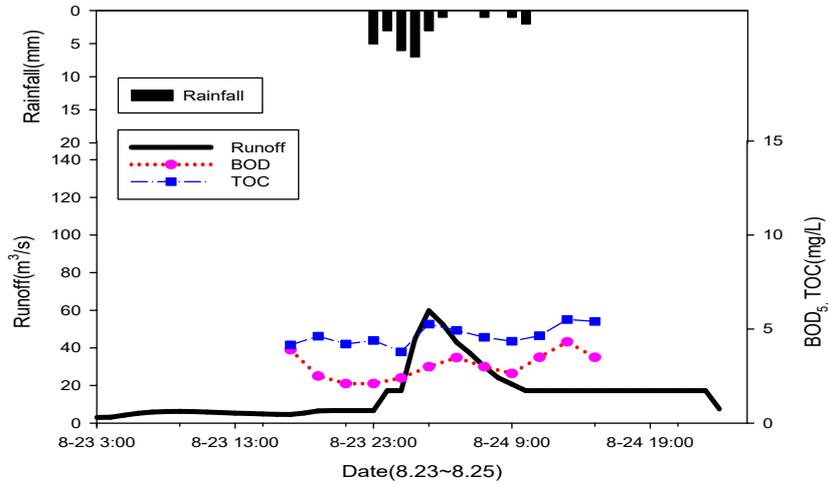


(b) SS, T-P, PO₄-P

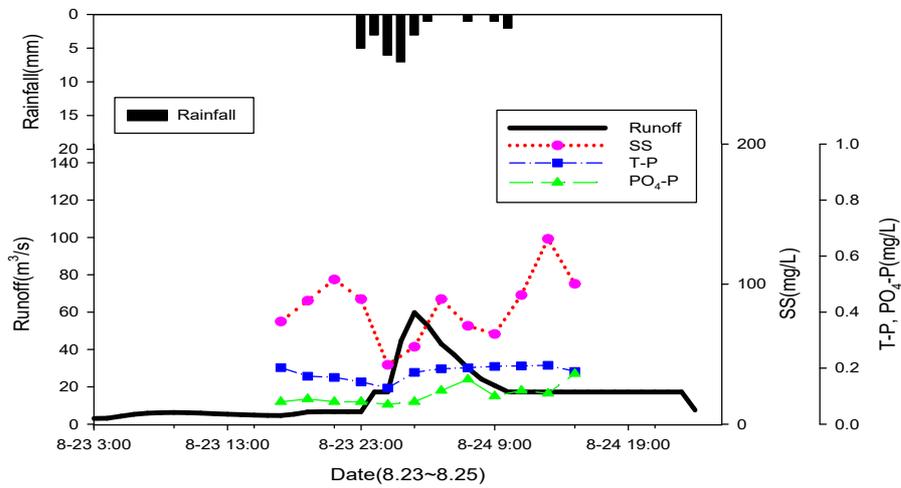


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

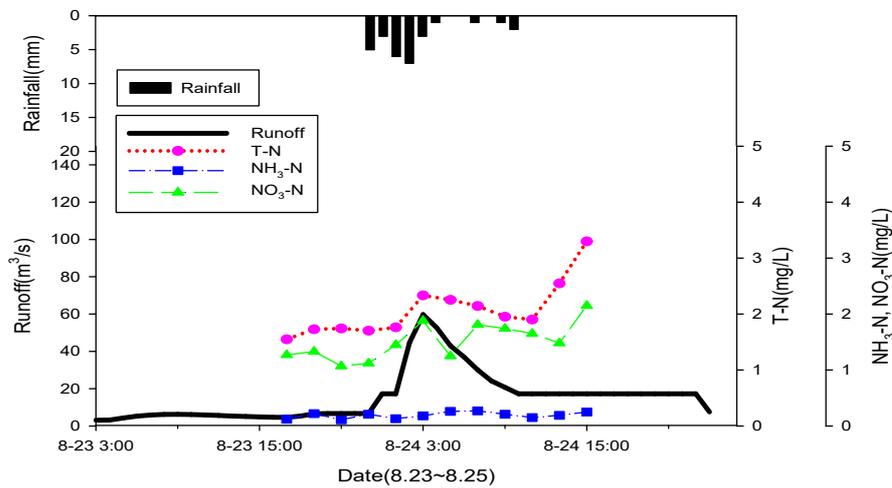
<Fig. 2-42> 강우시 조사 결과 - 군포교 2차



(a) BOD, TOC

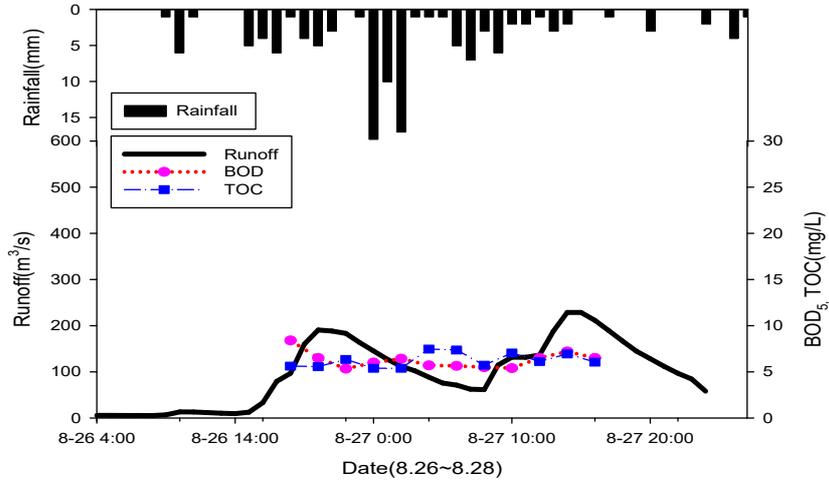


(b) SS, T-P, PO₄-P

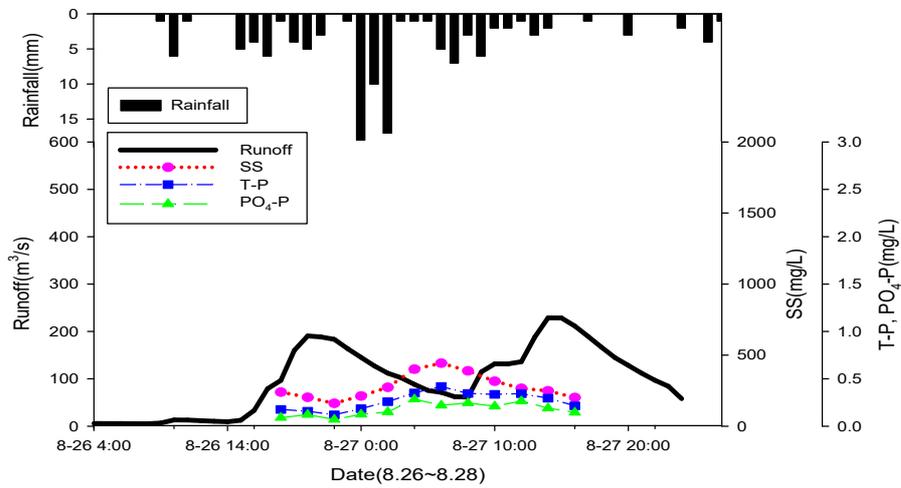


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

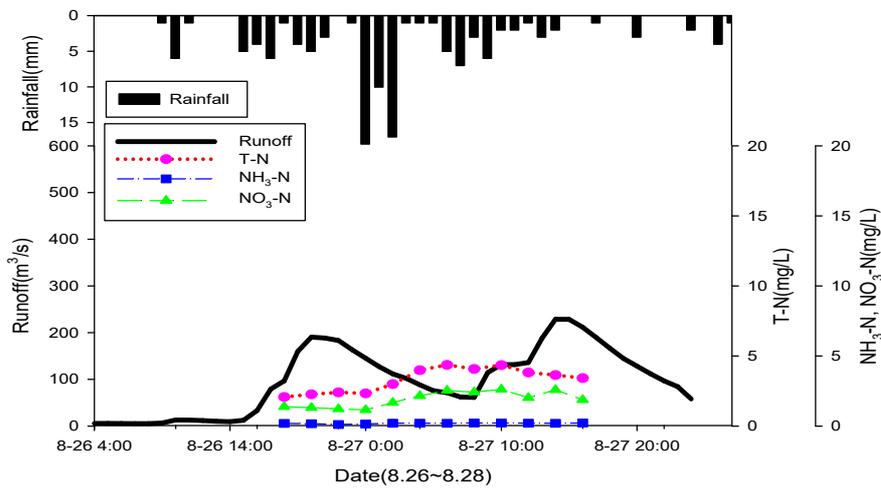
<Fig. 2-43> 강우시 조사 결과 - 군포교 3차



(a) BOD, TOC

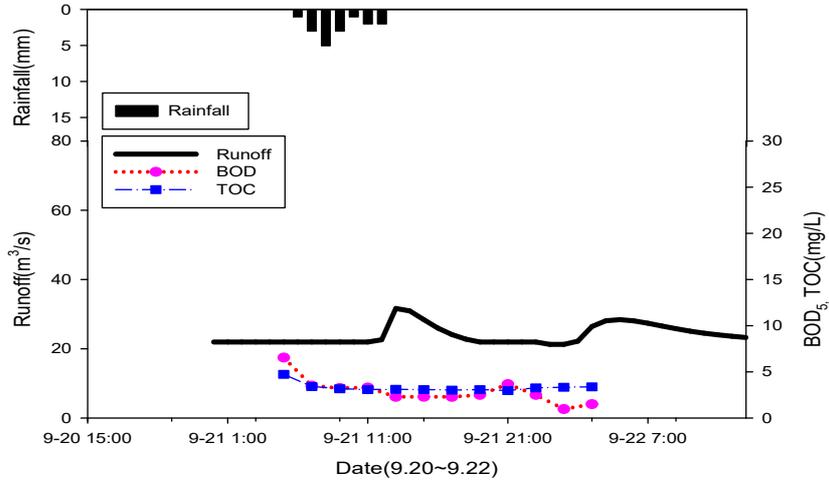


(b) SS, T-P, PO₄-P

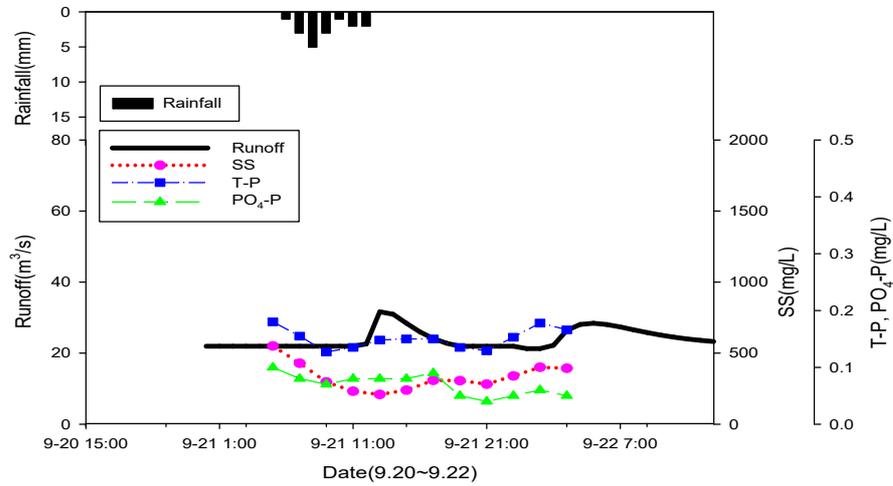


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

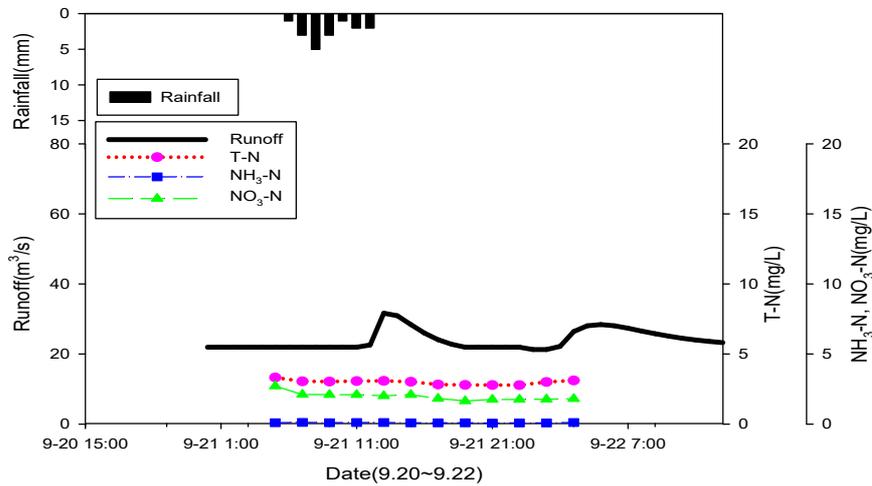
<Fig. 2-44> 강우시 조사 결과 - 군포교 4차



(a) BOD, TOC

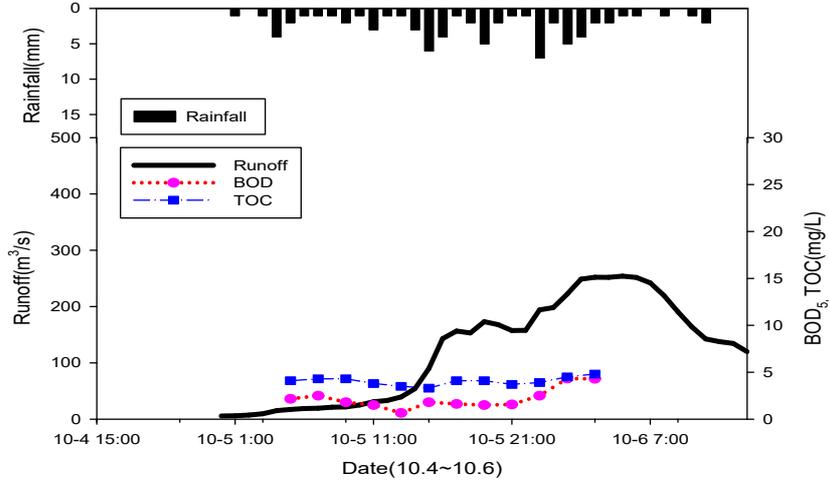


(b) SS, T-P, PO₄-P

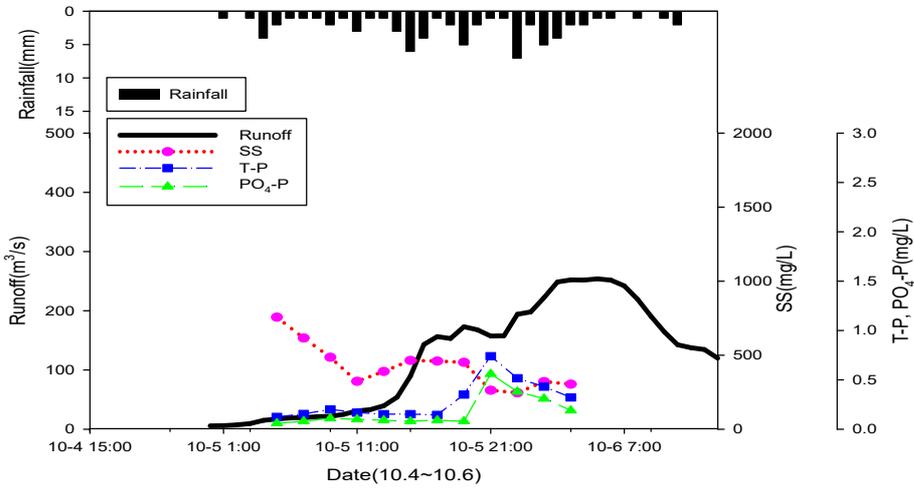


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

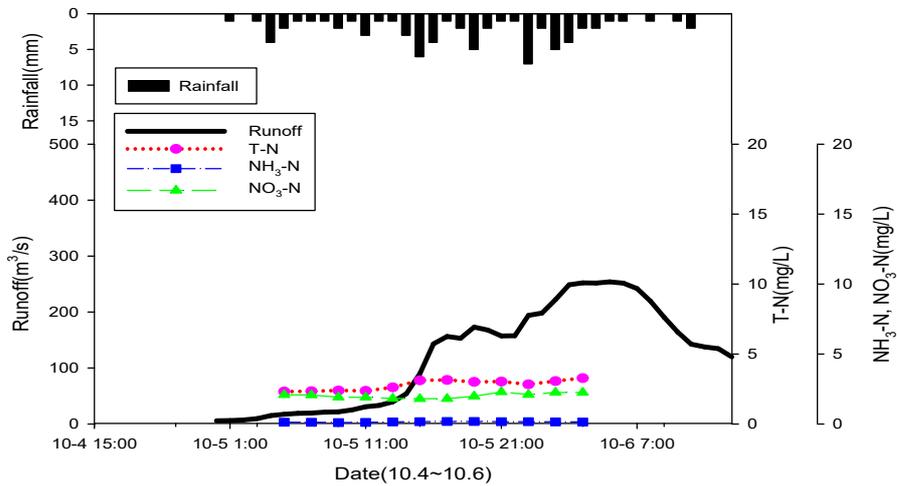
<Fig. 2-45> 강우시 조사 결과 - 군포교 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



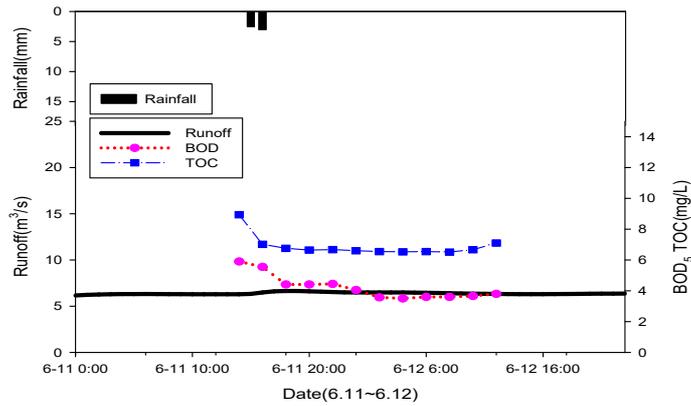
(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-46> 강우시 조사 결과 - 군포교 6차

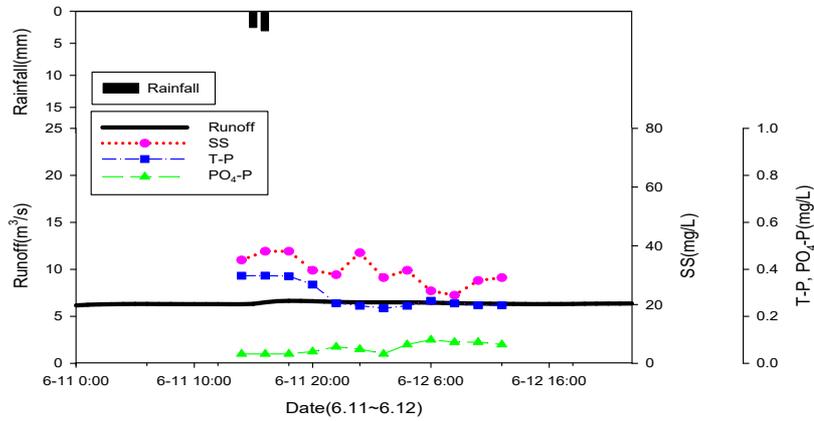
(바) 동진대교 지점

- BOD는 1차 3.5~5.9 mg/L, 2차 0.3~5.6 mg/L이며, 3차 2.0~8.0 mg/L, 4차 3.4~29.4 mg/L, 5차 1.5~19.9 mg/L, 6차 2.2~4.0 mg/L 이며, T-P는 1차 0.234~0.373 mg/L, 2차 0.238~1.097 mg/L, 3차 0.107~0.361 mg/L, 4차 0.140~0.555 mg/L, 5차 0.153~0.848 mg/L, 6차 0.153~0.391 mg/L로 조사됨
- 1차 강우유출수 조사결과 총강우량은 6.0 mm로 나타났으며, 침투강우가 발생한 이후 약 4시간 이후에 침투유량이 발생하는 것으로 나타남. T-P 항목의 침투농도는 0.317 mg/L로 침투유량 발생한 이후 약 8시간 이후에 나타났으며, 동진대교 지점은 동진강 본류의 말단에 위치하고 있어 상류와 각 지류로부터 유하거리에 따른 영향과 제수문의 영향으로 오염원의 유하시간이 길게 나타나는 경향이 보임
- 2차 강우유출수 조사는 1차 조사 후 약 14일 후에 조사되었으며, 1차 조사보다 많은 양의 강우(100.5 mm)와 최대강우강도(22.5 mm/hr)가 발생한 것으로 나타남. T-P 수질 항목을 분석한 결과 1차 조사 (평균 0.287 mg/L)보다 높은 평균 0.523 mg/L의 농도로 나타났으며, 이는 1차 강우 조사의 경우 강우지속시간과 강우강도가 모두 2차보다 낮은 수치를 나타낸 것으로 판단되며, 최대강우강도가 발생한 이후 약 6시간 이후에 침투유량이 나타났으며, 유량의 변화가 급격하게 증가하였다가 감소한 것으로 나타남
- 3차 강우유출수 조사에서는 4.5 mm/hr의 침투강우 후 약 9시간 후 침투유량이 발생하였으며, 1차 조사결과와 다르게 유량 증가시점에서 대부분의 수질 항목의 농도가 증가하는 경향을 보여 유량증가와 수질 항목 농도간의 유사한 경향을 보였으며, 이후 지속적인 강우의 영향으로 수질농도는 점차 낮아지는 경향을 보임
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 후 2일, 선행무강우일수 2일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 40시간 동안 106 mm의 강우가 발생하여 과업기간 중 동진대교 지점 최대강우량을 나타냈으며, 최대강우강도는 8.5 mm/hr로 나타남. 최대강우강도가 발생한 시점 이후 약 2시간 이후에 T-P 침투농도 0.555 mg/L가 발생하였으며, T-P 항목의 농도는 유량의 증감과 반대의 경향이 나타났음
- 5차 강우유출수 조사는 21 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도는 5.5 mm/hr(평균 1.6 mm/hr)로 나타났으며, 선행무강우일수는 17일로 나타남. 최대강우 발생 이후 약 6시간 뒤에 침투유량이 발생하였으며, 침투유량 시기에 채수한 T-P의 농도는 0.684 mg/L로 샘플링 평균농도 0.390 mg/L 보다 높았으며, 이후 약 2시간 후에 T-P 침투농도는 0.848 mg/L로 조사되었음. 이후 T-P의 농도는 낮아지는 경향을 보였음
- 6차 강우유출수 조사는 119 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도 11.5 mm/hr(평균 3.5 mm/hr)로 나타났으며, 4차 조사와 대부분의 수질 항목 농도 경향이 유사함을 보였음
- 모니터링 기간 내 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화폭은 크지 않고 평이한 농도의 분포를 보였으나, 강우가 지속될 시 SS의 농도는 증가함을 확인하였음

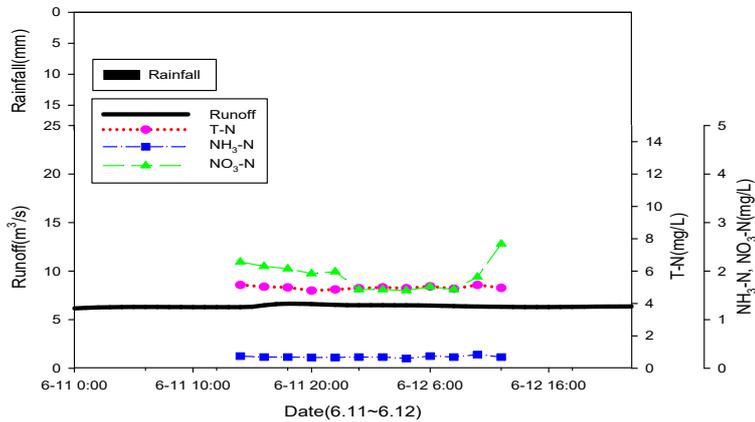
- 동진대교 지점의 모니터링 결과, 초기강우 등 유역 내 강우에 의한 수질 농도 변화는 비교적 크지 않은 것으로 나타났음. 이는 모니터링 지점이 동진강 최하류에 위치하고 있어 상류의 제수문 조작에 의한 인위적인 영향을 크게 받으며, 유역 내 농경지와 초본지대에서의 완충작용에 의한 오염물질의 감소에 의한 것으로 판단됨



(a) BOD, TOC

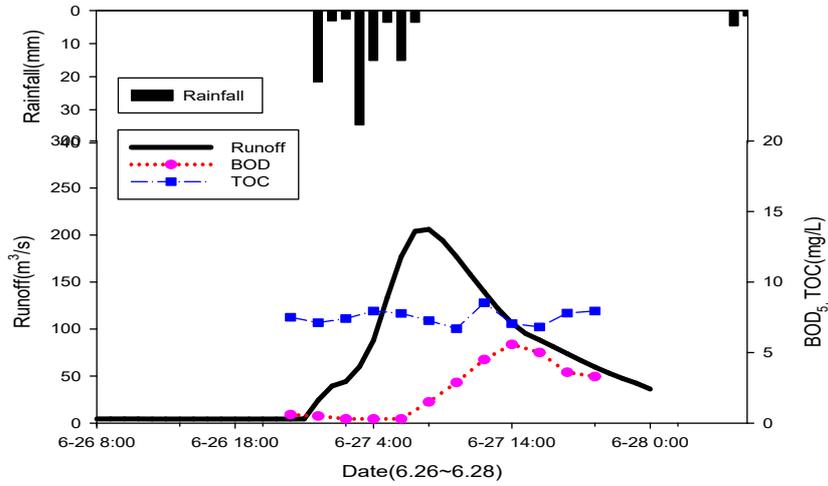


(b) SS, T-P, PO₄-P

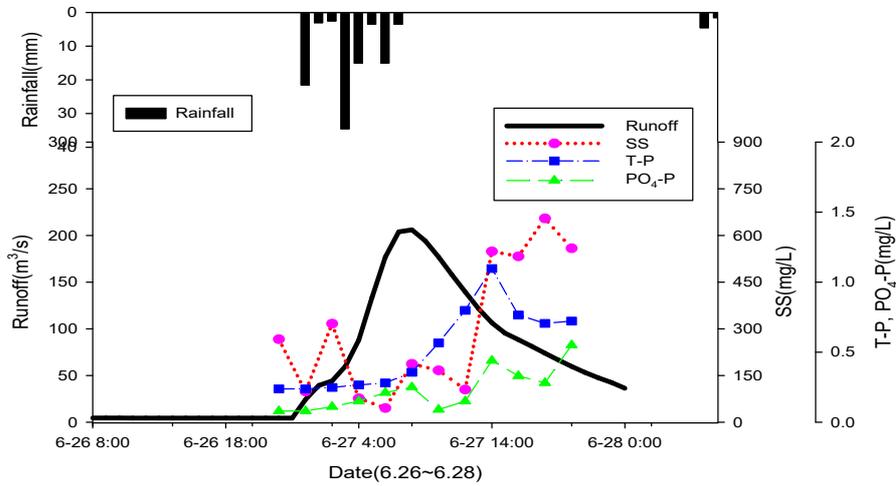


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

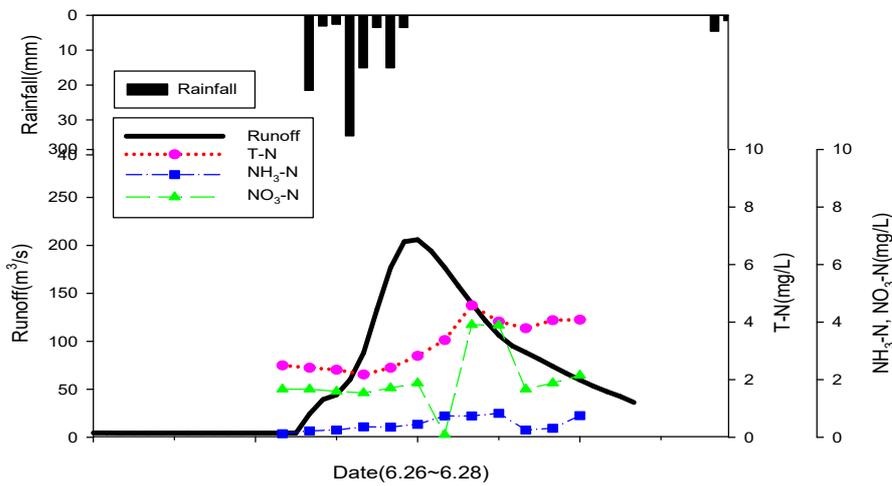
<Fig. 2-47> 강우시 조사 결과 - 동진대교 1차



(a) BOD, TOC

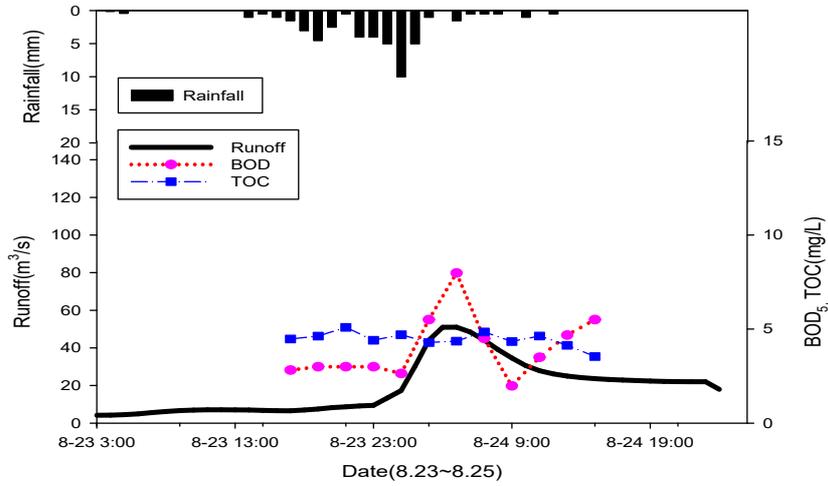


(b) SS, T-P, PO₄-P

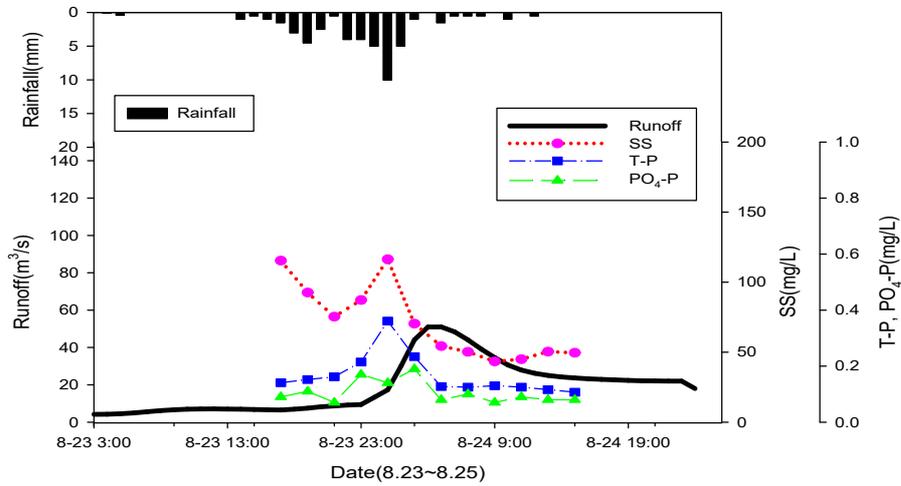


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

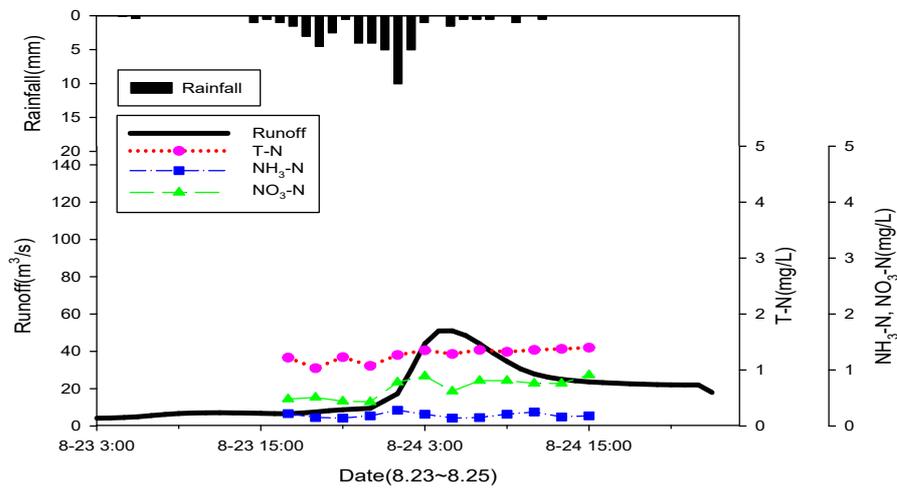
<Fig. 2-48> 강우시 조사 결과 - 동진대교 2차



(a) BOD, TOC

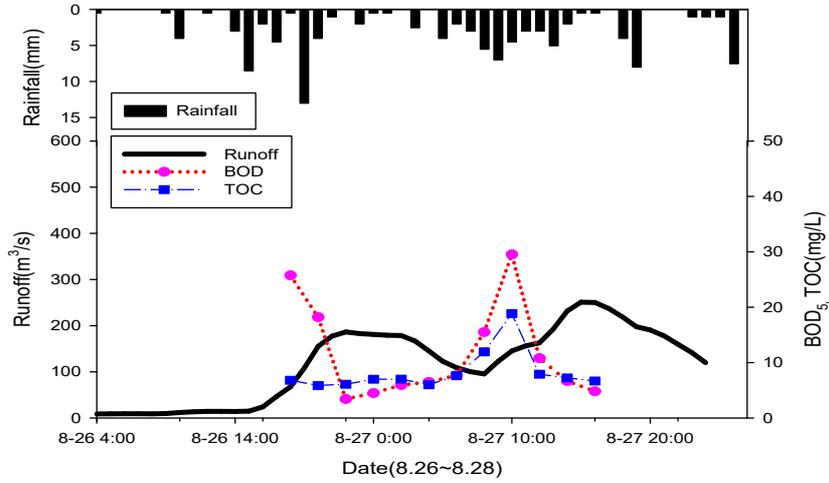


(b) SS, T-P, PO₄-P

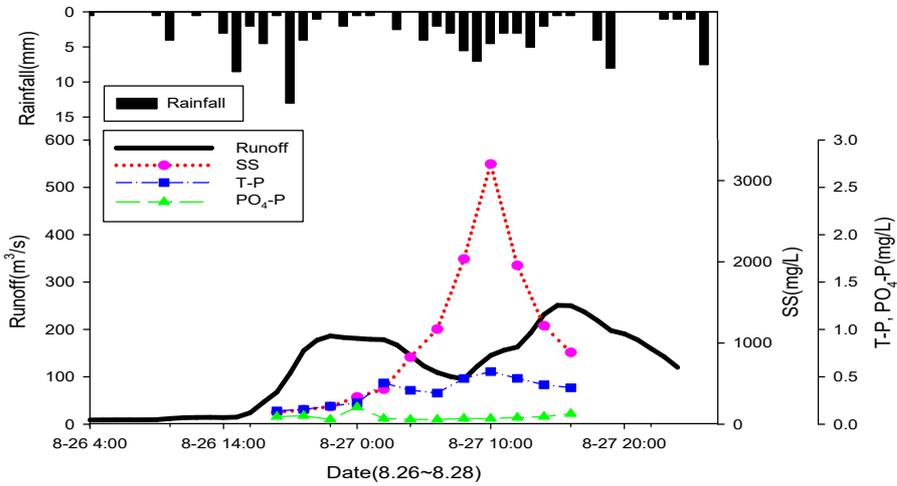


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

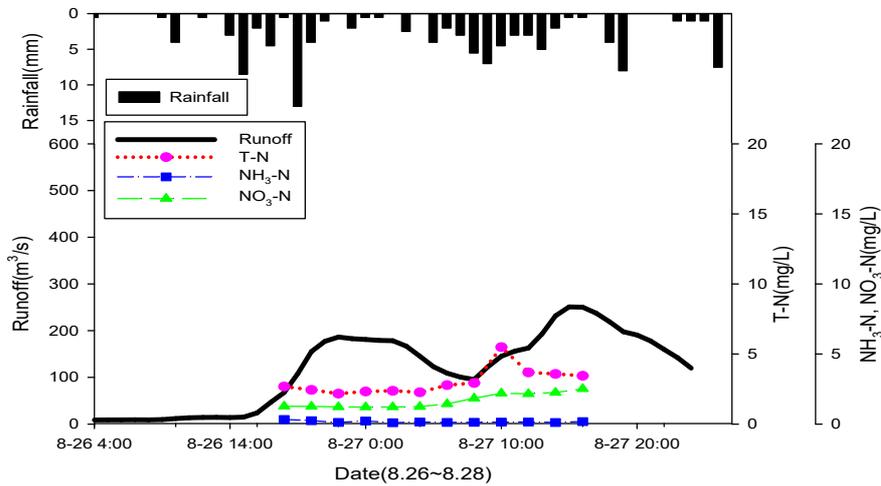
<Fig. 2-49> 강우시 조사 결과 - 동진대교 3차



(a) BOD, TOC

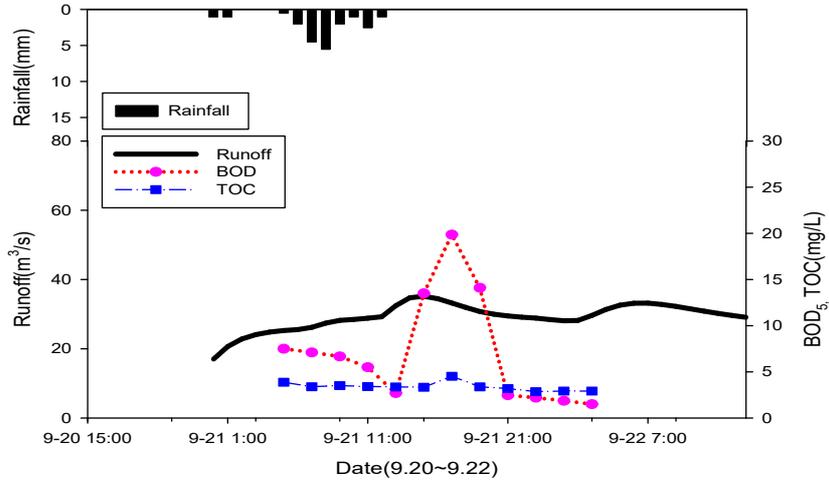


(b) SS, T-P, PO₄-P

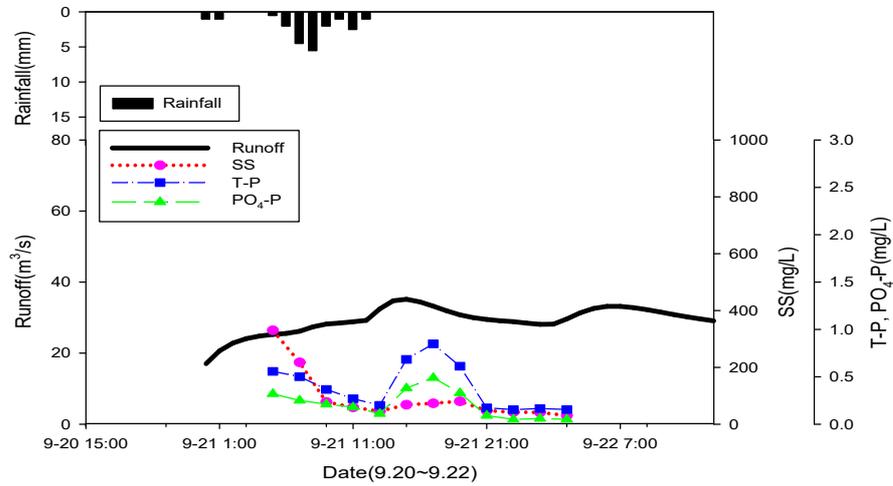


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

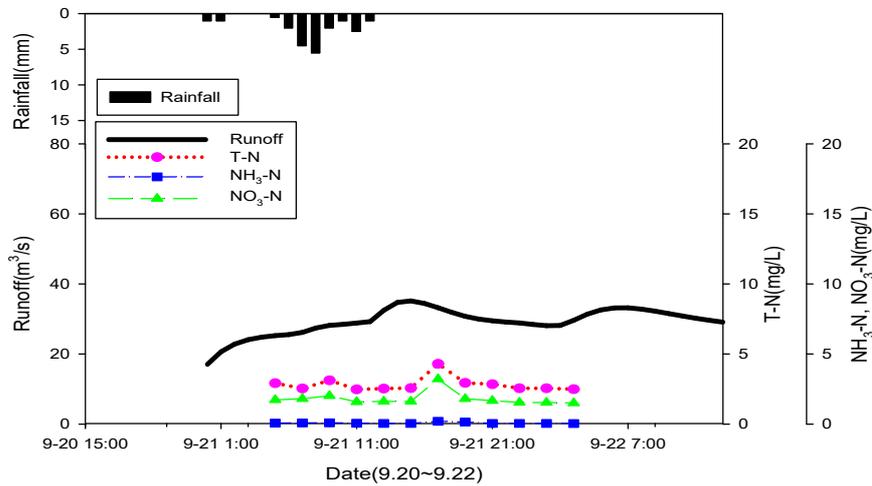
<Fig. 2-50> 강우시 조사 결과 - 동진대교 4차



(a) BOD, TOC

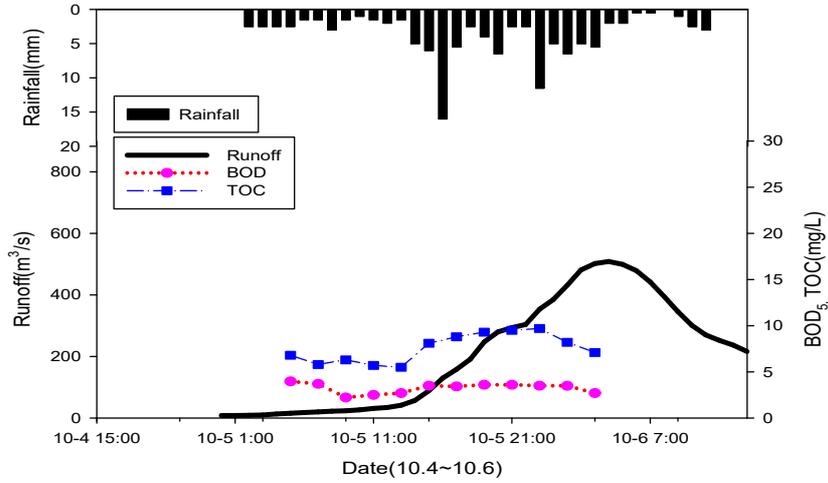


(b) SS, T-P, PO₄-P

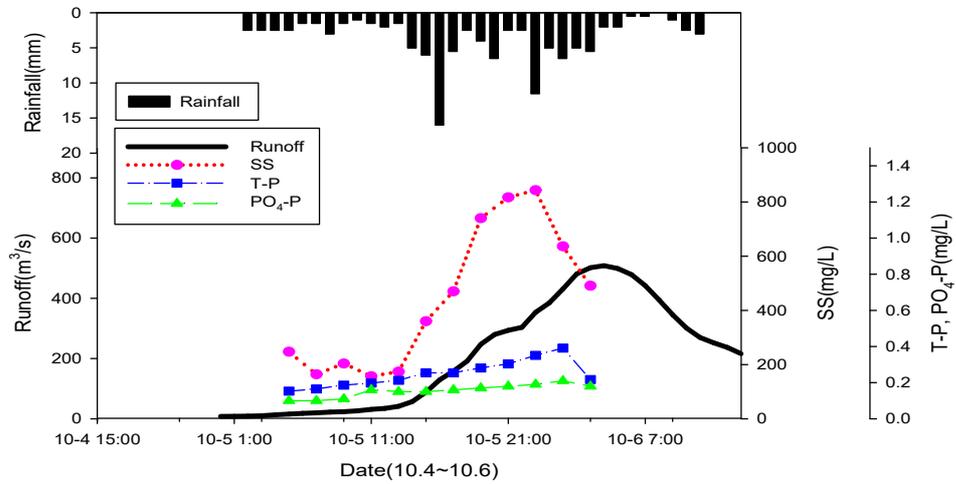


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

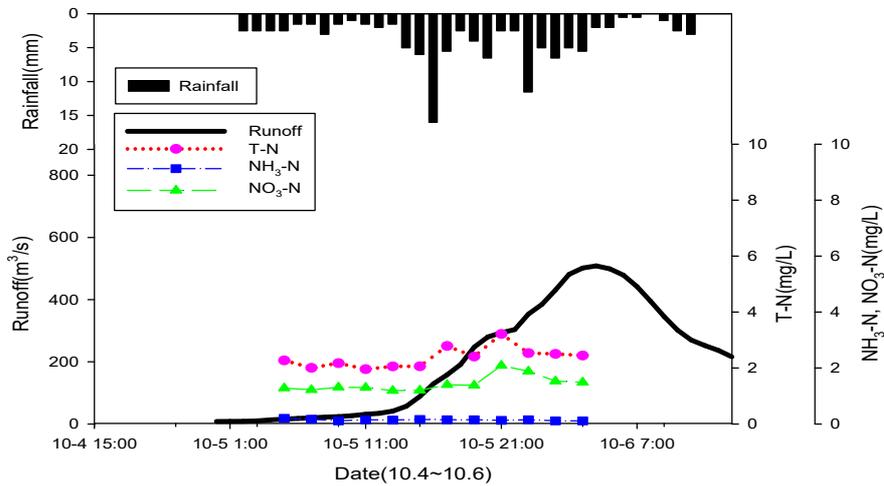
<Fig. 2-51> 강우시 조사 결과 - 동진대교 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-52> 강우시 조사 결과 - 동진대교 6차

- 강우시 모니터링 결과, 유역 내 제수문 등 농업용 수리시설에 의한 인위적인 요인에 의한 영향이 크게 작용하는 것으로 나타남
- 본 연구에서 수행된 모니터링 결과, 새만금 유역에서는 인위적인 요인과 국지적 강우의 영향을 크게 받고 있어 향후 이러한 특성을 반영하여 비점오염물질의 유출특성을 파악하기 위한 모니터링 데이터의 누적이 필요할 것으로 판단됨

<Table 2-31> 모니터링기간 중 강우량 현황(1차 조사 : 6월 11일~6월 12일)

관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
익산	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	10.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김제	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부안	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진봉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<Table 2-32> 모니터링기간 중 강우량 현황(2차 조사 : 6월 26일~6월 27일)

관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
익산	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.6	
	23.5	20	20.7	10.8	3.9	19.3	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김제	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
	5	16	24	14	3	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
	9	4	27	14	3	10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부안	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9	3.5	13.5	21	5	9	4	13.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진봉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	14	
	14.5	22.5	19.5	12.5	2	13.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<Table 2-33> 모니터링기간 중 강우량 현황(3차 조사 : 8월 23일~8월 24일)

관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
익산	8.5	1.8	0.7	0.6	0.1	1	0.5	0.4	1.6	0.1	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김제	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	
	6	7	3	1	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금구	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	0	1	5	7	3	1	0	3	3	
	12	17	6	2	1	1	1	2	1	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부안	0	0	0	0.1	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5	1	1.5	3	4.5	2.5	0.5	4	4	5	
	10	5	1	0	1.5	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진봉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	3	0	0	1	3	5.5	3.5	2.5	0	2.5	3	
	8	6	1.5	0	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<Table 2-34> 모니터링기간 중 강우량 현황(4차 조사 : 8월 26일~8월 27일)

관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
익산	0	0	0	0	0	0	0	0	1.2	3.5	4.6	0	0	0	3.4	4	6.5	9.5	1.7	7.6	9.2	9.5	15.7	12
	38.4	15.1	1.3	1.2	2.3	2.4	5	6.9	5.4	4.8	2.9	0.5	0.6	3.4	0.3	0.1	0	0.4	2.3	0	0	0	0	0
김제	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	1	0	0	0	5	4	6	1	4	5	3	0	1	18
	10	17	1	1	1	5	7	3	6	2	2	1	3	2	0	0	1	0	0	3	0	0	0	2
금구	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	1	6	5	23	1	2	7	3	1	1	3
	1	0	2	0	0	5	5	3	12	3	1	3	0	3	0	0	0	1	2	1	1	1	0	1
부안	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0.5	0	3	8.5	2	4.5	0.5	13	4	1	0	2	0.5
	0.5	0	2.5	0	4	2	3	5.5	7	4.5	3	3	5	2	0.5	0.5	0.5	0	4	8	0	0	1	1
진봉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	11	1	0	0	1	6.5	2.5	7	10.5	5	4.5	4.5	1	42
	62.5	25	16.5	1.5	0.5	4.5	4.5	8	8	5.5	4	2.5	0.5	2.5	3	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0

<Table 2-35> 모니터링기간 중 강우량 현황(5차 조사 : 9월 21일~9월 22일)

관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
익산	0	0	0	0.3	0.7	3.6	3	4.4	4.1	1.5	1.9	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김제	0	0	0	0	0	1	3	5	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금구	0	0	0	0	0	1	4	4	4	1	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부안	0	0	0	0	0.5	2	4.5	5.5	2	1	2.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진봉	0	0	0.5	0	2	3.5	5.5	3.5	3	2.5	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

<Table 2-36> 모니터링기간 중 강우량 현황(6차 조사 : 10월 5일~10월 6일)

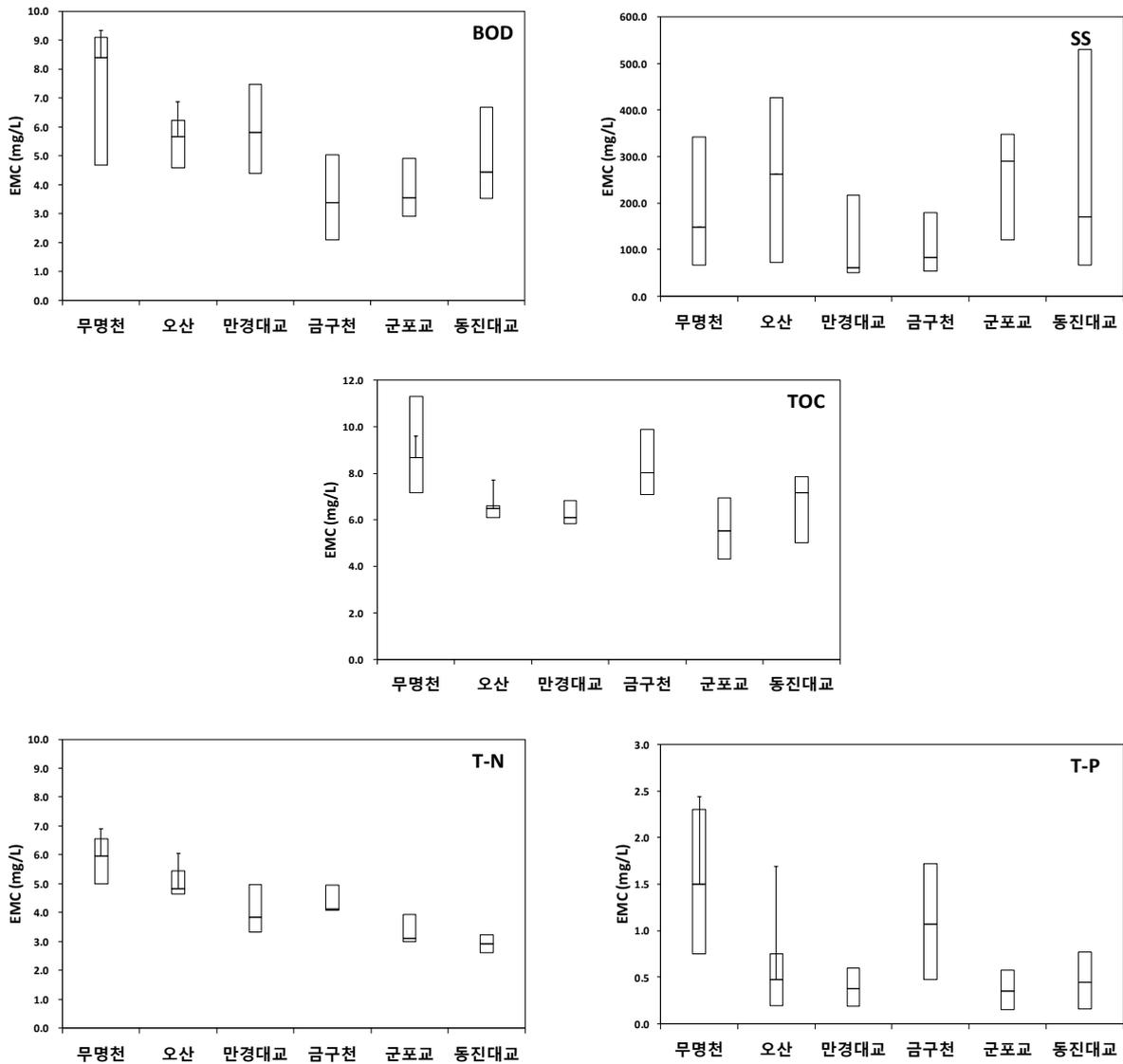
관측소명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
익산	0	0.1	1.3	2.2	1.6	3.2	0.7	1	1.1	1.2	1.5	1.4	1.9	1	1.3	3.9	3.5	1.2	4.2	2.6	2.2	2.2	1.4	9.8
	1.8	5.2	5.9	5.2	3.4	2.1	1.6	0.4	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
김제	1	0	1	4	2	1	1	1	2	1	3	1	1	3	6	4	1	2	5	2	1	1	7	2
	5	4	2	2	1	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
금구	2	1	3	4	2	1	0	1	1	3	2	1	2	3	7	10	3	2	3	3	1	3	5	1
	4	6	2	3	3	3	2	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
부안	0	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	1.5	3	1.5	1	1.5	2	1.5	5	6	16	5.5	2.5	4	6.5	2.5	2.5	11.5	5
	6.5	5	5.5	2	2	0.5	0.5	0	1	2.5	3	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
진봉	0	2	3.5	2.5	3	1	1	2.5	2	1	1	1.5	1	3	5	11.5	6	2	5	3.5	1.5	2.8	3.5	6
	5	5.5	2.5	1	0.5	0	0.5	3	2.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(3) 강우시 EMC 농도 및 부하량 산정

- 강우량과 수질항목별 EMC 간의 상관관계는 크지 않았으며, 강우량 증가에 따른 EMC의 증가도 뚜렷하지 않음
- 지점별 수질항목별 EMC 비교 결과, BOD 및 T-P 항목은 무명천 지점에서 높은 것으로 산정되었음

<Table 2-37> 새만금 유역의 강우시 EMC 분석결과

지점명	날짜	강우량 (mm)	유량 (m ³ /s)	EMC(mg/L)				
				BOD	SS	T-N	T-P	TOC
무명천	18.06.11~12	11.5	0.185	2.7	63.5	9.256	0.751	17.1
	18.06.26~27	121.5	5.409	9.1	1258.4	6.380	1.744	11.8
	18.08.23~24	25.1	0.141	7.8	76.5	4.817	0.767	9.8
	18.08.26~27	181.7	4.105	9.0	219.4	6.616	0.749	7.5
	18.09.21~22	20.3	0.027	3.6	63.5	4.502	0.829	7.0
	18.10.05~06	76.7	2.480	9.6	383.4	5.564	1.958	6.5
오산	18.06.11~12	5.5	18.495	5.4	55.0	7.236	0.288	6.5
	18.06.26~27	98.5	178.450	5.9	669.2	5.005	1.461	7.9
	18.08.23~24	29.0	27.328	6.3	57.6	5.592	0.278	6.5
	18.08.26~27	117.0	468.378	6.4	404.9	3.856	0.275	6.0
	18.09.21~22	18.0	44.516	3.3	118.5	4.642	0.194	4.6
	18.10.05~06	72.0	102.370	4.3	433.8	4.677	0.481	6.6
만경대교	18.06.11~12	6.0	38.403	4.4	50.9	4.975	0.278	6.8
	18.08.23~24	43.5	40.254	5.8	60.6	5.480	0.194	6.1
	18.08.26~27	226.5	651.408	10.2	306.5	3.133	0.215	5.9
	18.09.21~22	25.5	66.029	3.2	28.3	3.850	0.188	3.6
	18.10.05~06	93.8	132.611	7.5	216.9	3.330	0.399	7.5
금구천	18.06.11~12	30.0	0.202	5.6	210.2	11.443	0.885	14.8
	18.06.26~27	80.0	3.344	3.9	221.0	4.141	1.041	8.7
	18.08.23~24	77.0	1.230	5.4	88.7	4.063	0.601	10.3
	18.08.26~27	113.0	3.737	2.9	77.1	3.826	0.471	7.3
	18.09.21~22	20.0	0.117	1.6	19.9	5.232	0.610	5.7
	18.10.05~06	90.0	1.630	1.8	45.4	4.098	0.677	7.0
군포교	18.06.11~12	5.5	5.115	5.2	48.3	5.071	0.215	7.2
	18.06.26~27	98.5	85.889	4.0	615.4	4.189	1.078	8.5
	18.08.23~24	29.0	21.444	3.1	77.4	2.213	0.189	4.8
	18.08.26~27	117.0	139.085	6.3	254.0	3.205	0.248	6.2
	18.09.21~22	18.0	23.523	2.8	326.4	2.992	0.151	3.3
	18.10.05~06	72.0	112.840	2.7	356.3	3.012	0.372	4.1
동진대교	18.06.11~12	6.0	6.469	4.2	31.4	4.981	0.287	6.9
	18.06.26~27	100.5	102.039	2.6	254.1	3.295	0.551	7.5
	18.08.23~24	48.5	25.532	4.7	60.7	1.317	0.158	4.4
	18.08.26~27	106.0	159.511	10.0	1017.7	3.042	0.353	8.0
	18.09.21~22	21.0	29.721	7.3	88.2	2.830	0.397	3.4
	18.10.05~06	119.0	179.742	3.3	621.9	2.555	0.294	8.4

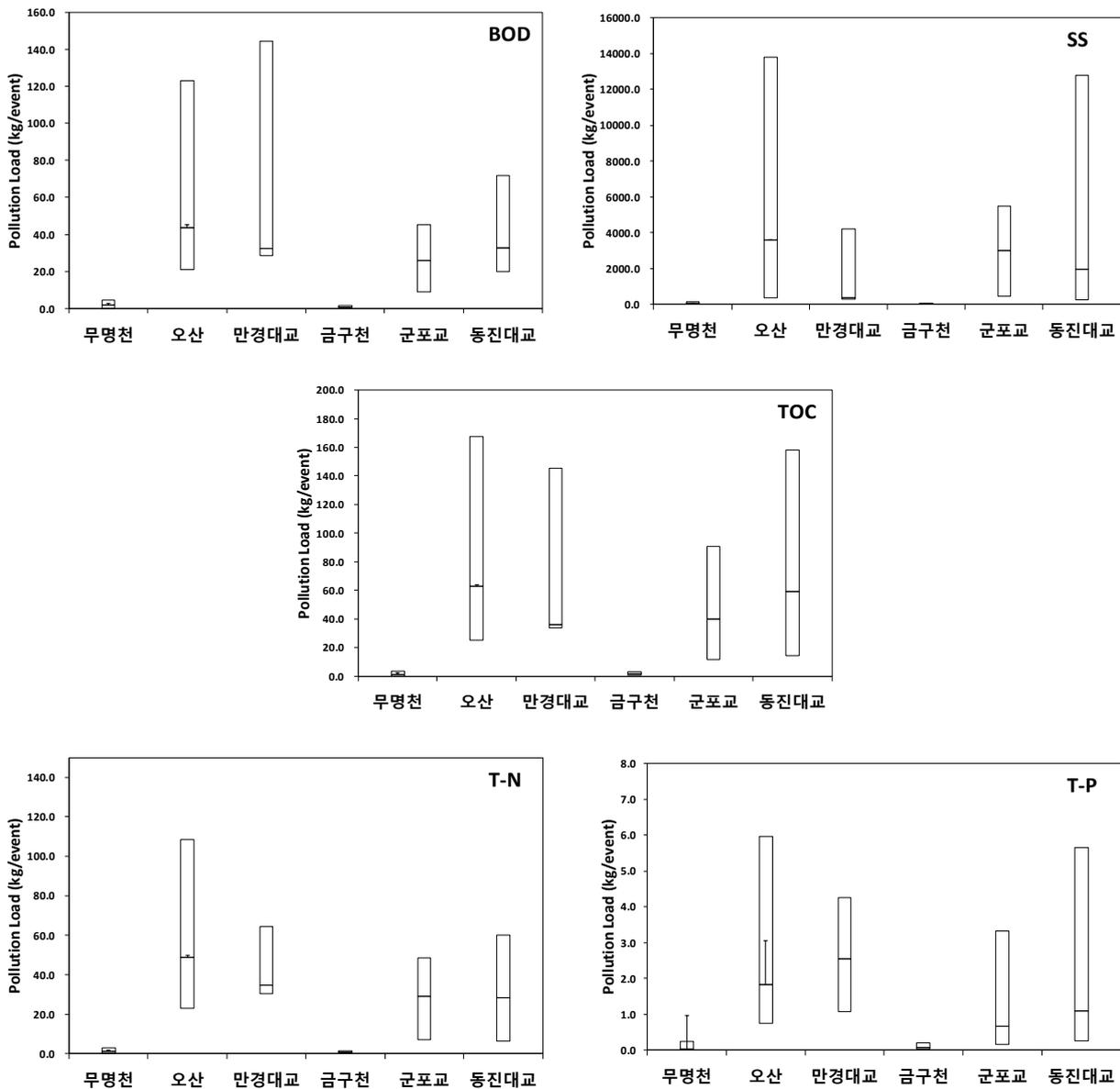


<Fig. 2-53> 새만금 유역의 모니터링 지점별 EMC 분포 현황(1차~6차)

- EMC를 산정한 방법과 동일하게 강우시 수질모니터링 자료와 구축된 유역모델에서 산출된 각 지점별 시단위 유량자료를 이용하여 강우이벤트별 오염부하량을 산정함
- 유역말단 지점인 만경대교에서의 BOD 부하량은 23.3~902.3 kg/event로 T-P 부하량은 1.075~18.901 kg/event로 나타났으며, 동진대교에서는 BOD 부하량은 3.777~211.4 kg/event로 T-P 부하량은 0.258~7.793 kg/event로 산정되었음
- 또한 1차에서 6차까지의 단위면적당 T-P의 오염부하를 산정한결과 무명천에서 0.0009 kg/ha로 가장 높았으며, 군포교 0.0005 kg/ha, 오산 0.0005 kg/ha, 금구천 0.0004 kg/ha, 동진대교 0.0003 kg/ha, 2차조사가 제외된 만경대교는 0.0002 kg/ha로 나타남
- 1차~6차 조사결과 BOD와 T-P의 오염부하량에 대하여 동진강 유역에 비교하여 만경강 유역이 대체적으로 높은 범위를 보이고 있음

<Table 2-38> 새만금 유역의 강우시 오염부하량

지점명	날짜	오염부하(kg/event)					단위면적당 오염부하(kg/ha)				
		BOD	SS	T-N	T-P	TOC	BOD	SS	T-N	T-P	TOC
무명천	18.06.11~12	0.1	1.6	0.236	0.019	0.4	0.0000	0.0006	0.0001	0.0000	0.0001
	18.06.26~27	7.1	980.4	4.971	1.358	9.2	0.0026	0.3618	0.0018	0.0005	0.0034
	18.08.23~24	0.1	1.5	0.094	0.015	0.2	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0001
	18.08.26~27	4.6	113.9	3.433	0.388	3.9	0.0017	0.0420	0.0013	0.0001	0.0014
	18.09.21~22	0.1	0.3	0.020	0.003	0.0	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	18.10.05~06	3.3	132.2	1.919	0.675	2.2	0.0012	0.0488	0.0007	0.0002	0.0008
	합계	15.3	1229.9	10.673	2.458	15.9	0.0056	0.4539	0.0039	0.0009	0.0059
오산	18.06.11~12	13.8	140.9	18.520	0.736	16.6	0.0001	0.0012	0.0002	0.0000	0.0001
	18.06.26~27	142.9	16,246.6	121.509	35.470	191.0	0.0012	0.1395	0.0010	0.0003	0.0016
	18.08.23~24	23.9	217.4	21.114	1.050	24.6	0.0002	0.0019	0.0002	0.0000	0.0002
	18.08.26~27	408.8	25,696.5	244.746	17.484	378.5	0.0035	0.2206	0.0021	0.0002	0.0032
	18.09.21~22	20.2	725.8	28.436	1.189	28.0	0.0002	0.0062	0.0002	0.0000	0.0002
	18.10.05~06	63.5	6,391.5	68.917	7.091	97.6	0.0005	0.0549	0.0006	0.0001	0.0008
	합계	673.1	49418.7	503.242	63.02	736.3	0.0058	0.4243	0.0043	0.0005	0.0063
만경대교	18.06.11~12	23.3	270.4	26.442	1.476	36.3	0.0002	0.0019	0.0002	0.0000	0.0003
	18.08.23~24	32.1	335.6	30.367	1.075	33.7	0.0002	0.0024	0.0002	0.0000	0.0002
	18.08.26~27	902.3	26,984.7	275.810	18.901	515.5	0.0065	0.1933	0.0020	0.0001	0.0037
	18.09.21~22	28.5	255.9	34.850	1.705	32.5	0.0002	0.0018	0.0002	0.0000	0.0002
	18.10.05~06	144.3	4,189.1	64.330	7.706	145.6	0.0010	0.0300	0.0005	0.0001	0.0010
	합계	1130.5	32035.7	431.799	30.863	763.6	0.0081	0.2294	0.0031	0.0002	0.0055
금구천	18.06.11~12	0.1	5.9	0.323	0.025	0.4	0.0000	0.0024	0.0001	0.0000	0.0002
	18.06.26~27	1.7	97.3	1.823	0.458	3.8	0.0007	0.0388	0.0007	0.0002	0.0015
	18.08.23~24	0.9	15.5	0.709	0.104	1.8	0.0004	0.0062	0.0003	0.0000	0.0007
	18.08.26~27	1.6	43.3	2.149	0.264	4.1	0.0006	0.0173	0.0009	0.0001	0.0016
	18.09.21~22	0.1	0.3	0.088	0.010	0.1	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	18.10.05~06	0.4	10.5	0.944	0.156	1.6	0.0002	0.0042	0.0004	0.0001	0.0006
	합계	4.8	172.8	6.036	1.017	11.8	0.0019	0.0690	0.0024	0.0004	0.0047
군포교	18.06.11~12	3.7	34.3	3.604	0.152	5.1	0.0001	0.0007	0.0001	0.0000	0.0001
	18.06.26~27	45.9	7,149.7	48.671	12.527	98.8	0.0009	0.1449	0.0010	0.0003	0.0020
	18.08.23~24	8.9	221.2	6.325	0.540	13.8	0.0002	0.0045	0.0001	0.0000	0.0003
	18.08.26~27	121.3	4,870.1	61.458	4.760	119.4	0.0025	0.0987	0.0012	0.0001	0.0024
	18.09.21~22	9.3	1,078.6	9.887	0.497	10.9	0.0002	0.0219	0.0002	0.0000	0.0002
	18.10.05~06	42.2	5,666.9	47.902	5.922	66.0	0.0009	0.1149	0.0010	0.0001	0.0013
	합계	231.3	19020.8	177.847	24.398	314	0.0047	0.3855	0.0036	0.0005	0.0064
동진대교	18.06.11~12	3.7	28.2	4.472	0.258	6.2	0.0000	0.0004	0.0001	0.0000	0.0001
	18.06.26~27	35.3	3,495.8	45.338	7.582	102.8	0.0005	0.0460	0.0006	0.0001	0.0014
	18.08.23~24	16.2	210.7	4.571	0.549	15.3	0.0002	0.0028	0.0001	0.0000	0.0002
	18.08.26~27	221.4	2,2482.2	67.199	7.793	176.4	0.0029	0.2958	0.0009	0.0001	0.0023
	18.09.21~22	30.2	363.4	11.667	1.637	14.0	0.0004	0.0048	0.0002	0.0000	0.0002
	18.10.05~06	84.1	15,875.8	65.230	7.499	214.1	0.0011	0.2089	0.0009	0.0001	0.0028
	합계	390.9	42456.1	198.477	25.318	528.8	0.0051	0.5585	0.0026	0.0003	0.0070

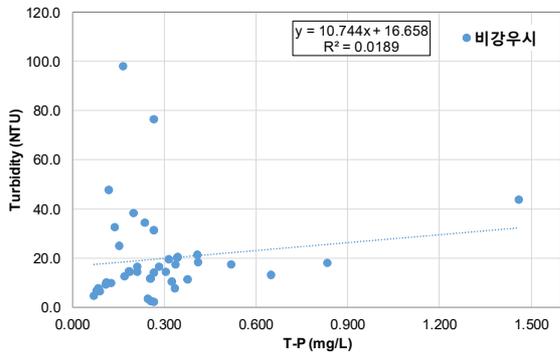


<Fig. 2-54> 새만금 유역의 모니터링 지점별 오염부하량 분포 현황(1차~6차)

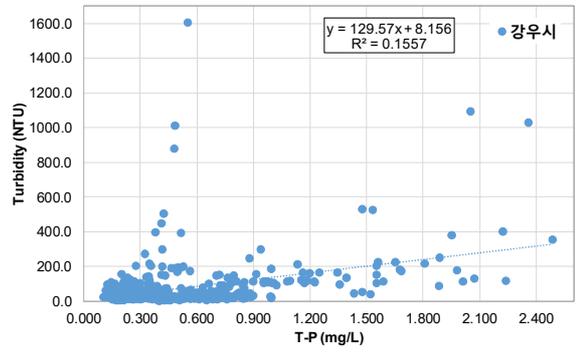
- 2018년 6~10월에 만경강 유역 3개소, 동진강 유역 3개소에 대한 강우시 모니터링 결과 유역 내 강우량은 만경강 유역에서 5.5~226.5 mm, 동진강 유역에서 5.5~119.0 mm로 나타나 당해 연도 샘플링 시기에는 지역에 따른 강수량의 편차가 있었음
- 강우시 모니터링 결과 강우 초기·중기·종료 후 수질의 변화폭은 크지 않았으며, 대부분 평이한 농도분포를 보이고 있는 것으로 나타남. 즉 전형적인 강우유출수의 수질농도 변화패턴과는 다른 양상을 나타내고 있으며, 각 조사 지점의 강우유출수 변화는 선행강우일수와 누적강우량에 의한 영향보다는 농업용 수리시설 등 새만금 유역 내 인위적인 요인의 영향이 반영된 모니터링 결과를 나타냄

(4) 새만금 유역의 지점별 T-P와 탁도의 상관관계 분석

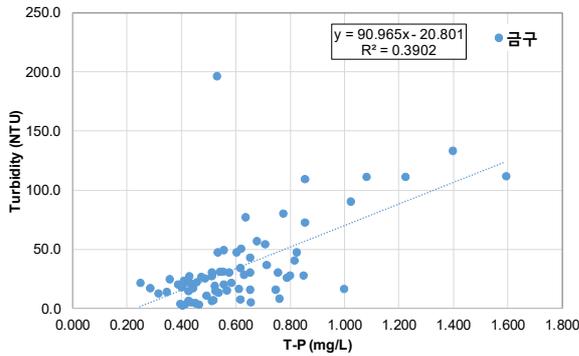
- 새만금 유역에서 측정된 T-P 항목과 탁도의 상관관계를 분석하기 위하여 비강우시 측정된 결과와 강우시 측정된 결과를 구분하여 분석하였으며, 6개 지점(금구천, 군포교, 동진대교, 무명천, 오산, 만경대교)별로 상관관계를 분석함
- 비강우시 지점별로 측정된 42개의 자료를 이용하여 상관관계를 분석한 결과 상관관계는 0.0189로 낮은 것으로 나타났으며, 시료별로 T-P와 탁도는 상대적으로 큰 편차를 보이는 것으로 나타남.
- 강우시 420개의 시료를 이용하여 상관관계를 분석한 결과 상관관계는 0.1557로 낮은 것으로 나타남. 대체적으로 탁도와 T-P 농도는 상대적인 농도에 비례하지 않고 분산되어 있으며, 농도가 낮은 T-P구간에서 높은 탁도값을 나타냈으며, 탁도가 낮은 구간에서도 높은 T-P 농도를 보여 상관관계가 낮게 분석됨.
- 지점별 상관관계값은 높은 순으로 오산 0.485, 군포교 0.4378, 금구천 0.3902, 무명천 0.3597, 동진대교 0.0801, 만경대교 0.053으로 나타났음.
- 지점별 상관관계를 분석한 결과 오산에서 상관관계가 0.485로 가장 높은 값을 보였으나 산출된 값도 상관관계상 높지 않은 값으로 보여지며, 가장 낮은 상관관계 값을 보인 만경대교 지점은 0.053으로 탁도와 T-P농도로 상관관계를 판단하기는 어려울 것으로 판단됨.
- 본 결과는 새만금유역으로 한정지은 상관관계 분석으로 T-P와 탁도를 이용하여 유역 평가 시 추가적인 모니터링 자료 누적으로 기초자료의 신뢰도를 높여 추후 가능여부를 판단해야 할 것으로 사료됨



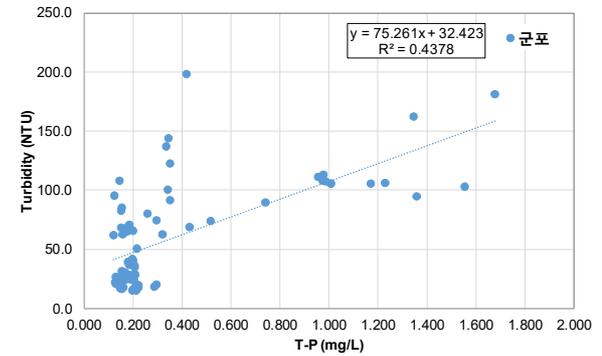
(a) 비강우시



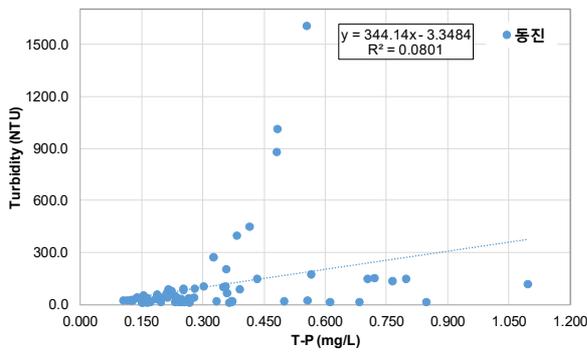
(b) 강우시



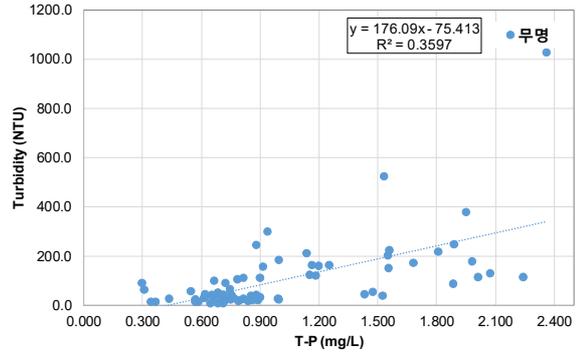
(c) 금구천



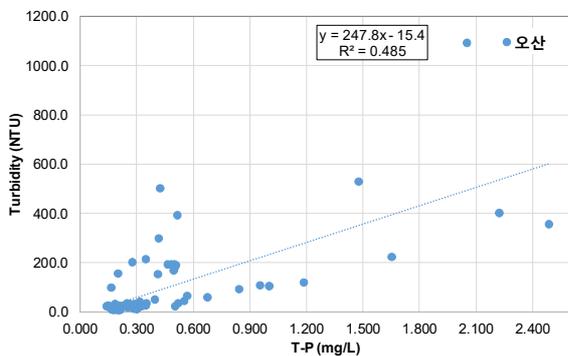
(d) 군포교



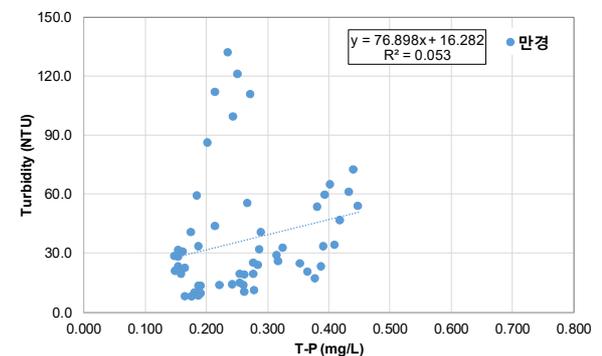
(e) 동진대교



(f) 무명천



(g) 오산



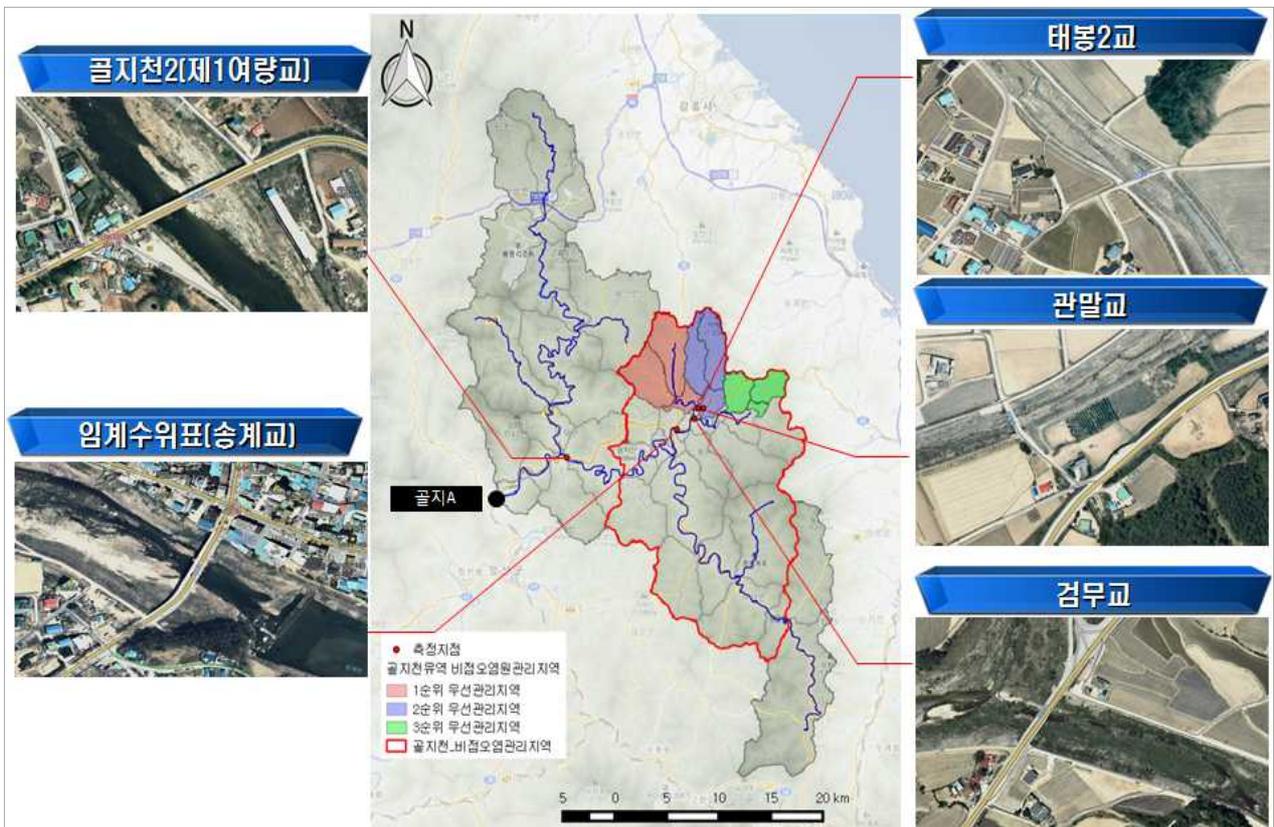
(h) 만경대교

<Fig. 2-55> 새만금 유역의 T-P와 탁도 상관관계 분석

2. 골지천 유역현장조사

가. 모니터링 지점 및 기기 설치

- 골지천 유역 비점오염원관리지역의 비점오염물질 유출특성을 분석하고, SS 농도의 목표달성도 및 관리효과 평가를 위하여 '골지천 유역 비점오염원관리대책(환경부, 2014a)'에서 설정된 1차 관리지점(임계수위표(송계교)) 및 2차 관리지점(골지천2(제1여량교))과 시행계획에서 계획한 우선관리지역인 송현천 말단의 태봉2교, 임계천의 관말교 및 검무교 등 총 5개의 모니터링 지점을 선정하여 유량과 수질농도를 분석함
- 환경부 수위관측소가 위치하고 있는 임계수위표와 골지천2 지점을 제외한 3개의 모니터링 지점에는 유량을 측정하기 위한 수위계를 설치하였으며, 5개 지점 모두 수질시료 채취를 위한 자동수질시료채취기를 설치하였음. 또한, 관리지역의 강우특성을 정확히 파악하기 위해 기상청 강우관측소가 없는 검무교 상류에 강우량계를 설치하여 운영함
- 임계수위표와 골지천2 지점은 한강홍수통제소에서 제공하고 있는 10분 단위 유량을 이용하여 강우유출수 특성을 분석함



<Fig. 2-56> 골지천 유역 모니터링 지점

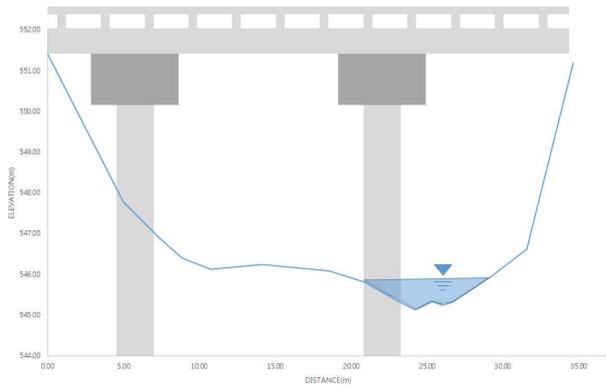
기본현황	지점명	태봉2교	위 치	강원 정선군 임계면 임계리 1384-1
	유역	송현천		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	관말교	위 치	강원 정선군 임계면 임계리 48-63
	유역	임계천		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	검무교	위 치	강원 정선군 임계면 임계리 726-2
	유역	임계천		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				

<Fig. 2-57> 골지천 유역 모니터링 지점 상세 현황(우선관리지역)

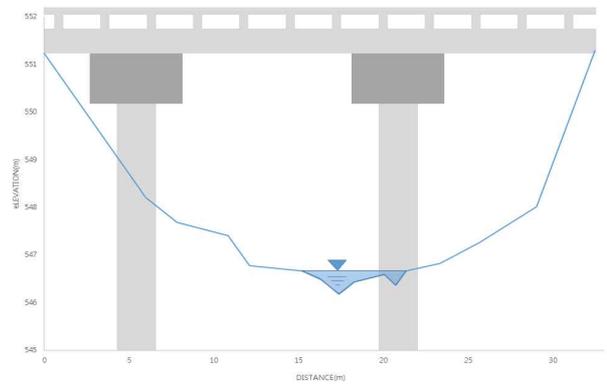
기본현황	지점명	송계교(임계수위표)	위 치	강원 정선군 임계면 봉산리 산 78-2
	유역	임계천		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				
기본현황	지점명	제1여량교(골지천2)	위 치	강원 정선군 여량면 여량리 130-1
	유역	임계천		
지점 현황	측정 지점		채수기 설치현황	
				

<Fig. 2-58> 골지천 유역 모니터링 지점 상세 현황(관리지점)

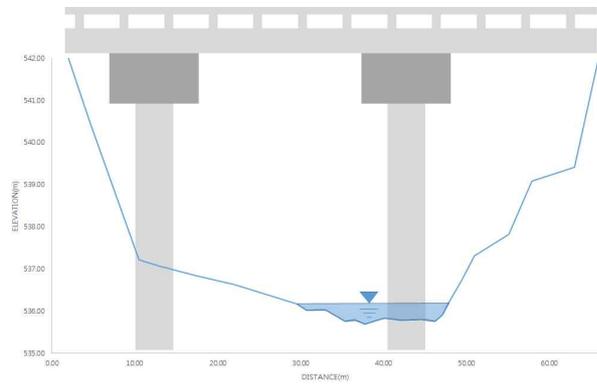
- 유량조사방법 : 수위계를 설치하여 수위를 측정하여, 수위-유량곡선 산정 후 수위계에 의한 유량 환산(환경부 한강홍수통제소 수위관측소가 운영 중인 송계교와 제1여량교는 해당자료 활용)
 - 유량 조사 지점에 기준수위표(목자판) 설치 및 GPS를 이용한 하천 횡단면 조사
 - 갈수기 도섭법을 이용한 유량측정, 홍수기 표면유속계를 이용한 유량측정 수행
 - 수위계를 설치한 태봉2교와 관말교, 검무교의 현장실측 유량측정 결과를 이용하여 지점별 수위-유량 곡선식을 도출하였으며, 10분 단위 수위를 측정하여 유량으로 환산함
 - 수위-유량 곡선식에서 Y는 유량(m^3/s), X는 수위(m)임



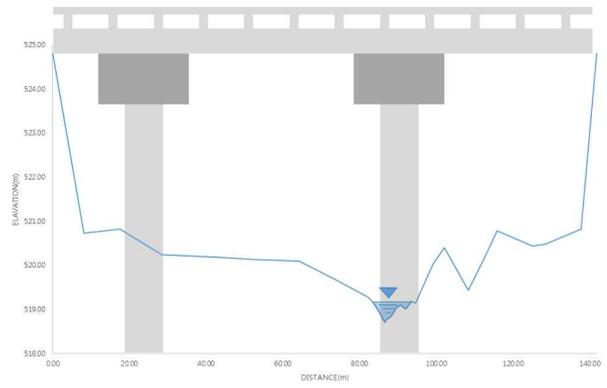
(a) 태봉2교



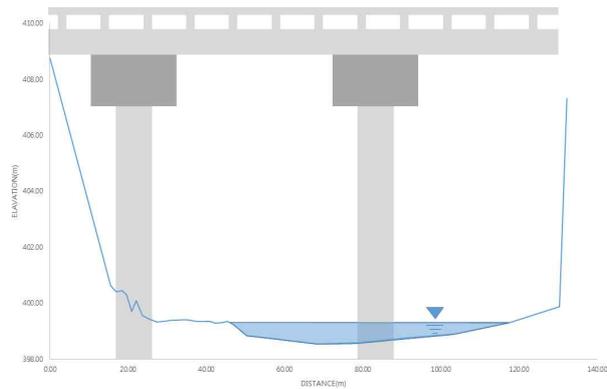
(b) 관말교



(c) 검무교

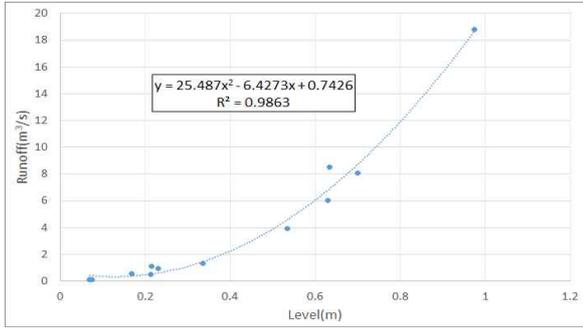


(d) 임계수위표(송계교)



(e) 골지천2(제1여량교)

<Fig. 2-59> 골지천 모니터링 지점별 단면측정 결과

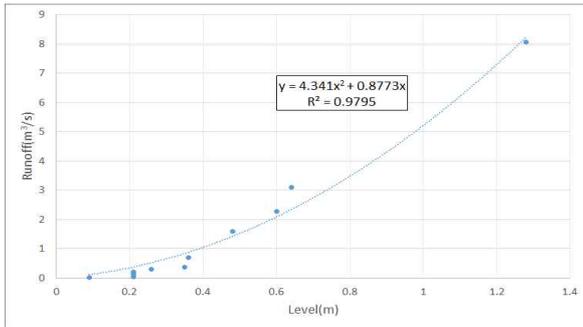


(a) 태봉2교

수위-유량 곡선식

$$Y = 25.487 X^2 - 6.4273 X + 0.7426$$

$$R^2 = 0.9836$$

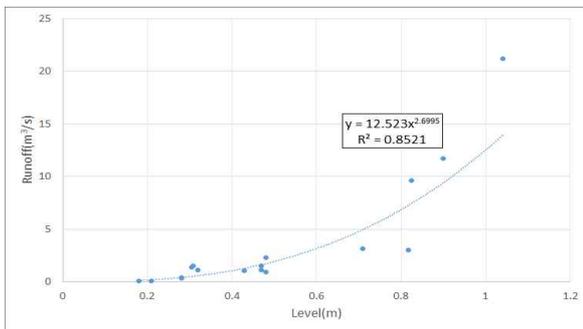


(b) 관말교

수위-유량 곡선식

$$Y = 4.341 X^2 + 0.8773 X$$

$$R^2 = 0.9795$$



(c) 검무교

수위-유량 곡선식

$$Y = 12.523 X^{2.6995}$$

$$R^2 = 0.8521$$

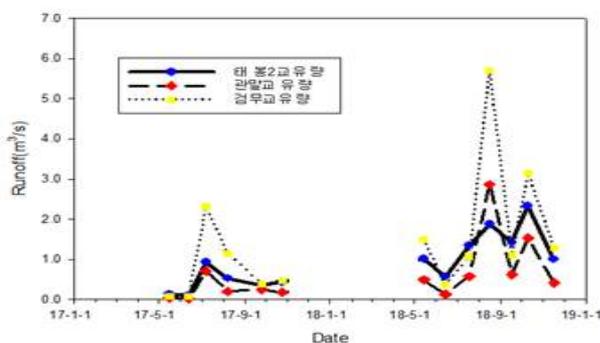
<Fig. 2-60> 골지천 모니터링 지점별 수위-유량곡선 산정결과

- 오염부하 및 EMC 산정은 WAPLE2 프로그램을 이용하여 유출량과 오염부하, EMC 등을 산정 (www.envsys.co.kr/~waple2). 프로그램은 날짜와 시간 그리고 유량, 각 수질항목별 수질농도의 값을 입력하면 각 이벤트별 유량과 오염부하, EMC 및 수문그래프가 생성됨

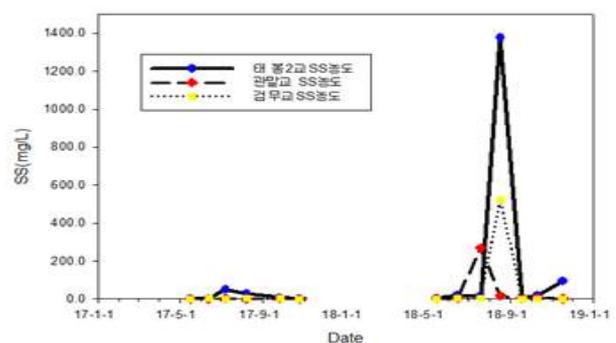
나. 조사결과

(1) 비강우시

- 2018년 5월부터 5개의 모니터링 지점에서 월 1회 유량측정과 수질시료를 채취하여 분석하였으며, 12월까지 총 8회 모니터링을 실시하였음.
- 5월과 7월 조사시 선행강우에 의한 영향과 8월 조사당일 발생한 42 mm(삼당령 지점)의 강우로 인해 유량과 SS 농도가 높은 것으로 나타남.
- 비강우시 조사 결과 5월 조사시 태봉2교와 관말교 그리고 검무교 중 검무교의 유량이 1.506 m³/s로 가장 큰 것으로 나타났으나, SS 항목은 태봉2교가 SS 항목이 4.6 mg/L로 가장 높았으며, 검무교가 1.0 mg/L로 가장 낮은 것으로 나타남. 6월 조사시에는 모든 지점이 유량이 점차 감소하였으며, 7월 조사 시 다시 증가하는 것으로 나타남. 특히 강우가 발생한 8월 조사시에는 검무교 5.700 m³/s와 검무교 5.700 m³/s, 관말교 2.860 m³/s으로 크게 증가한 것으로 나타남.
- 7월 조사시 관말교 지점의 유량이 0.573 m³/s으로 크지 않았으나, SS 항목이 269.5 mg/L로 매우 높게 나타났으며, 이는 상류 농경지에서 배출된 흙탕물의 영향으로 판단됨. 또한 유량이 크게 증가한 8월 조사시에는 태봉2교 SS 항목 농도가 1,378.0 mg/L로 매우 높게 나타났으며, 검무교 526.0 mg/L, 관말교 18.3 mg/L로 나타남.
- 상류 모니터링 지점에서 모두 합류하여 유하하여 통과하는 송계교의 경우 5월에는 SS 농도가 5.4 mg/L로 증가하는 것으로 나타났으며, 8월에는 1,353.0 mg/L로 크게 증가한 것으로 나타남. 이는 우선관리지역 3개 지역 외 유역에서 발생한 흙탕물과 상류 보의 낙차에 의해 재 부유되는 부유물질의 영향으로 보여짐. 6월 조사시 태봉2교가 21.8 mg/L, 7월 조사시 관말교가 269.5 mg/L로 높았으나 송계교 지점에서 5.8 mg/L와 4.0 mg/L로 감소하는 것으로 나타났으며, 27.5 km 유하 거리에 위치하고 있는 제1여량교 지점에서 5.8 mg/L와 2.4 mg/L로 감소하는 것으로 나타남



(a) 상류 지점의 비강우시 유량



(a) 상류 지점의 비강우시 SS 농도

<Fig. 2-61> 비강우시 상류 지점의 유량과 SS 농도 변화(2017~2018)

<Table 2-39> 골지천 유역의 지점별 비강우시 모니터링 결과

차수	날짜	지점명	유량 (m ³ /s)	수질농도(mg/L)							
				BOD	SS	T-P	PO ₄ -P	T-N	NH ₃ -N	NO ₃ -N	TOC
1차	2018-05-14 10:10	태봉2교	1.021	0.5	4.6	0.072	0.048	9.336	0.041	2.755	1.7
	2018-05-14 10:30	관말교	0.493	0.2	3.8	0.024	0.011	7.800	0.053	2.909	1.0
	2018-05-14 10:50	검무교	1.506	0.4	1.0	0.010	0.004	6.528	0.041	1.852	1.0
	2018-05-14 14:30	송계교	2.569	0.6	5.4	0.024	0.004	9.096	0.063	2.814	1.3
	2018-05-14 15:20	제1여량교	12.04	0.9	5.2	0.019	0.004	9.120	0.055	2.541	1.6
2차	2018-06-14 12:30	태봉2교	0.570	0.6	21.8	0.134	0.073	7.872	0.048	3.179	2.0
	2018-06-14 12:15	관말교	0.131	0.8	3.2	0.072	0.035	5.040	0.068	2.726	1.6
	2018-06-14 13:05	검무교	0.365	0.5	2.6	0.029	0.007	3.120	0.046	1.425	1.7
	2018-06-14 14:10	송계교	0.760	0.8	5.8	0.072	0.029	4.800	0.045	3.213	1.8
	2018-06-14 14:40	제1여량교	1.150	1.6	5.8	0.034	0.006	3.888	0.042	2.630	2.0
3차	2018-07-18 11:40	태봉2교	1.345	1.3	16.6	0.119	0.073	9.775	0.037	4.901	2.2
	2018-07-18 12:20	관말교	0.573	3.4	269.5	0.246	0.091	9.638	0.053	4.023	5.1
	2018-07-18 13:00	검무교	1.075	1.6	3.0	0.070	0.054	9.775	0.041	3.041	2.3
	2018-07-18 14:10	송계교	1.950	1.6	4.0	0.098	0.067	9.910	0.046	3.684	2.0
	2018-07-18 14:50	제1여량교	7.310	2.1	2.4	0.061	0.054	9.910	0.048	3.188	1.8
4차	2018-08-16 12:45	태봉2교	1.872	5.9	1,378.0	1.457	0.263	11.923	0.074	1.836	15.8
	2018-08-16 12:30	관말교	2.860	1.2	18.3	0.061	0.016	5.054	0.071	1.716	2.1
	2018-08-16 12:55	검무교	5.700	4.6	526.0	0.716	0.210	7.776	0.072	1.088	9.8
	2018-08-16 13:15	송계교	14.510	7.4	1,353.0	1.311	0.261	11.563	0.089	1.502	14.5
	2018-08-16 13:45	제1여량교	3.810	1.1	18.7	0.175	0.012	4.380	0.061	1.623	2.0
5차	2018-09-17 11:00	태봉2교	1.429	0.2	5.0	0.046	0.044	16.008	5.000	0.080	2.2
	2018-09-17 11:20	관말교	0.625	0.3	5.0	0.050	0.029	12.216	2.903	0.080	1.7
	2018-09-17 11:30	검무교	1.115	0.2	0.6	0.031	0.012	5.779	1.974	0.080	2.1
	2018-09-17 11:50	송계교	2.822	0.2	1.6	0.032	0.030	6.494	3.097	0.085	1.9
	2018-09-17 13:10	제1여량교	7.321	0.5	2.0	0.033	0.018	15.019	2.592	0.101	1.6
6차	2018-10-10 11:30	태봉2교	2.329	0.4	19.3	0.147	0.096	9.451	0.016	4.449	2.3
	2018-10-10 11:50	관말교	1.529	0.4	7.7	0.052	0.024	4.728	0.013	2.577	2.0
	2018-10-10 12:10	검무교	3.143	0.4	1.3	0.034	0.008	8.198	0.016	2.358	1.7
	2018-10-10 12:20	송계교	6.500	0.3	4.0	0.030	0.022	8.597	0.014	2.836	1.8
	2018-10-10 13:50	제1여량교	24.91	0.5	1.0	0.024	0.017	7.632	0.018	2.577	1.5
7차	2018-11-16 13:10	태봉2교	1.002	1.1	93.5	0.590	0.057	15.509	0.087	3.768	17.6
	2018-11-16 12:00	관말교	0.416	0.3	1.3	0.024	0.017	5.232	0.064	2.365	2.1
	2018-11-16 13:40	검무교	0.946	0.3	1.7	0.012	0.003	6.931	0.047	1.578	4.2
	2018-11-16 14:50	송계교	2.909	0.2	2.7	0.019	0.016	4.488	0.059	2.954	2.1
	2018-11-16 15:40	제1여량교	6.717	0.3	1.0	0.016	0.009	5.347	0.083	2.370	4.8
8차	2018-12-04 12:20	태봉2교	1.161	2.9	987.5	1.168	0.101	20.400	0.070	2.645	18.2
	2018-12-04 12:00	관말교	0.518	1.5	92.3	0.230	0.079	10.574	0.110	1.967	1.5
	2018-12-04 12:40	검무교	1.020	0.4	3.0	0.027	0.021	12.288	0.074	1.918	4.3
	2018-12-04 13:10	송계교	3.334	1.8	345.0	0.318	0.079	13.328	0.085	2.762	7.4
	2018-12-04 14:50	제1여량교	3.997	0.9	13.0	0.070	0.028	9.797	0.069	2.664	1.3

(2) 강우시

- 2018년 5월부터 11월말까지 총 6회의 강우이벤트를 조사하였으며, 6회 차까지 지점별 총 349개의 수질시료를 채수하였으며, 10분 단위의 유량결과를 이용하여 강우시 EMC와 오염부하, 단위면적당 오염부하를 산정함
- 조사 지점 중 임계수위표(송계교)와 골지천2(제1여량교)의 경우 환경부 한강홍수통제소의 수위 및 유량자료를 이용하여 분석하였으며, 태봉2교와 관말교, 검무교 3개 지점은 지점별 설치한 수위계를 이용한 유량자료를 산정하여 활용함.
- 조사 지점별 강우량 자료는 지역별 편차가 크기 때문에 검무교 상류에 강우량계를 설치하여 측정된 자료를 활용하고자 하였으나, 현장에 설치한 강우량계의 데이터를 확인한 결과 수치가 매우 낮게 나타났으며, 9월부터 점검 후 측정된 결과만 활용하여 비교함.
- 1차 강우유출수 조사는 6월 26일부터 6월 27일까지 발생한 강우로써 51.0 mm(삼당량 48.0 mm)의 강우가 16시간 동안 3.2 mm/hr의 강우강도로 발생하였음. 최대강우강도는 10.0 mm/hr이었으며 선행무강우일수는 15 day로 나타남.
- 2차 강우유출수 조사는 7월 1일부터 7월 2일까지 발생한 116.0 mm(삼당량 105.5 mm)의 강우의 강우가 38시간 동안 지속되었으며 3.1 mm/hr(최대강우강도 35.0 mm/hr)의 강우강도로 발생함. 선행무강우일수는 약 2.3일로 나타남.
- 3차 강우유출수 조사는 7월 4일부터 7월 5일까지 발생한 강우로써 81.5 mm(삼당량 64.0 mm)의 강우가 7시간 동안 11.6 mm/hr의 강우강도로 발생하였음. 최대강우강도는 26.5 mm/hr이었으며 선행무강우일수는 2.0 day로 나타남.
- 4차 강우유출수 조사는 7월 9일부터 7월 11일까지 발생한 강우로써 48시간 동안 총 25.0 mm의 강우가 발생하였으며, 1~3차 조사에 비해 0.5 mm/hr의 강우강도로 매우 낮은 강우강도로 나타남. 선행무강우일수는 2.0 day로 나타남.
- 5차 강우유출수 조사는 8월 23일부터 24일까지 22시간 동안 총 54.0 mm(임계지점)의 강우가 발생하였으며, 삼당령 지점의 경우 94.5 mm의 강우가 발생함. 임계 지점의 강우강도는 2.5 mm/hr(최대강우강도 8.5 mm/hr) 였으나, 삼당령 지점은 4.3 mm/hr(최대강우강도 22.5 mm/hr)로 지역별 편차가 심한 것으로 나타남. 선행무강우일수는 7.2 day로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 8월 28일부터 29일까지 11시간 동안 총 32.0 mm의 강우가 발생하였으며, 선행무강우일수는 0.7, 최대강우강도는 6.5 mm/hr로 나타남.
- 1~6차 강우유출수 조사결과 송계교 상류에 위치하고 있는 우선관리지역(태봉2교와 관말교, 검무교)의 유출률은 0.025~1.017(평균 0.330)로 나타났으며, 1차 강우유출수 조사에서 모두 유출률이 매우 낮게 나타남. 송계교 지점의 유출률은 평균 0.364로 나타났으며, 제1여량교 지점은 0.492로

송계교보다 다소 높은 것으로 나타남.

<Table 2-40> 강우시 조사결과 - 태봉2교

강우유출수 조사표							
조사지점		강원도 정선군 임계면 임계리 1384-1 옆(태봉2교)					
조사기관		(주)수질환경분석센터					
유역면적(ha)		3,923					
조사일시		2018. 06. 26. ~ 06. 27.	2018. 07. 01. ~ 07. 02.	2018. 07. 04. ~ 07. 05.	2018. 07. 09. ~ 07. 11.	2018. 08. 23. ~ 08. 24.	2018. 08. 28. ~ 08. 29.
강우특성	선행 무강우일수(day)	15.0	2.2	0.8	2.0	7.2	0.7
	강우지속시간(T, hr)	15.0	40.0	52.0	50.0	22.0	13.0
	총강우량(P, mm)	48.0	105.5	64.0	27.0	94.5	25.0
	최대강우강도(mm/hr)	8.5	23.0	10.5	4.0	22.5	7.0
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	3.2	2.6	1.2	0.5	4.3	1.9
유출특성	유출량(Q, m ³)	128,990	591,024	274,644	288,085	1,057,293	997,042
	유출고(H, m)	3.3	15.1	7.0	7.3	26.9	25.4
	유출률(Rx)	0.068	0.143	0.109	0.272	0.285	1.017

<Table 2-41> 강우시 조사결과 - 관말교

강우유출수 조사표							
조사지점		강원도 정선군 임계면 임계리 1412 옆(관말교)					
조사기관		(주)수질환경분석센터					
유역면적(ha)		2,873					
조사일시		2018. 06. 26. ~ 06. 27.	2018. 07. 01. ~ 07. 02.	2018. 07. 04. ~ 07. 05.	2018. 07. 09. ~ 07. 11.	2018. 08. 23. ~ 08. 24.	2018. 08. 28. ~ 08. 29.
강우특성	선행 무강우일수(day)	15.0	2.3	2.0	2.0	7.2	0.7
	강우지속시간(T, hr)	16.0	38.0	7.0	48.0	22.0	11.0
	총강우량(P, mm)	51.0	116.0	81.5	25.0	54.0	32.0
	최대강우강도(mm/hr)	10.0	35.0	26.5	5.0	8.5	6.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	3.2	3.1	11.6	0.5	2.5	2.9
유출특성	유출량(Q, m ³)	37,251	565,603	483,195	334,271	393,602	232,538
	유출고(H, m)	1.3	19.7	16.8	11.6	13.7	8.1
	유출률(Rx)	0.025	0.170	0.206	0.465	0.254	0.253

<Table 2-42> 강우시 조사결과 - 검무교

강우유출수 조사표							
조사지점		강원도 정선군 임계면 임계리 727-1 옆(검무교)					
조사기관		(주)수질환경분석센터					
유역면적(ha)		7,042					
조사일시		2018. 06. 26. ~ 06. 27.	2018. 07. 01. ~ 07. 02.	2018. 07. 04. ~ 07. 05.	2018. 07. 09. ~ 07. 11.	2018. 08. 23. ~ 08. 24.	2018. 08. 28. ~ 08. 29.
강우특성	선행 무강우일수(day)	15.0	2.3	2.0	2.0	7.2	0.7
	강우지속시간(T, hr)	16.0	38.0	7.0	48.0	22.0	11.0
	총강우량(P, mm)	51.0	116.0	81.5	25.0	54.0	32.0
	최대강우강도(mm/hr)	10.0	35.0	26.5	5.0	8.5	6.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	3.2	3.1	11.6	0.5	2.5	2.9
유출특성	유출량(Q, m ³)	145,333	2,364,430	3,023,532	1,159,244	2,264,018	1,265,316
	유출고(H, m)	2.1	33.6	42.9	16.5	32.1	18.0
	유출률(Rx)	0.040	0.289	0.527	0.658	0.595	0.561

<Table 2-43> 강우시 조사결과 - 임계수위표(송계교)

강우유출수 조사표							
조사지점		강원도 정선군 임계면 봉산리 산78-6 옆(송계교)					
조사기관		(주)수질환경분석센터					
유역면적(ha)		15,993					
조사일시		2018. 06. 26. ~ 06. 27.	2018. 07. 01. ~ 07. 02.	2018. 07. 04. ~ 07. 05.	2018. 07. 09. ~ 07. 11.	2018. 08. 23. ~ 08. 24.	2018. 08. 28. ~ 08. 29.
강우특성	선행 무강우일수(day)	15.0	2.3	2.0	2.0	7.2	0.7
	강우지속시간(T, hr)	16.0	38.0	7.0	48.0	22.0	11.0
	총강우량(P, mm)	51.0	116.0	81.5	25.0	54.0	32.0
	최대강우강도(mm/hr)	10.0	35.0	26.5	5.0	8.5	6.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	3.2	3.1	11.6	0.5	2.5	2.9
유출특성	유출량(Q, m ³)	298,803	4,415,061	4,740,375	2,428,053	3,616,713	2,643,855
	유출고(H, m)	1.9	27.6	29.6	15.2	22.6	16.5
	유출률(Rx)	0.037	0.238	0.364	0.607	0.419	0.517

<Table 2-44> 강우시 조사결과 - 골지천2(제1여량교)

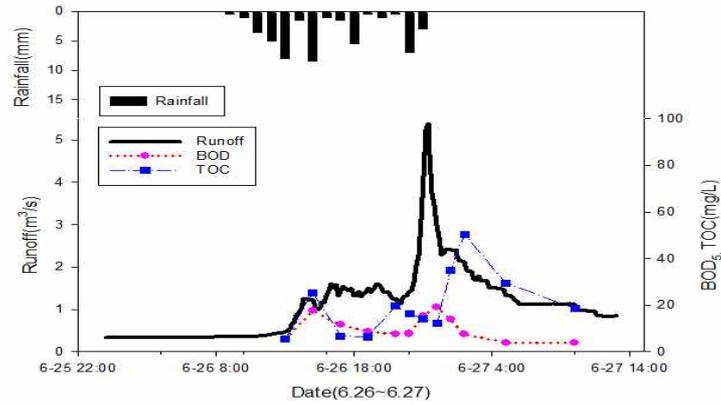
강우유출수 조사표							
조사지점		강원도 정선군 여량면 여량리 130-1 옆(제1여량교)					
조사기관		(주)수질환경분석센터					
유역면적(ha)		53,908					
조사일시		2018. 06. 26. ~ 06. 27.	2018. 07. 01. ~ 07. 04.	2018. 07. 04. ~ 07. 06.	2018. 07. 09. ~ 07. 11.	2018. 08. 23. ~ 08. 25.	2018. 08. 28. ~ 08. 29.
강우특성	선행 무강우일수(day)	15.0	2.3	0.1	2.0	7.2	0.7
	강우지속시간(T, hr)	16.0	70.0	49.0	48.0	22.0	11.0
	총강우량(P, mm)	51.0	121.5	83.5	25.0	54.0	32.0
	최대강우강도(mm/hr)	10.0	35.0	26.5	5.0	8.5	6.5
	평균강우강도(P/T, mm/hr)	3.2	1.7	1.7	0.5	2.5	2.9
유출특성	유출량(Q, m ³)	387,906	31,420,221	36,674,088	7,560,738	10,595,367	9,596,898
	유출고(H, m)	0.7	58.3	68.0	14.0	19.7	17.8
	유출률(Rx)	0.014	0.480	0.815	0.561	0.364	0.556

(가) 태봉2교 지점

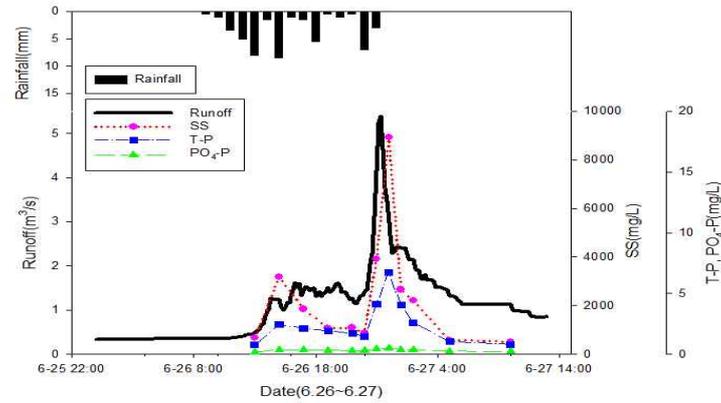
- 태봉2교 지점의 강우유출수 1차 조사결과 48 mm의 강우에 의해 128,990 m³의 유량이 발생하였으며, 유출률은 약 0.068로 나타남. SS 수질항목을 포함한 모든 수질 항목이 유량의 변화에 따라 유사한 패턴으로 변화하는 것으로 나타났으며, 최대강우강도 8.5 mm/hr가 발생한 후 약 8시간 후에 최대 유량이 나타났으며, 이때 채수한 시료에서 SS 수질항목이 8,942.9 mg/L로 가장 큰 것으로 나타남.
- 2차 강우유출수 조사는 1차 조사 후 약 3일 후에 조사되었으며, 1차 조사보다 많은 양의 강우(105.5 mm)와 높은 최대강우강도(23.0 mm/hr)가 발생한 것으로 나타남. 그러나, SS 수질항목을 분석한 결과 1차 조사보다 상대적으로 낮은 5,594.0 mg/L의 침투농도로 나타났으며, 이는 1차 강우 조사의 경우 농경지 경운 등에 영농활동과 수질자동채수기를 이용하여 2시간 간격으로 채수하는 과정에서 나타난 오차로 보여짐. 최대강우강도가 발생한 이후 약 1시간 이내에 침투유량이 나타났으며, 유량의 변화가 급격하게 증가하였다가 감소한 것으로 나타남.
- 3차 강우유출수 조사는 2차 조사 후 2일, 선행무강우일수 0.8일로 짧은 시간 내 강우가 다시 발생하였으며, 약 52시간 동안 64.0 mm의 강우가 발생하였으나, 최대강우강도가 10.5 mm/hr로 높은 것으로 나타남. 침투유량이 발생한 시점의 SS 농도는 11,114.0 mg/L까지 증가하였으며 유량의 급격한 변화에 따라 수질항목도 유사하게 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남.
- 4차 강우유출수 조사는 1~3차 조사에 비해 상대적으로 적은 27.0 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도도 4.0 mm/hr(평균강우강도 0.5 mm/hr)로 낮은 것으로 나타남. 이로 인해 SS 침투농도도 1,245.0 mg/L로 낮게 나타났으며, 1~3차 조사와 동일하게 유량의 변화에 따라 SS 항목의 수질농도도 급격하게 증가하였다가 점차 감소하는 것으로 나타남.
- 5차 강우유출수 조사는 삼당령 지점 기준 94.5 mm의 강우가 발생하였으며, 임계지점의 54.0 mm와 약 40.5 mm의 지역 편차가 있는 것으로 나타남. 최대강우강도도 22.5 mm/hr(평균강우강도 4.3 mm/hr)로 나타남. SS 침투농도는 1,510.0 mg/L로 강우량이 많았음에도 불구하고 1~3차 조사에 비해 다소 낮은 것으로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 25.0 mm의 적은 강우가 발생하였으나, 조사전 선행강우가 5일 동안 약 130 mm가 발생한 이후에 조사된 결과로써 유출률이 1.017로 높게 나타남. 최대강우강도는 7.0 mm/hr(평균강우강도 1.9 mm/hr)로 나타났으며, SS 침투농도는 699.0 mg/L로 다소 낮은 것으로 나타남.
- 태봉2교 지점의 1~6차 강우유출수 조사결과 삼당령 지점의 강우패턴에 따라 유출량도 유사하게 변화하는 것으로 나타났으며, 다른 모니터링 지점에 비해 상대적으로 높은 수질농도의 경향으로 나타남. 이는 1차년도(2017년)과 유사한 결과로 상류 농경지에서 배출되는 흙탕물의 영향과 하천 내 퇴적되어 있는 모래질 토사, 배수로 공사, 태양열 부지공사로 인한 나지상태의 방치 등의 원인인 것으로 보여짐.



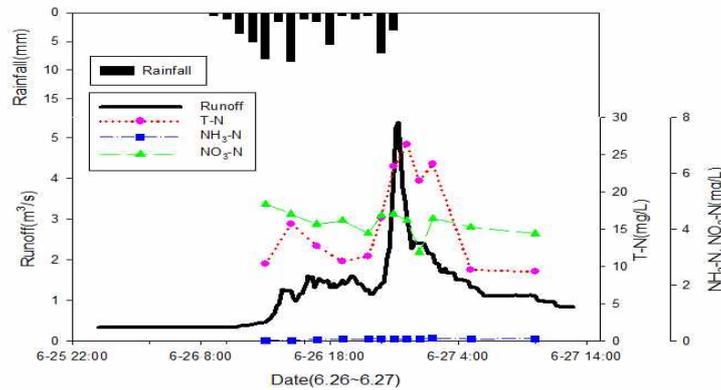
<Fig. 2-62> 태봉2교 상류유역의 오염물질 현장조사



(a) BOD, TOC

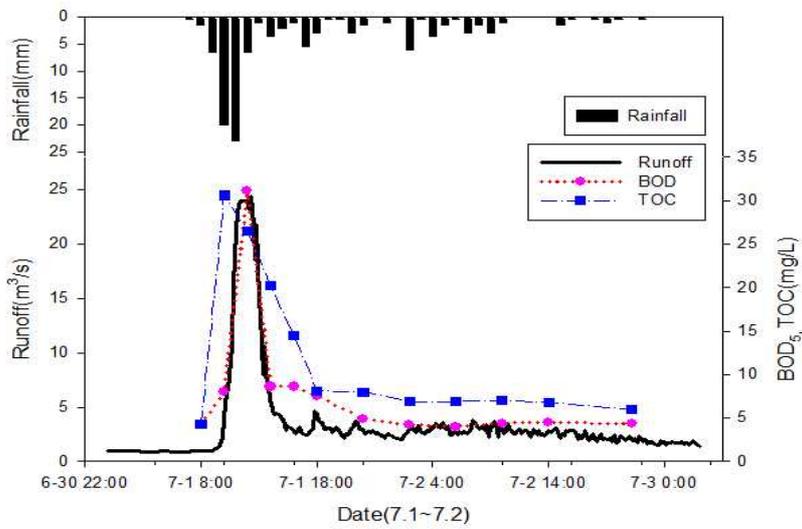


(b) SS, T-P, PO₄-P

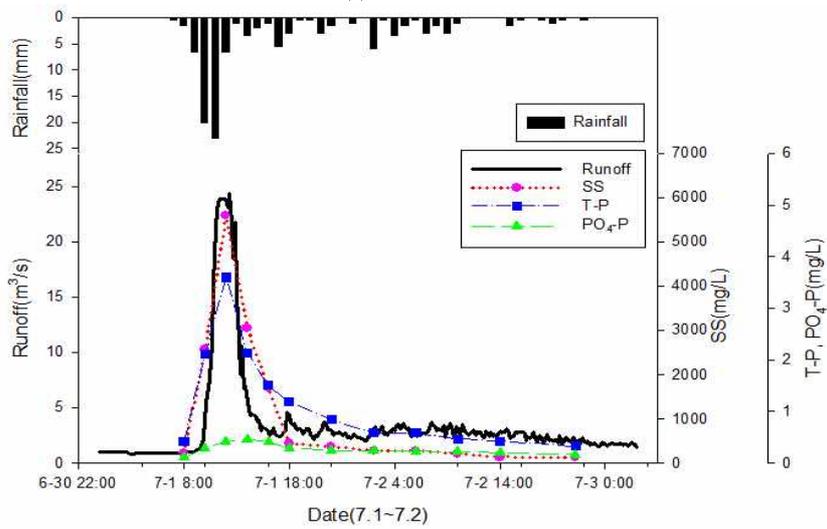


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

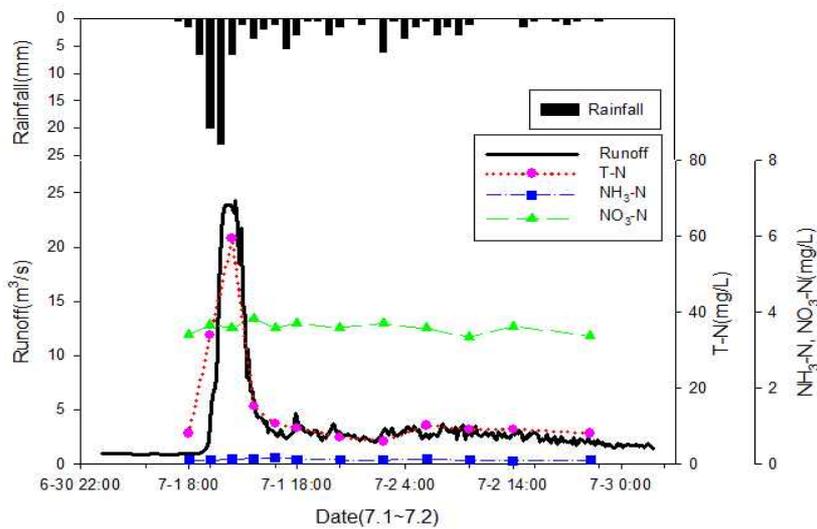
<Fig. 2-63> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 1차



(a) BOD, TOC

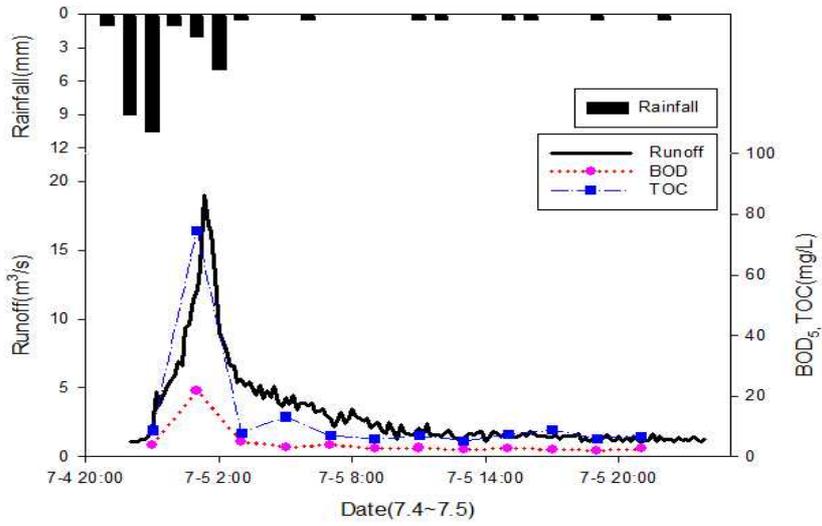


(b) SS, T-P, PO₄-P

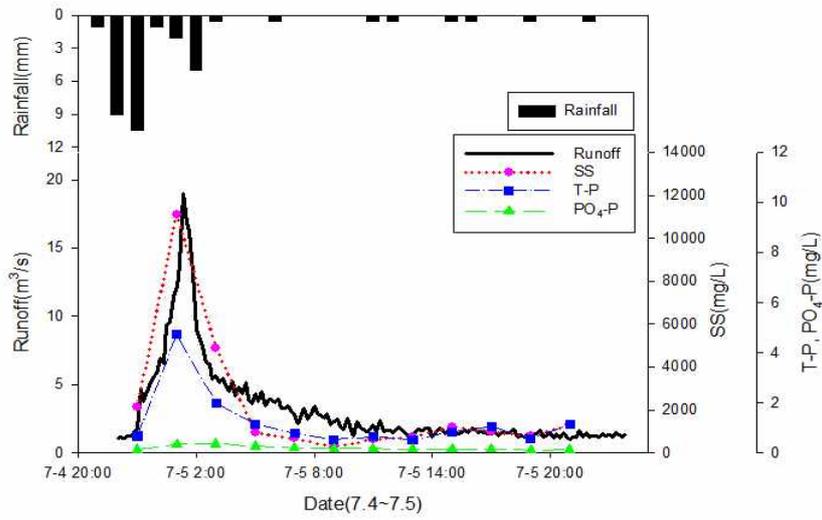


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

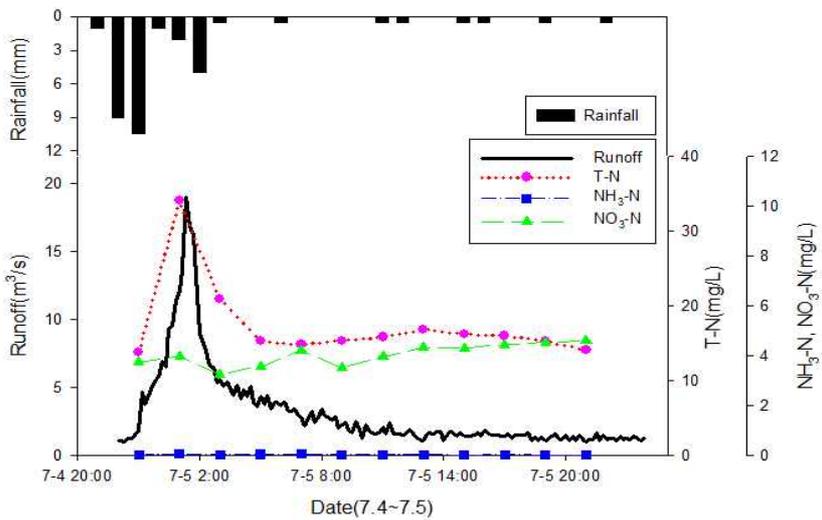
<Fig. 2-64> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 2차



(a) BOD, TOC

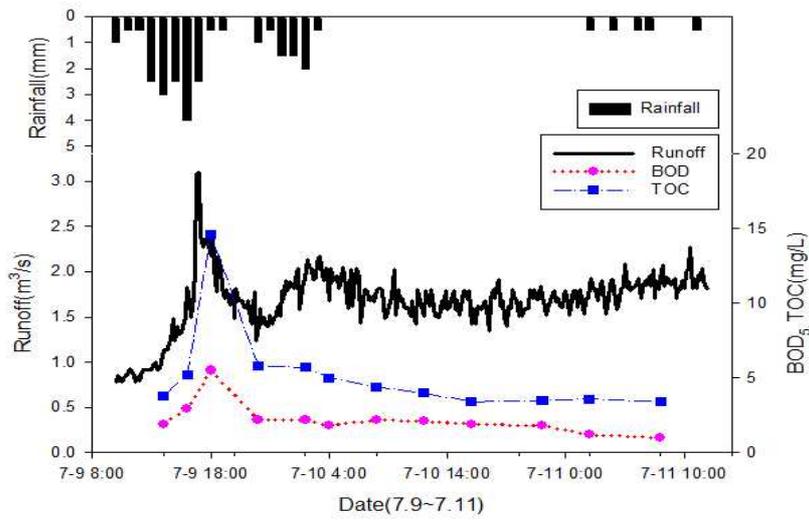


(b) SS, T-P, PO₄-P

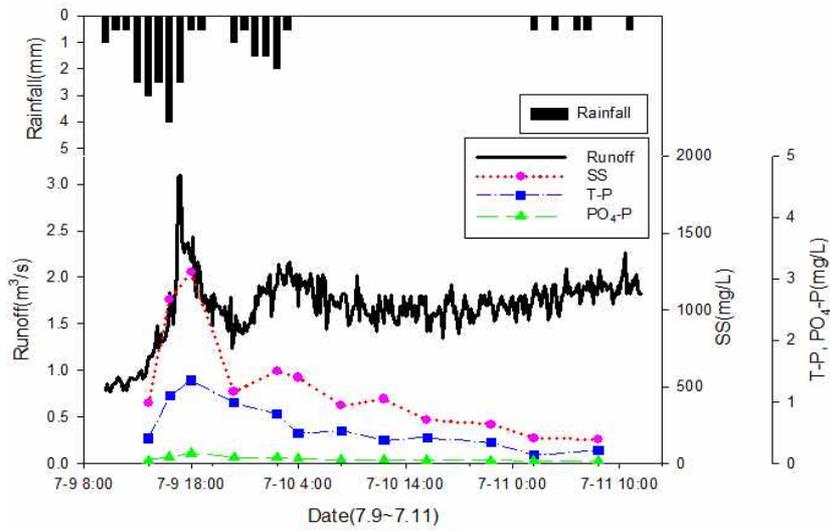


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

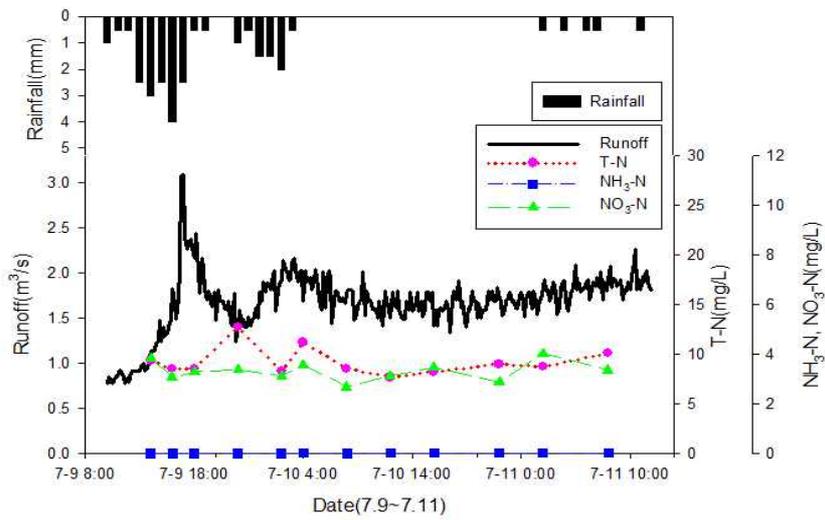
<Fig. 2-65> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 3차



(a) BOD, TOC

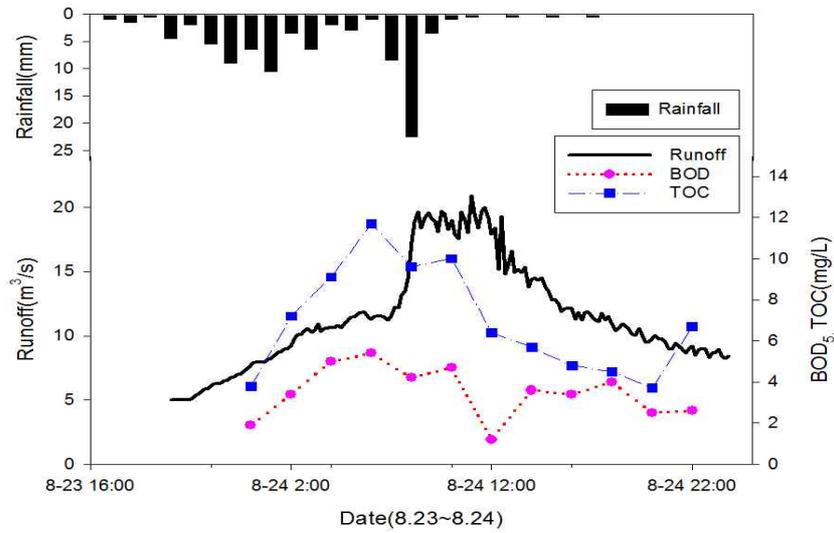


(b) SS, T-P, PO₄-P

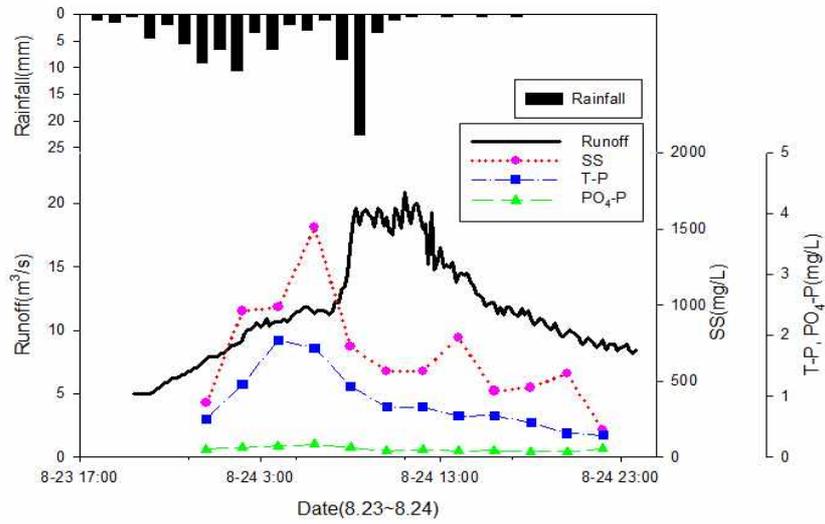


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

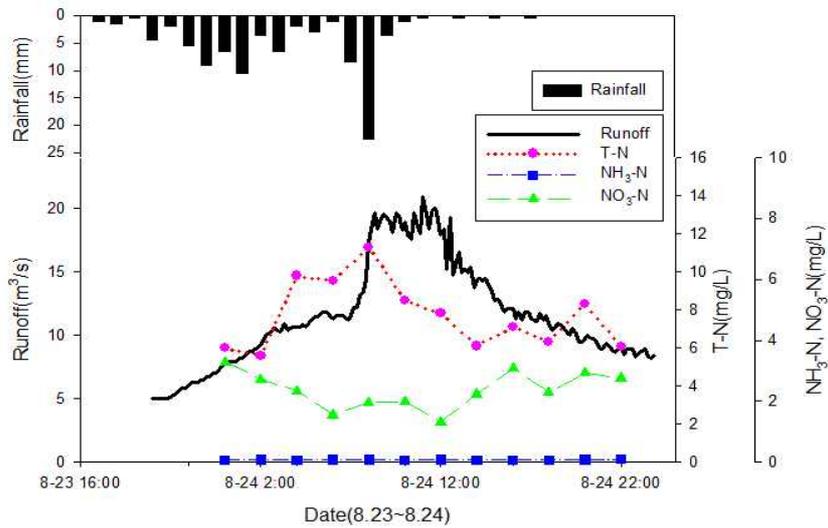
<Fig. 2-66> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 4차



(a) BOD, TOC

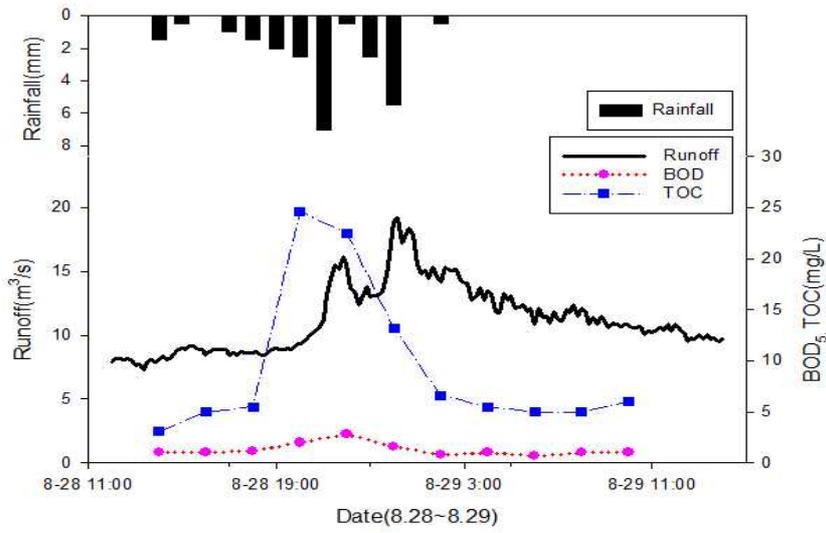


(b) SS, T-P, PO₄-P

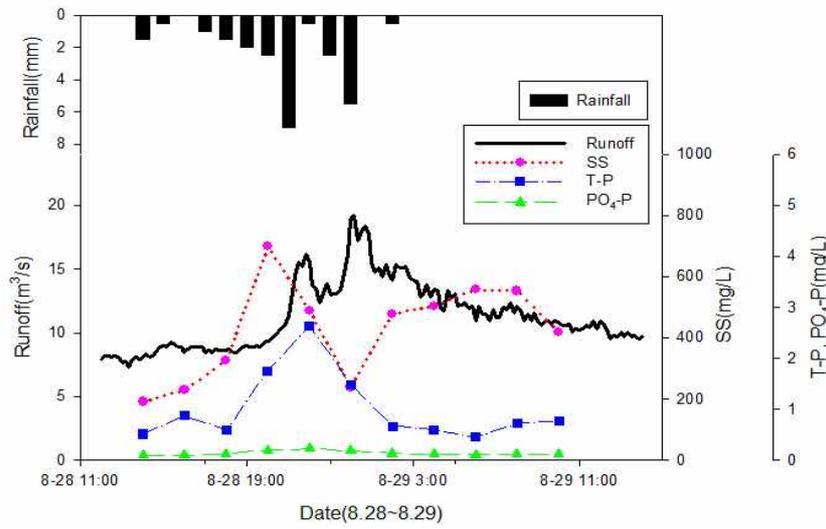


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

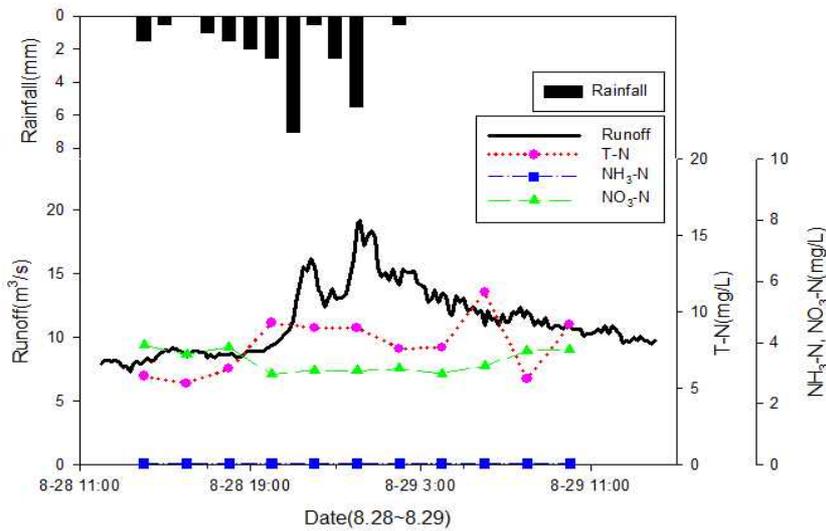
<Fig. 2-67> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P

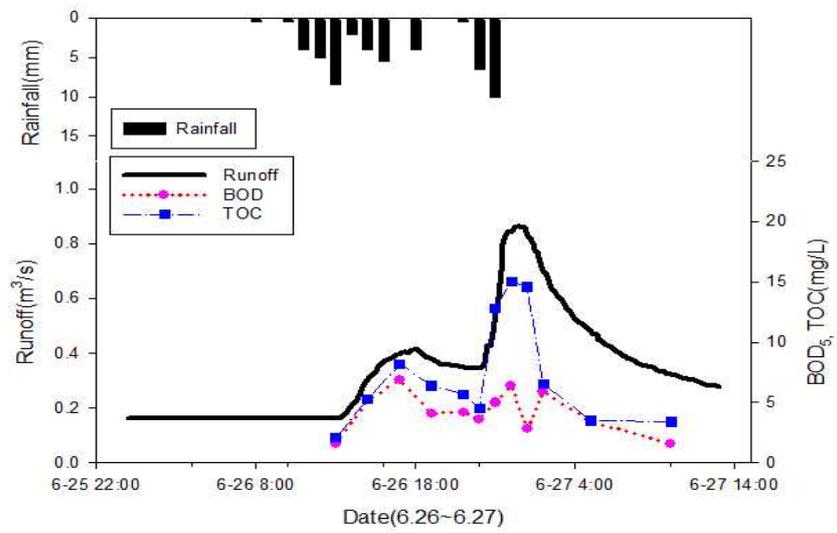


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

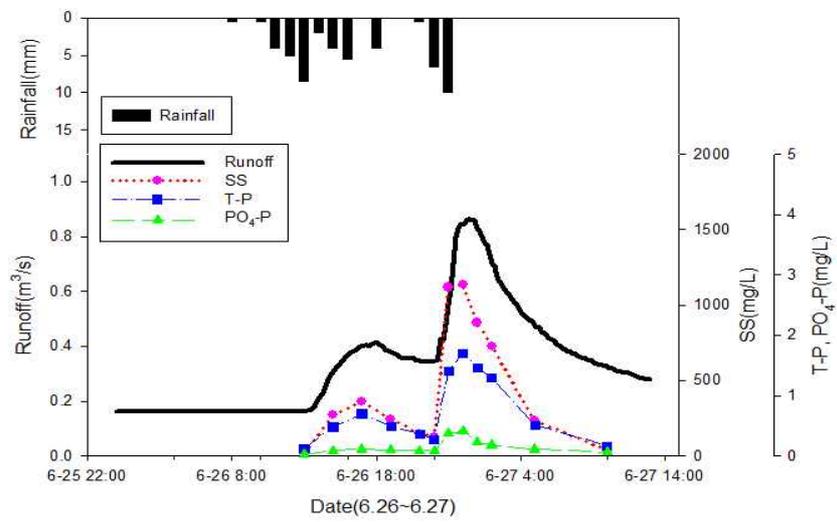
<Fig. 2-68> 강우시 조사 결과 - 태봉2교, 6차

(나) 관말교 지점

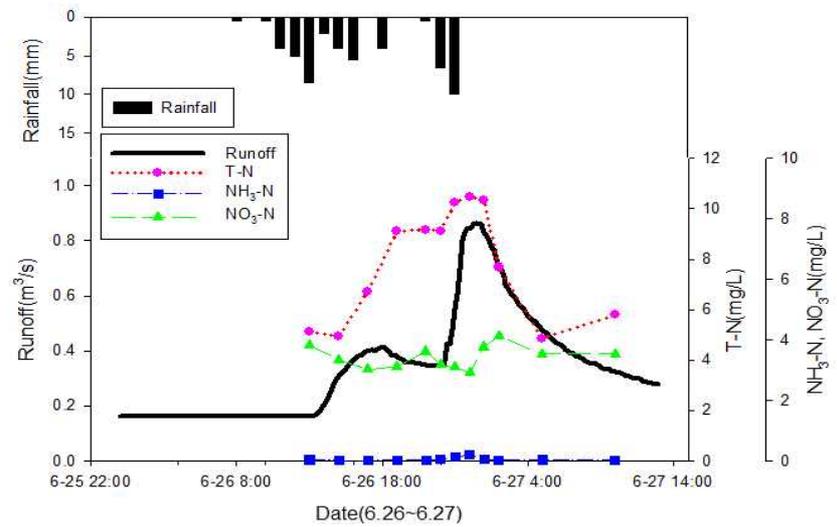
- 관말교 지점의 강우량 데이터는 임계지점의 데이터를 활용하였으며, 태봉2교와 일부 강우량 차이가 나타남. 1차 강우유출수 조사결과 태봉2교와 유사하게 유출률이 0.025로 매우 낮았으며, 태봉2교와 동일하게 강우량 패턴에 따라 유량과 수질농도가 급격이 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남. 침투강우 이후 약 1시간 뒤 침투유량이 나타났으며, 이때 SS 항목의 수질농도는 1,138 mg/L로 태봉2교(8,942.9 mg/L)에 비해 상대적으로 매우 낮은 것으로 나타남.
- 2차 강우유출수 조사결과 삼당령 지점(105.5 mm)보다 임계지점의 강수데이터가 116.0 mm로 더 큰 것으로 나타났으며, 최대강우강도 또한 35.0 mm/hr로 매우 큰 것으로 나타남. SS 항목의 침투 수질농도는 1차 조사보다 증가한 3,588 mg/L로 나타났으며, 침투강우 이후 약 50분 뒤 침투 유량이 나타남. 1차 조사와 동일하게 강우패턴에 따라 유량과 수질농도가 변화하는 것으로 나타남.
- 3차 강우유출수 조사는 2차 조사 후 약 2일 뒤 발생한 81.5 mm의 강우로써 평균 강우강도와 최대강우강도가 11.6 mm/hr와 26.5 mm/hr로 높은 것으로 나타남. 3차 조사에서 유출률이 0.206으로 높은 것으로 나타났으나, SS 항목의 침투농도는 311.0 mg/L로 다소 낮은 것으로 나타남. 3차 조사는 강우지속시간이 7시간으로 짧게 나타나고, 자동수질시료채수기의 오작동으로 인해 시료가 충분히 채수되지 않아 혼합시료를 통한 6개의 시료를 채수하여 분석함. 부족한 시료는 추가 조사를 통해 횡수를 채울 계획임.
- 4차 강우유출수 조사는 25.0 mm의 적은 강우가 발생하였으며, 최대강우강도도 5.0 mm/hr로 상대적으로 낮은 것으로 나타남. 그러나, 선행강우에 의한 유출수로 인해 유출률이 0.465로 높게 나타났으며, 침투강우에 의한 침투유출이 약 2시간 후에 나타남. 또한, 침투유출 후 유출하강곡선 시기에 흙탕물이 발생하여 수질항목이 일부 증가하였다 다시 감소하는 것으로 나타남.
- 5차 강우유출수 조사는 54.0 mm의 강우가 발생하였으며 앞에서 기술한바와 같이 삼당령 지점의 강우는 94.5 mm의 강우가 발생함. 최대강우강도는 8.5 mm/hr(평균 2.5 mm/hr)로 나타났으며, 선행 무강우일수는 7.2 day로 나타남. 최대강우 발생 이후 약 1시간 뒤에 침투유량이 발생하였으며, 침투유량 시기에 채수한 침투농도는 432.7 mg/L로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 임계지점 기준으로 32.0 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도 6.5 mm/hr(평균 2.9 mm/hr)로 나타남. 태봉2교 지점과 동일하게 약 97 mm의 선행강우가 발생하였으나, 유출률은 0.253으로 태봉2교 지점에 비해 높지 않았음.
- 1~6차 조사결과 관말교 지점도 태봉2교 지점과 유사하게 강우에 의해 급격이 유량이 증가하였다가 감소하는 것으로 나타났으며, SS 농도의 경우도 유출량과 유사한 패턴으로 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남.



(a) BOD, TOC

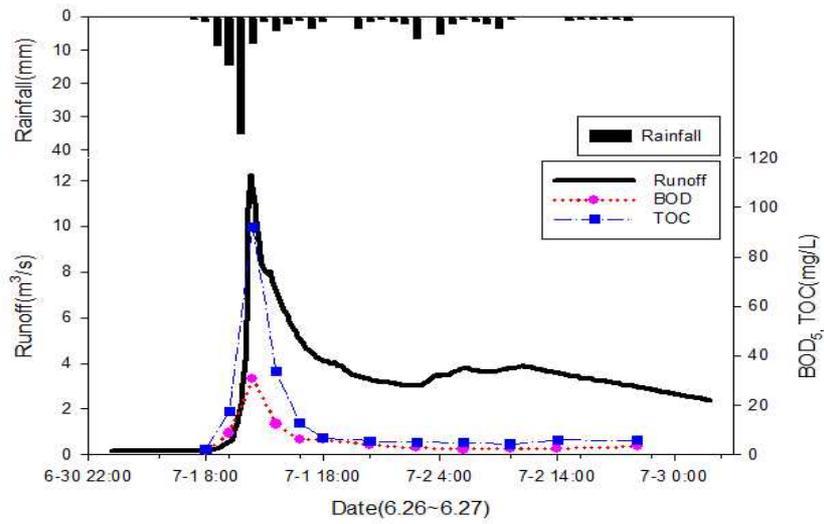


(b) SS, T-P, PO₄-P

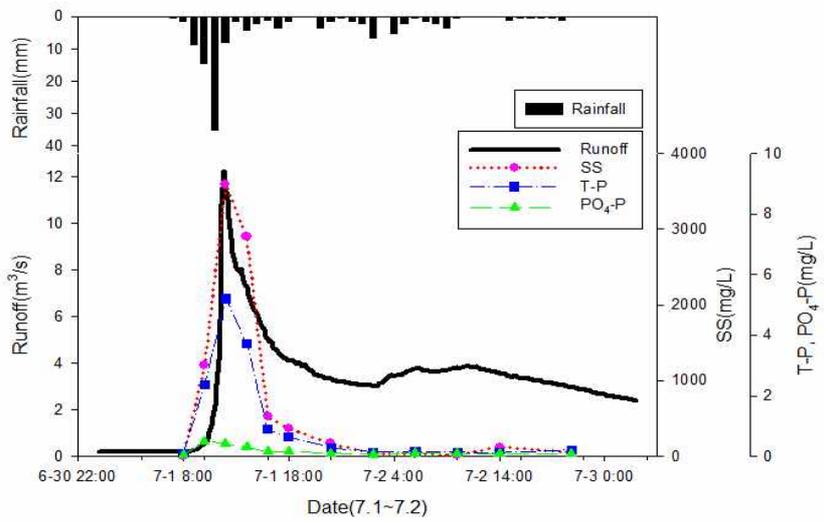


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

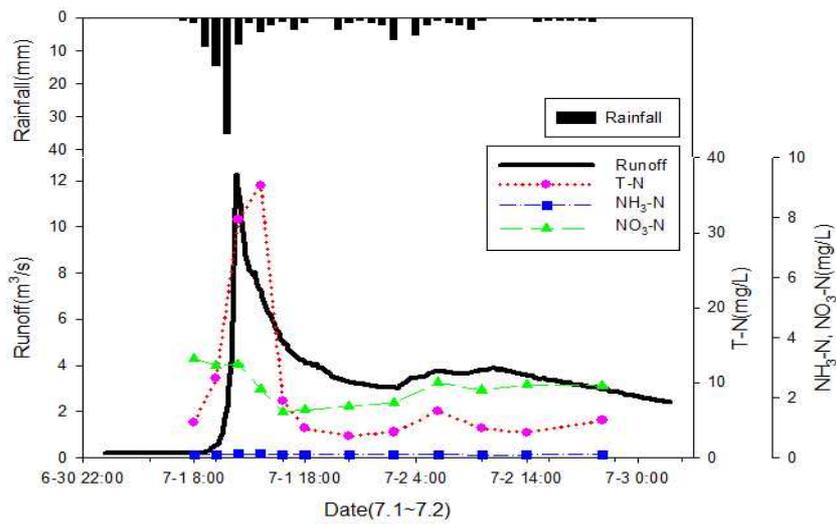
<Fig. 2-69> 강우시 조사 결과 - 관말교, 1차



(a) BOD, TOC

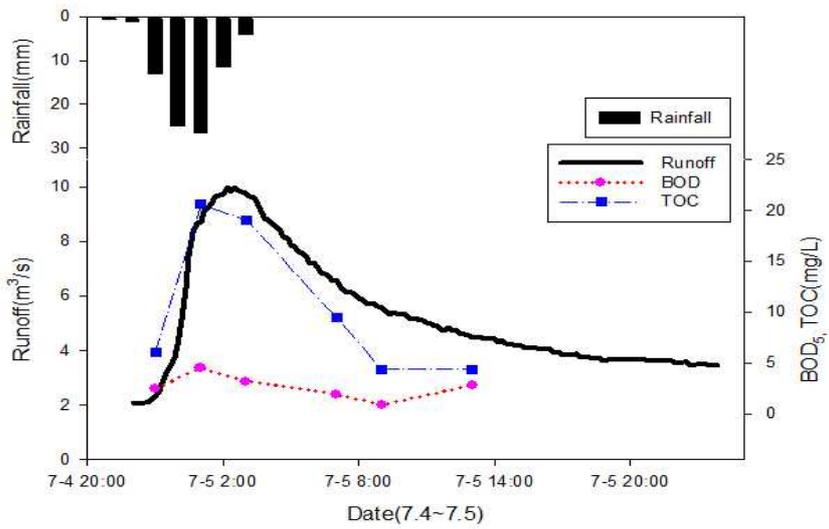


(b) SS, T-P, PO₄-P

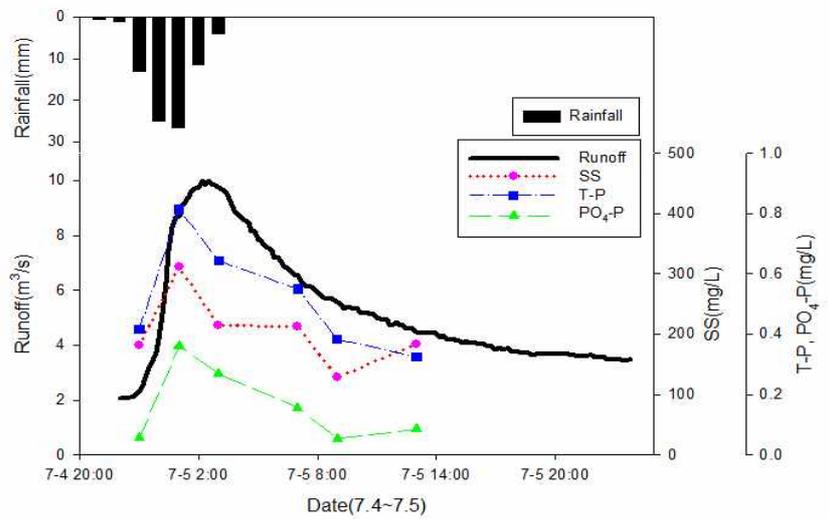


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

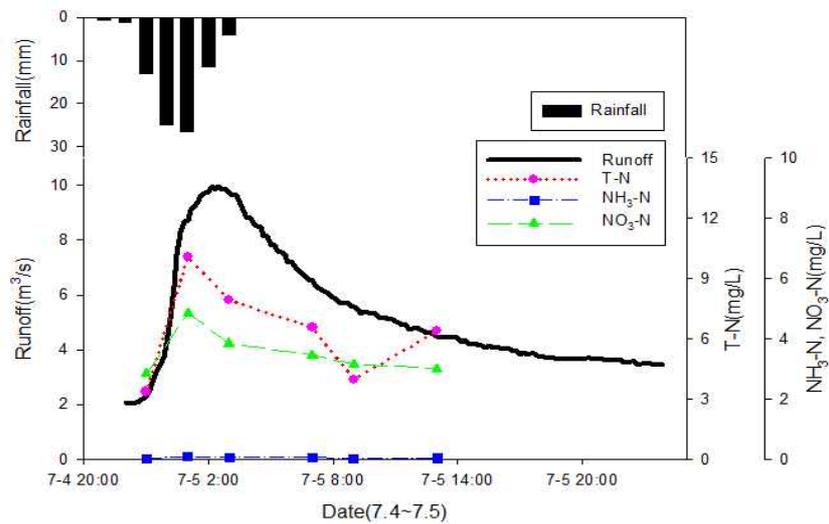
<Fig. 2-70> 강우시 조사 결과 - 관말교, 2차



(a) BOD, TOC

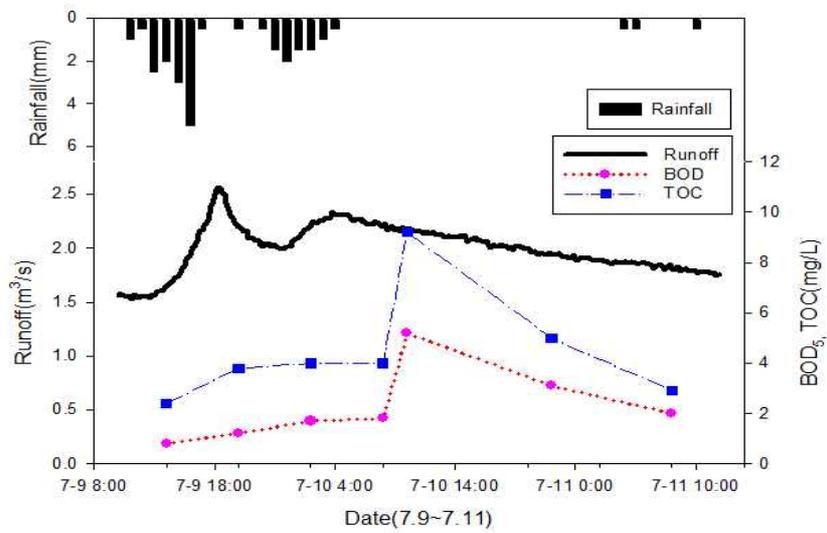


(b) SS, T-P, PO₄-P

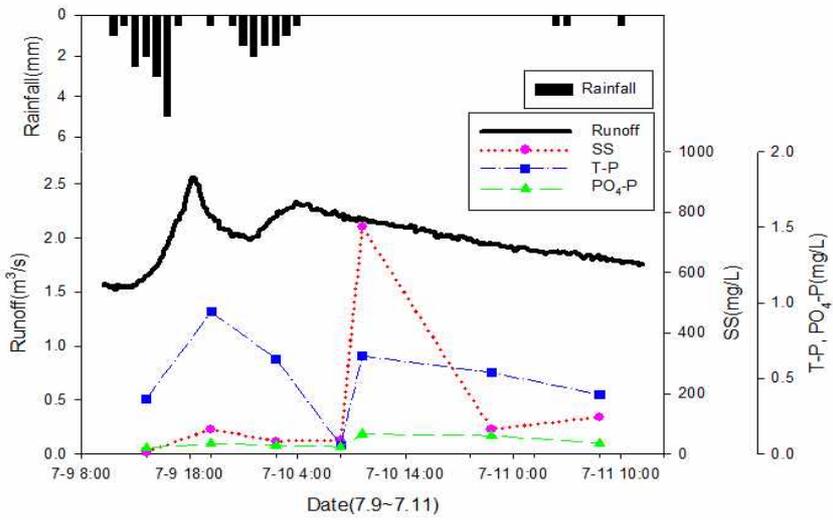


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

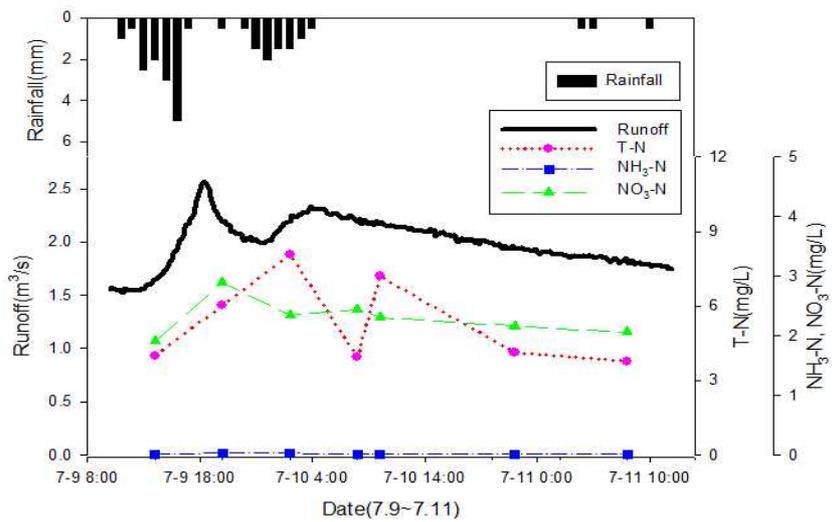
<Fig. 2-71> 강우시 조사 결과 - 관말교, 3차



(a) BOD, TOC

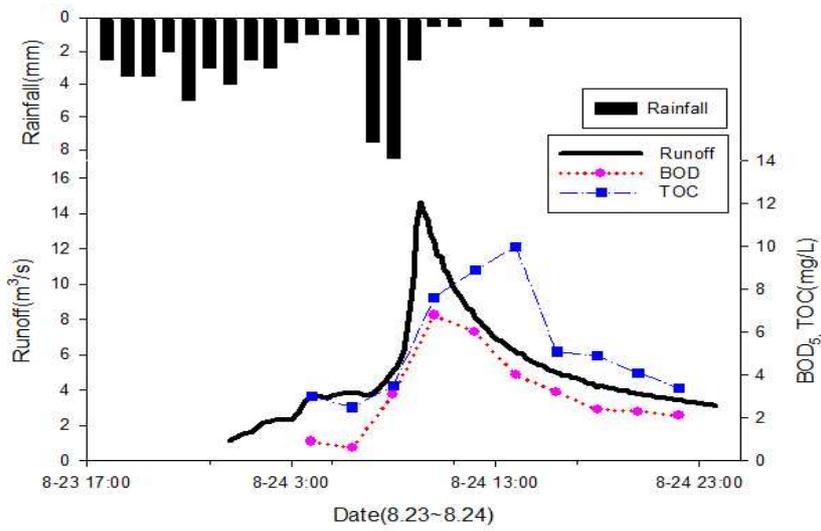


(b) SS, T-P, PO₄-P

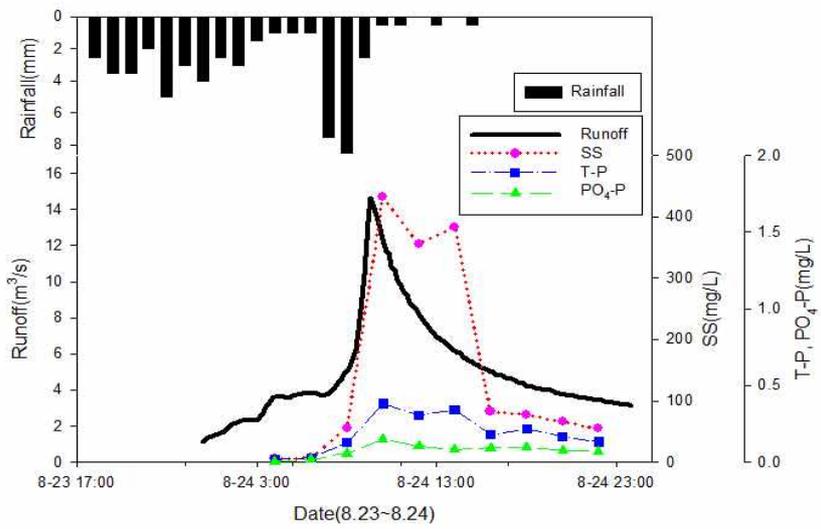


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

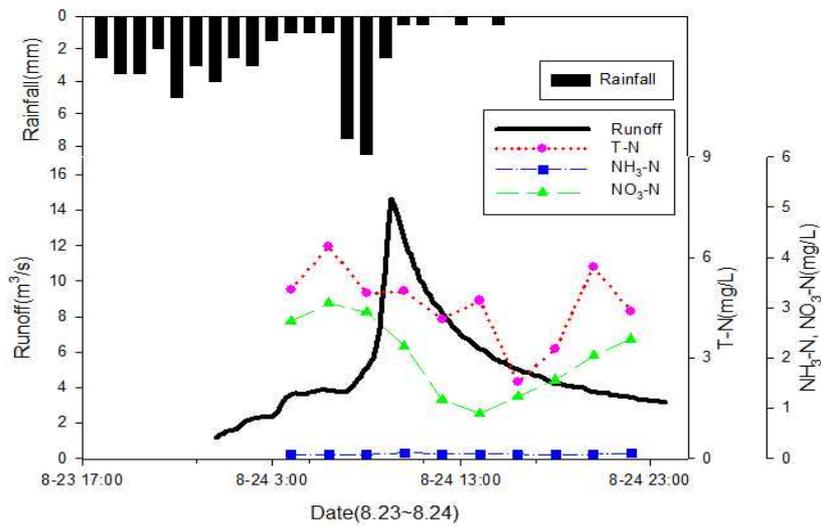
<Fig. 2-72> 강우시 조사 결과 - 관말교, 4차



(a) BOD, TOC

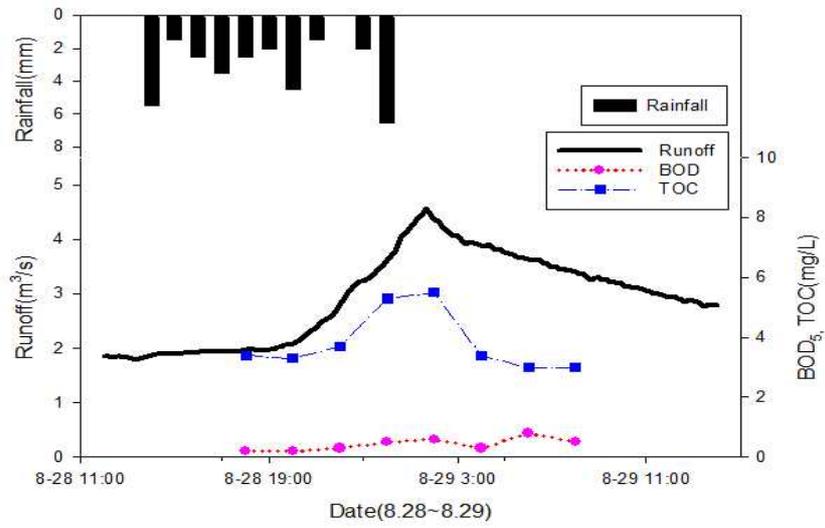


(b) SS, T-P, PO₄-P

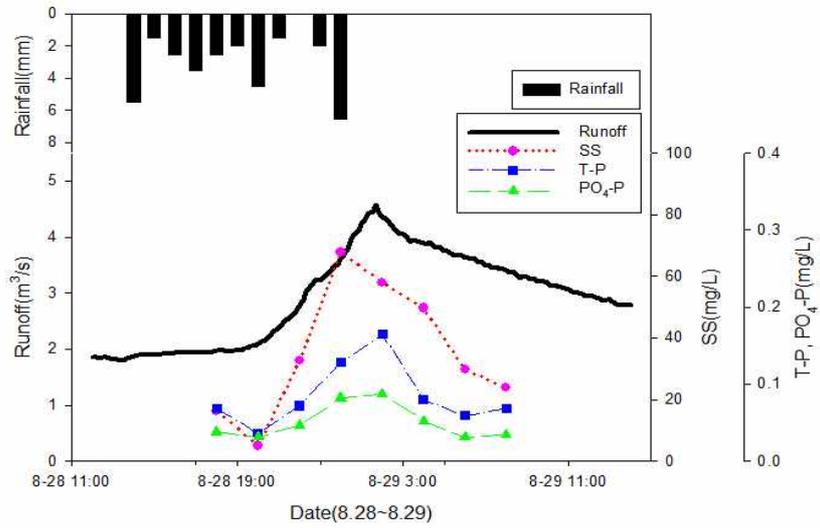


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

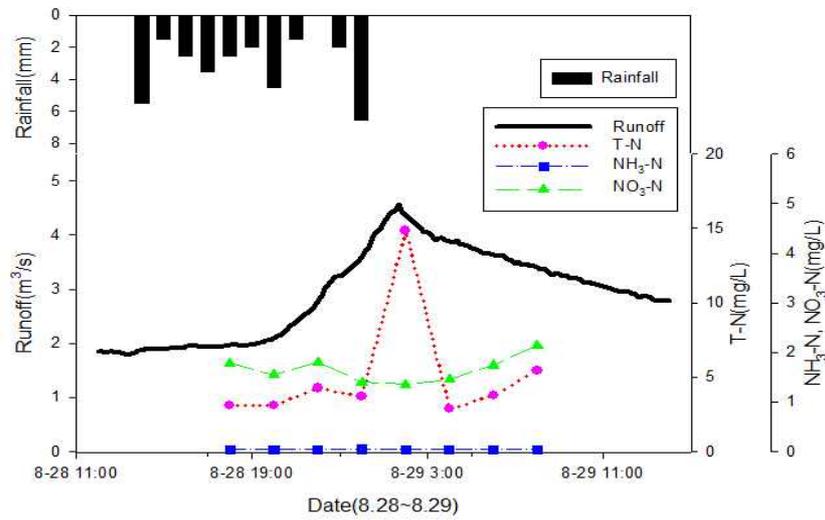
<Fig. 2-73> 강우시 조사 결과 - 관말교, 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-74> 강우시 조사 결과 - 관말교, 6차

(다) 검무교 지점

- 검무교 지점의 강우유출수 조사결과 삼당령과 임계지점의 강우량과 일부 차이가 있는 것으로 나타나 검무교 상류에 자기우량계를 설치하여 강우에 따른 유출특성을 분석하고자 함. 그러나, 강우량계의 오작동으로 인해 정확한 유출특성을 분석하는데 어려움이 있음. 점검이후 9월부터 검무교 상류의 강우량을 분석하여 일부 강우량의 차이를 확인하였으나, 강우유출수 조사 기간의 강수량이 측정되지 않아, 본 연구에서 분석한 검무교 지점의 강우특성은 임계지점의 강우량을 활용함.
- 1차 강우유출수 조사결과 침투강우가 발생한 이후 약 6시간 이후에 침투유량이 발생하는 것으로 나타남. 51.0 mm의 강우에 의해 0.040의 유출률이 발생하였으며, 이는 관말교 지점보다 다소 높은 유출률인 것으로 나타남. SS 항목의 침투농도는 검무교 지점의 2017년 강우유출수 조사결과와 유사하게 검무교 말단 유역 인근 농로에서 발생하는 흙탕물로 인해 강우강도가 가장 높은 시기에 침투농도(SS 항목 771 mg/L)가 발생한 것으로 나타남.
- 2차 강우유출수 조사는 38.0 mm/hr의 높은 강우강도가 발생한 이벤트로서 침투강우강도가 발생한 시기에 SS 항목이 2,258 mg/L의 침투농도로 나타남. 그러나, 침투유량은 침투강우강도가 발생한 이후 약 3시간 이후에 발생하였으며, 침투유량과 마찬가지로 유량과 수질농도의 변화는 강우 발생 후 약 3시간 뒤에 유사한 패턴으로 변화하는 것으로 나타남.
- 3차 강우유출수 조사에서는 26.5 mm/hr의 침투강우 후 약 2시간 후 침투유량이 발생하였으며, 1~2차 조사결과와 달리 침투강우에서 침투농도가 발생하지 않고, 2시간 후 침투유량이 발생한 시점에서 침투농도(906.5 mg/L)가 발생한 것으로 나타남.
- 4차 강우유출수 조사는 25.0 mm의 적은 강우가 발생함에 따라 삼당령 지점의 강우량 영향을 받는 태봉2교의 유량변화와 달리 유량과 수질농도의 변화패턴이 일정하지 않고 증감을 반복하는 것으로 나타났으며, SS 항목의 침투농도도 52.0 mg/L로 낮은 것으로 나타남.
- 5차 강우유출수 조사는 54.0 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도는 8.5 mm/hr(평균 2.5 mm/hr)로 나타났으며, 선행 무강우일수는 7.2 day로 나타남. 최대강우 발생 이후 약 1시간 뒤에 침투유량이 발생하였으며, 침투유량 시기에 채수한 침투농도는 관말교보다 다소 높은 592.0 mg/L로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 임계지점 기준으로 32.0 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도 6.5 mm/hr(평균 2.9 mm/hr)로 나타남. 선행강우에 의해 대부분의 수질농도가 강우초기에 일부 증가한 것으로 나타났으며, 유출률은 0.561로 다소 높은 것으로 나타남.
- 검무교 지점은 임계지점의 강수량과 달리 상류에 발생한 강우에 영향을 받는것으로 나타나, 정확한 검무교 지점의 강우유출수 분석을 위해서 추가 강우분석을 실시해야 할 것으로 판단됨. 또한, 티센망 등의 강우분포 분석을 통해서 모델링의 입력자료로 활용할 때도 최근 국지성 호우에 따른 지역별 편차가 크기 때문에 정확한 모의를 위해서는 필요할 것으로 보여짐.

- 또한, 검무교 상류 유역조사 당시 임계면 직원리 530-18번지 일원에 대형 침사지(30,894 m²)가 설치되고 있었으며, 2018년 말에 준공을 하여 가동을 계획하고 있는 것으로 나타남. 따라서, 차년도 연구에서는 침사지에 의한 흙탕물 저감효과가 나타날 것으로 판단되며, 침사지의 효능 평가도 일부 분석할 필요가 있을 것으로 보여짐.



(a) 2017년 인근 유입수 현황



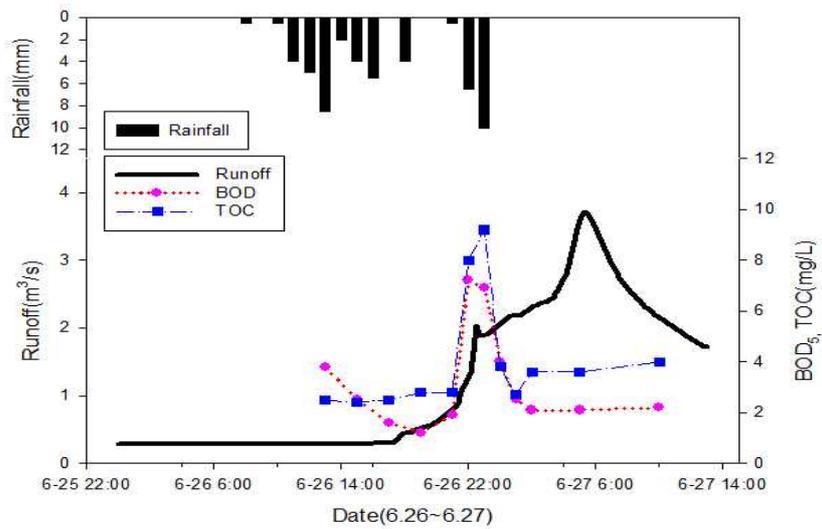
(b) 2018년 인근 유입수 현황



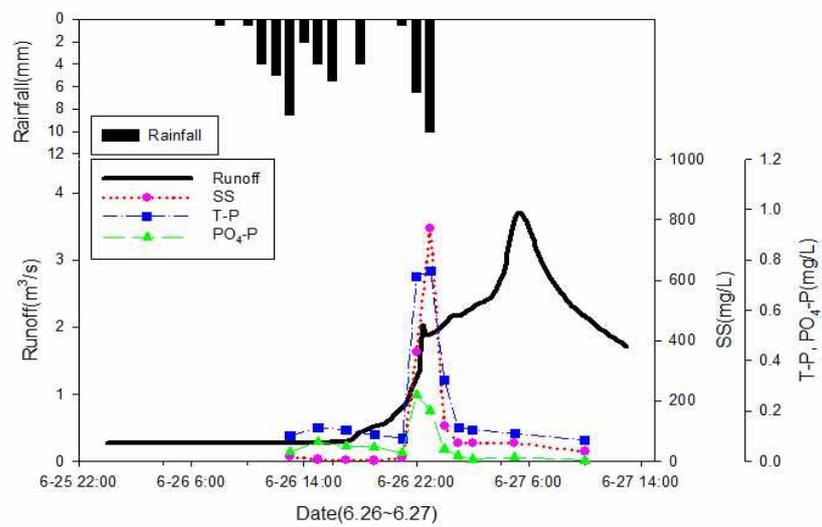
(c) 2018년 침사지 설치 전경



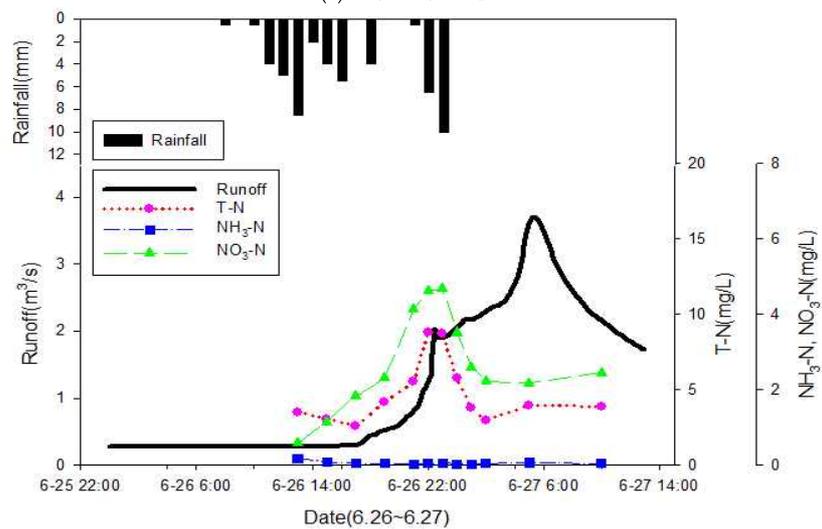
<Fig. 2-75> 검무교 상류유역의 오염물질 현장조사



(a) BOD, TOC

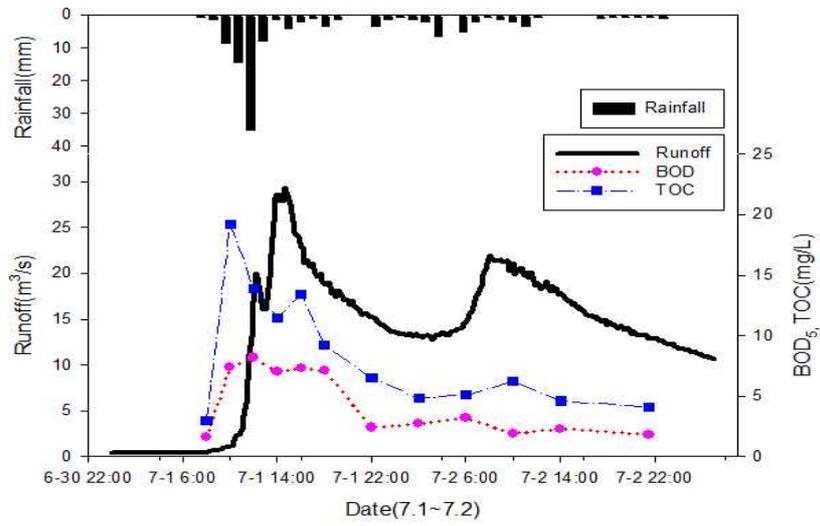


(b) SS, T-P, PO₄-P

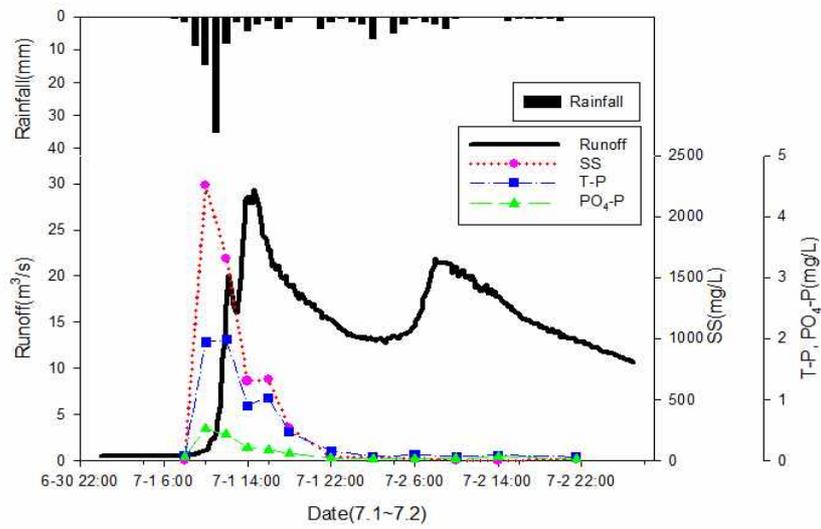


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

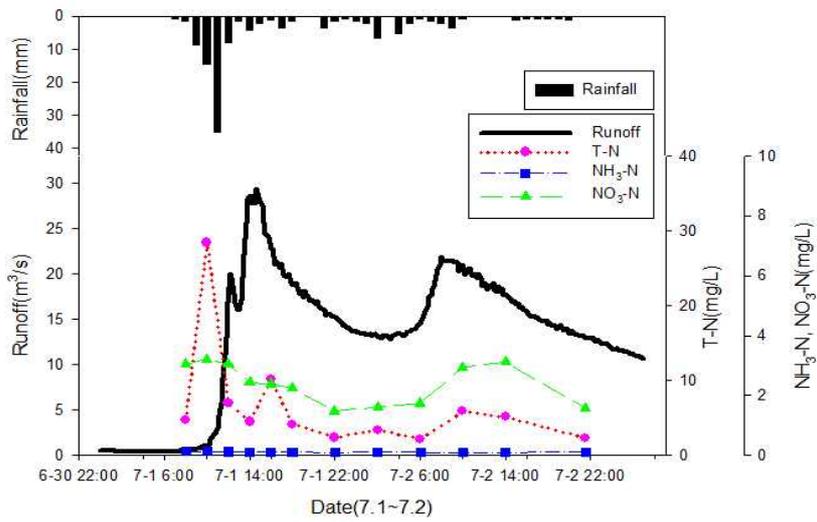
<Fig. 2-76> 강우시 조사 결과 - 검무교, 1차



(a) BOD, TOC

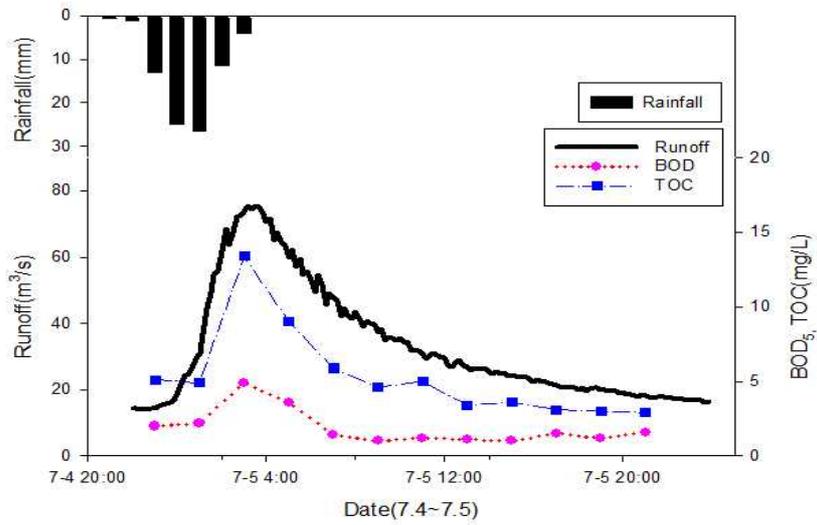


(b) SS, T-P, PO₄-P

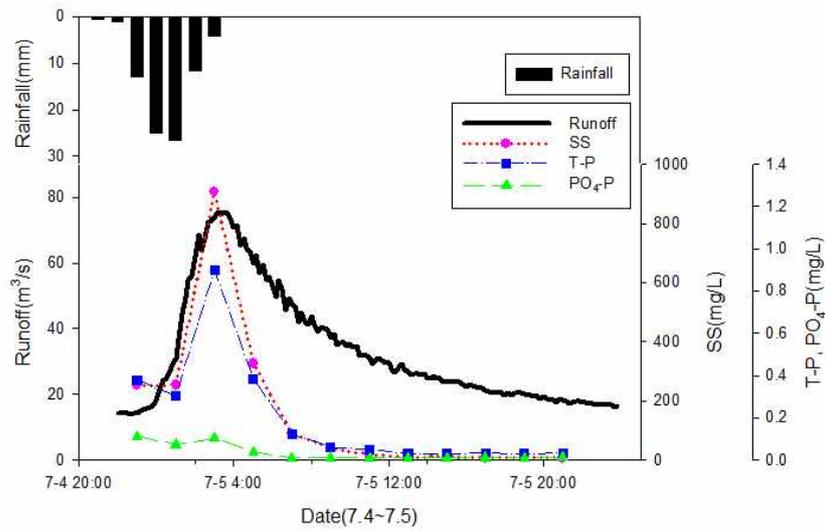


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

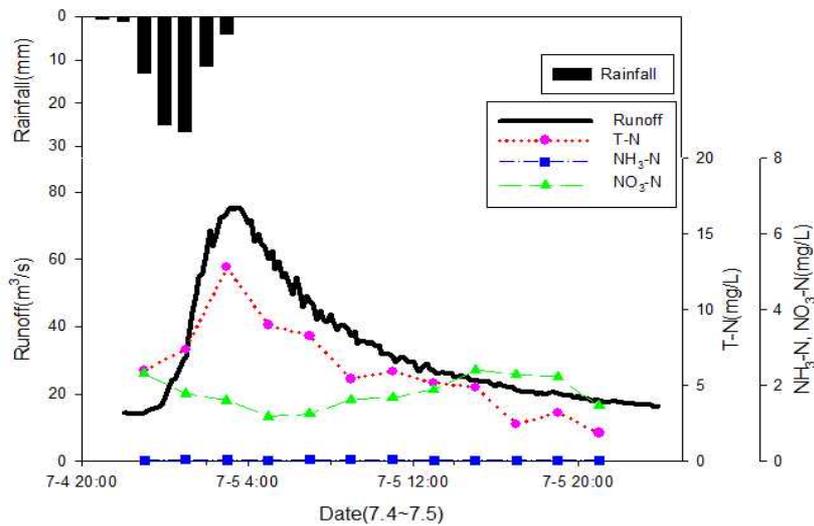
<Fig. 2-77> 강우시 조사 결과 - 검무교, 2차



(a) BOD, TOC

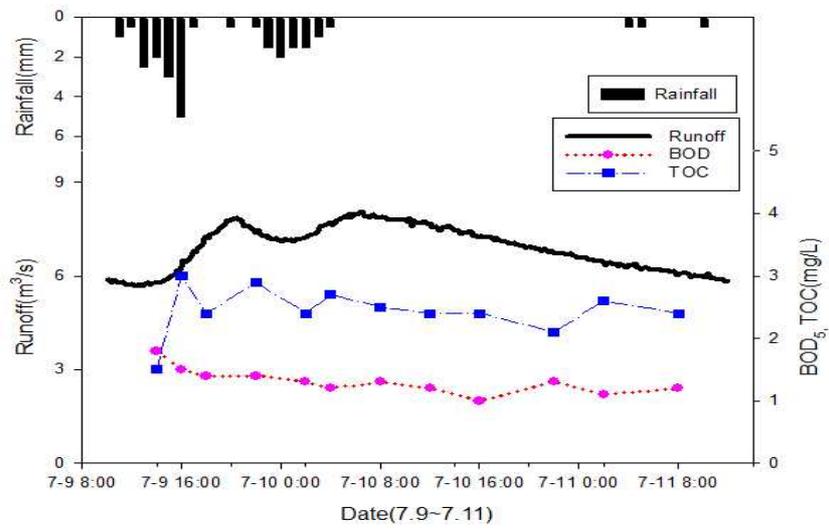


(b) SS, T-P, PO₄-P

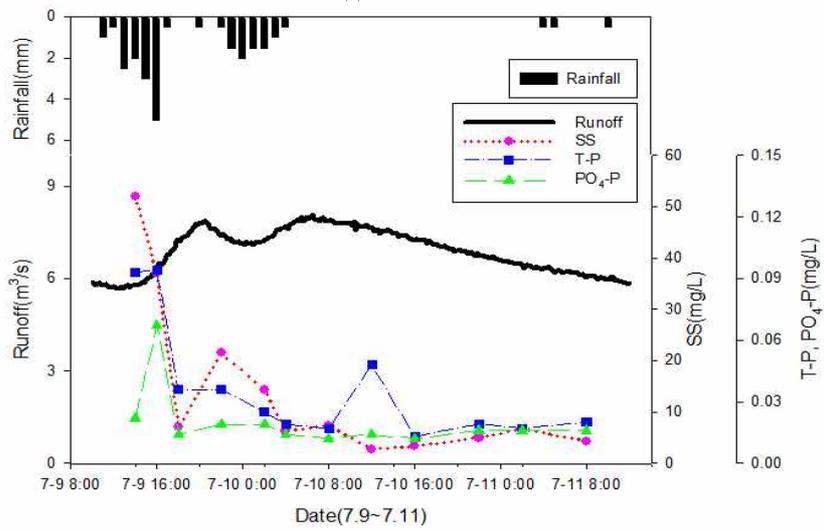


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

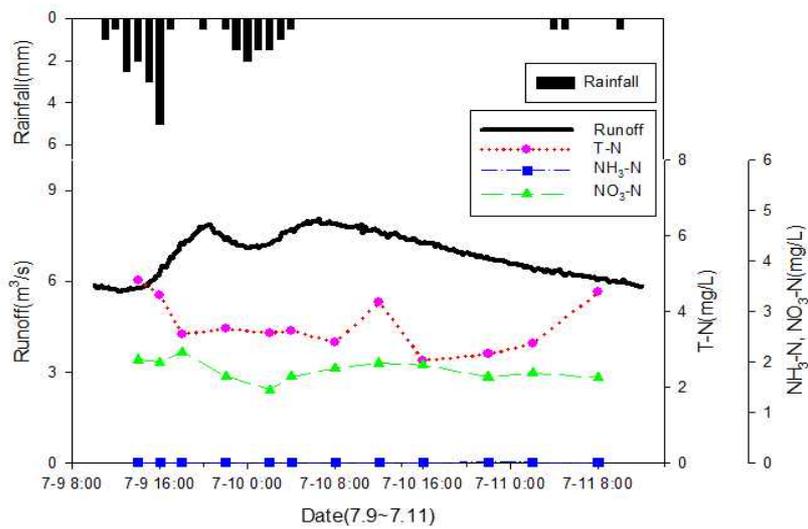
<Fig. 2-78> 강우시 조사 결과 - 검무교, 3차



(a) BOD, TOC

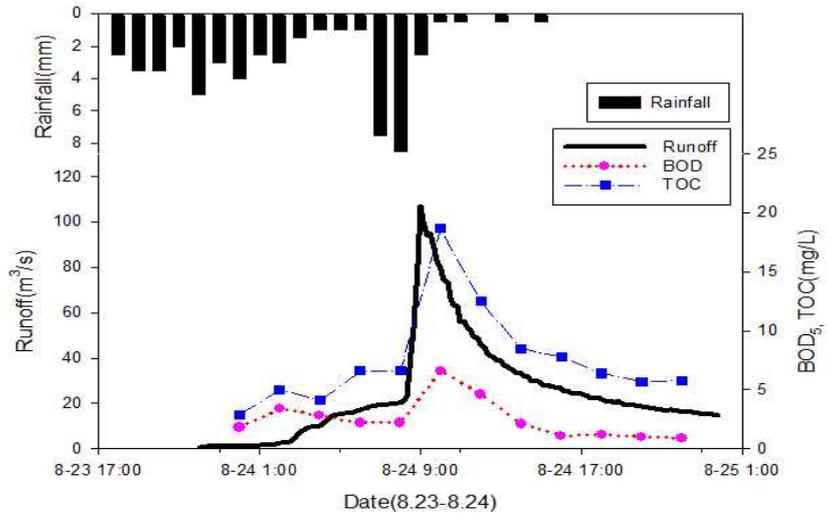


(b) SS, T-P, PO₄-P

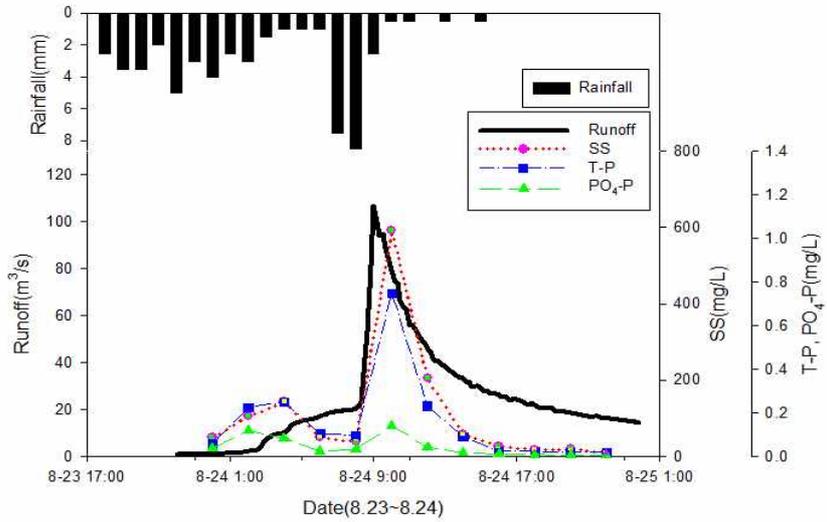


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

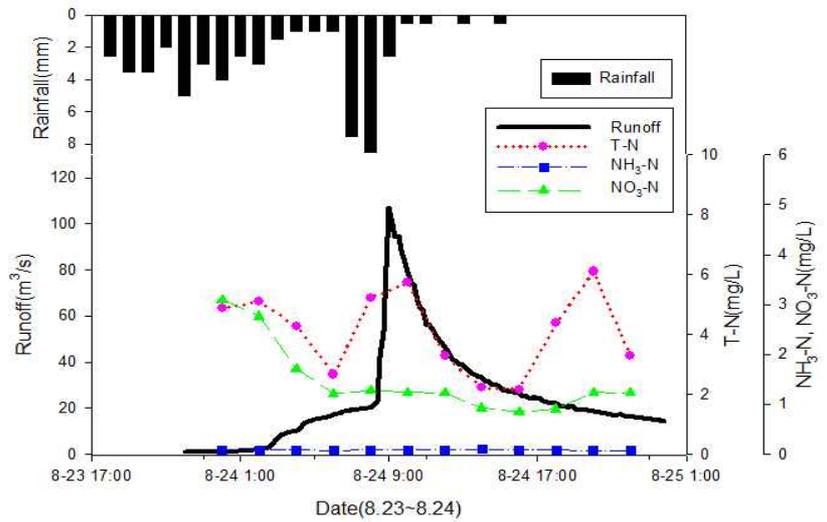
<Fig. 2-79> 강우시 조사 결과 - 검무교, 4차



(a) BOD, TOC

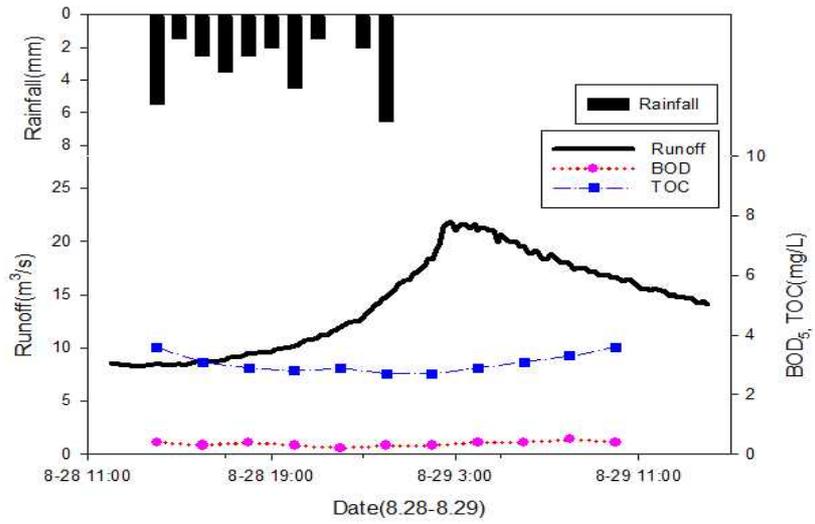


(b) SS, T-P, PO₄-P

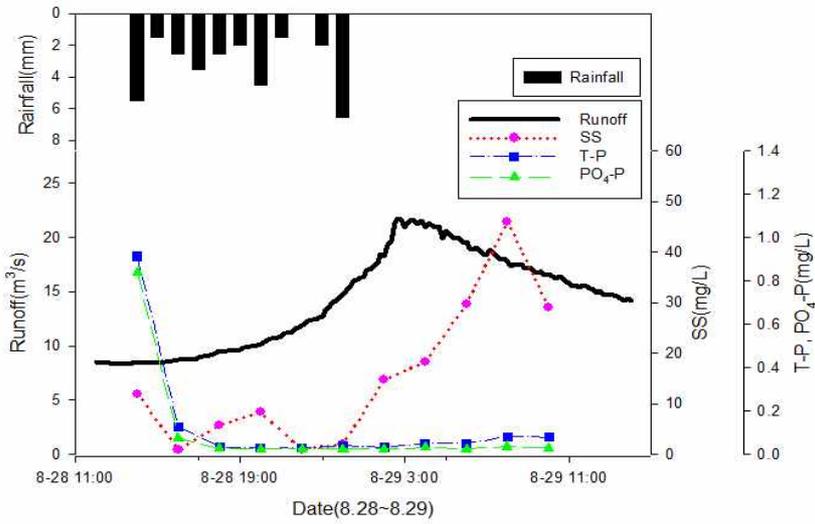


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

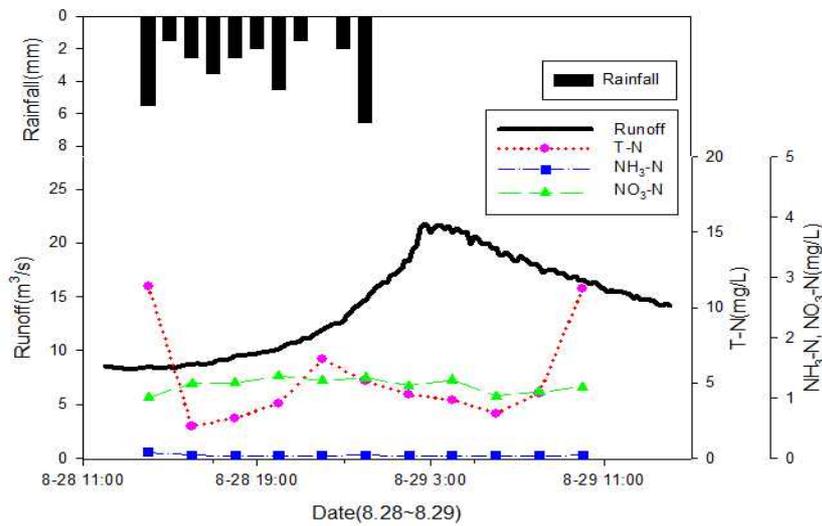
<Fig. 2-80> 강우시 조사 결과 - 검무교, 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P

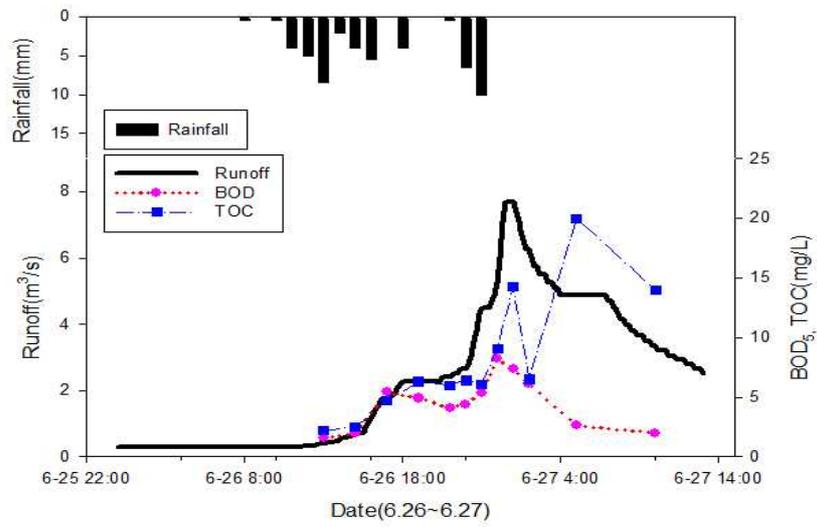


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

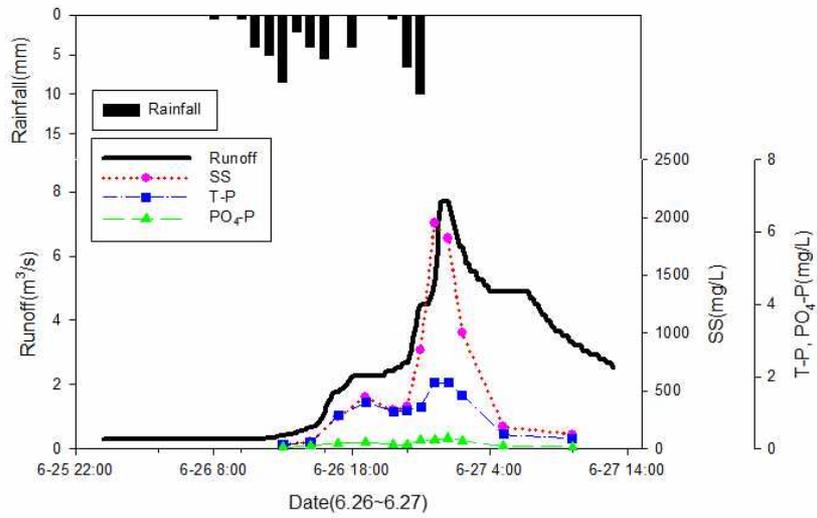
<Fig. 2-81> 강우시 조사 결과 - 검무교, 6차

(라) 송계교(임계수위표) 지점

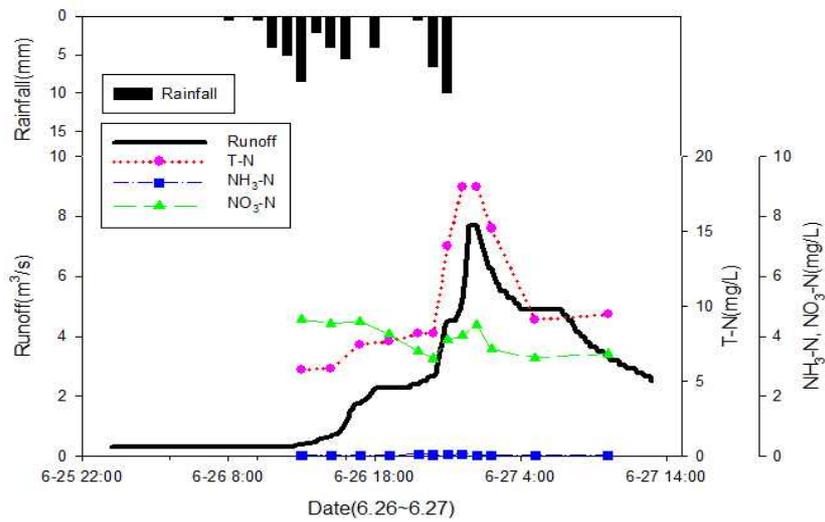
- 송계교 지점은 기상청 임계 측정소 지점 인근에 위치하고 있으며, 환경부 한강홍수통제소에서 운영하는 10분 단위의 수위와 유량이 측정되고 있음. 또한 태봉2교와 관말교 그리고 검무교 지점에서 발생한 유출수가 모두 합류하여 통과하는 지점으로 상류 조사 지점과는 약 3~5 km 정도 떨어져 있음
- 송계교 지점의 1차 강우유출수 조사결과 최대강우강도 발생 후 약 1시간 30분 뒤에 침투유출이 발생하는 것으로 나타났으며, 침투농도는 최대강우강도 발생 후 약 30분 뒤에 SS 항목의 침투농도가 1,950 mg/L로 나타남. 유출량은 강우량 증가에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 수질농도는 유량과 유사한 패턴으로 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남. 우선관리지역 지점들과 유사하게 1차 조사에서는 유출률이 0.037로 낮은 것으로 나타남. 이는 1차 강우발생 전 선행무강우일수가 길고, 농경지의 밭 경운 및 논 물꼬관리에 의한 영향으로 보여짐.
- 2차 강우유출수 조사는 35.0 mm/hr의 높은 강우강도로 인해 SS 항목의 침투농도가 13,360 mg/L까지 높은 것으로 나타났으며, 최대강우강도 이후 약 1시간 30분 뒤에 침투유출이 발생하는 것으로 나타남. 유출량과 수질항목별 농도는 강우량 변화에 따라 유사한 패턴으로 증감을 반복하였으며, 짧은 선행무강우일수(2.3 day)와 강우강도로 인해 유출률은 0.238로 나타남.
- 3차 강우유출수 조사는 2차 조사 후 2일 후에 조사한 결과로 유출률이 0.364로 증가하였으며, 26.5 mm/hr의 최대강우강도가 발생함. 최대강우강도 이후 약 2시간 이후에 침투유출이 발생하였으며, 침투농도는 최대강우강도가 발생한 시간과 유사한 시기에 6,031 mg/L로 나타남. 최대강우강도 이후 수질농도는 유출량과 함께 점차 감소하는 것으로 나타남.
- 4차 강우유출수 조사는 3차 조사 뒤 약 2틀 후에 25.0 mm의 적은 강우가 발생하였으며, 평균강우강도도 0.5 mm/hr로 매우 낮음. 최대강우강도 5.0 mm/hr 발생 후 약 1시간 뒤 침투유출이 발생하였으나, SS 항목의 수질변화는 증감을 반복하며 감소함. SS 항목의 침투농도는 248.7 mg/L로 1~3차 강우유출수 조사에 비해 상대적으로 매우 낮음.
- 5차 강우유출수 조사는 상류 관말교와 검무교와 동일하게 54.0 mm의 강우가 발생하였으며, 최대강우강도는 8.5 mm/hr(평균 2.5 mm/hr)로 나타났으며, 선행 무강우일수는 7.2 day로 나타남. 최대강우 발생 이후 약 1시간 뒤에 침투유출이 발생하였으며, 침투농도는 상류 지점들과 달리 약 4시간 뒤에 966.0 mg/L로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 검무교와 유사하게 선행강우에 의해 초기 수질농도가 높은 것으로 나타났으며, 최대강우 이후 약 3시간 뒤 침투유출이 발생한 것으로 나타남. 침투농도는 373.3 mg/L로 나타났으며, 유출률은 0.517로 다소 높은 것으로 나타남.



(a) BOD, TOC

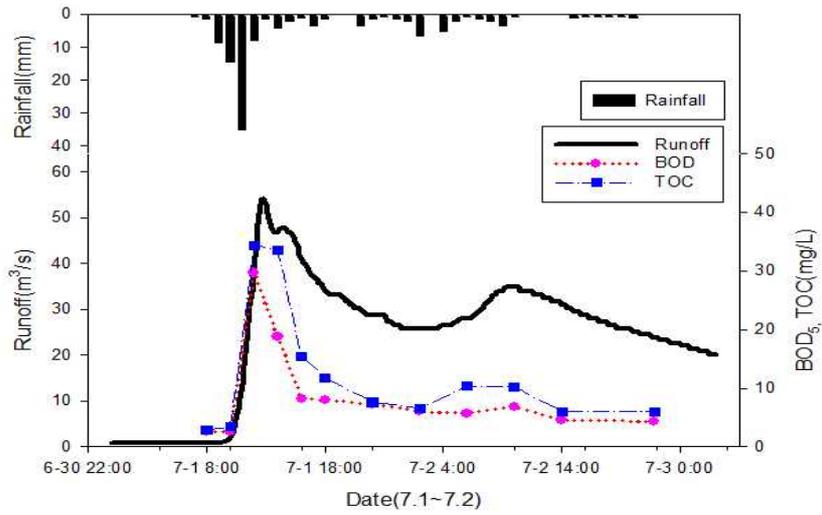


(b) SS, T-P, PO₄-P

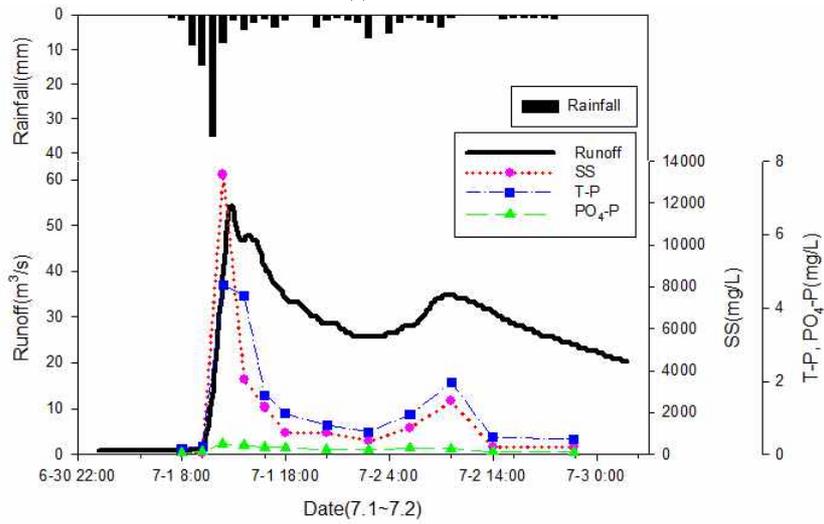


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

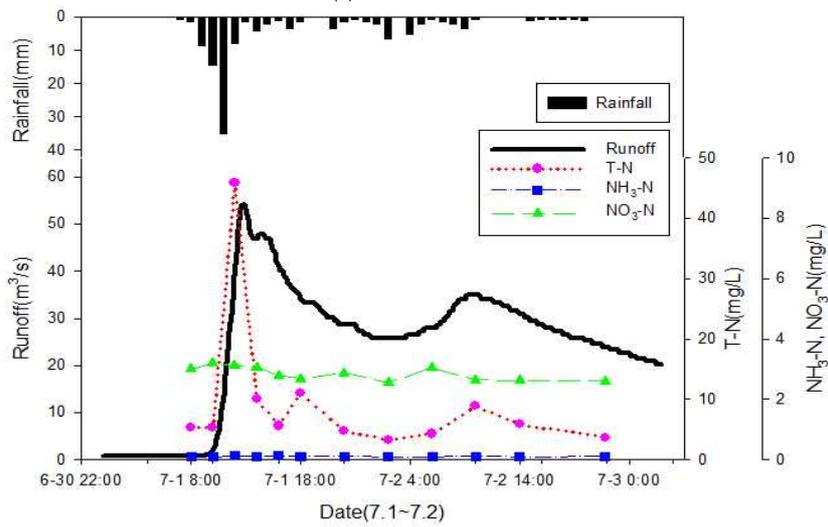
<Fig. 2-82> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 1차



(a) BOD, TOC

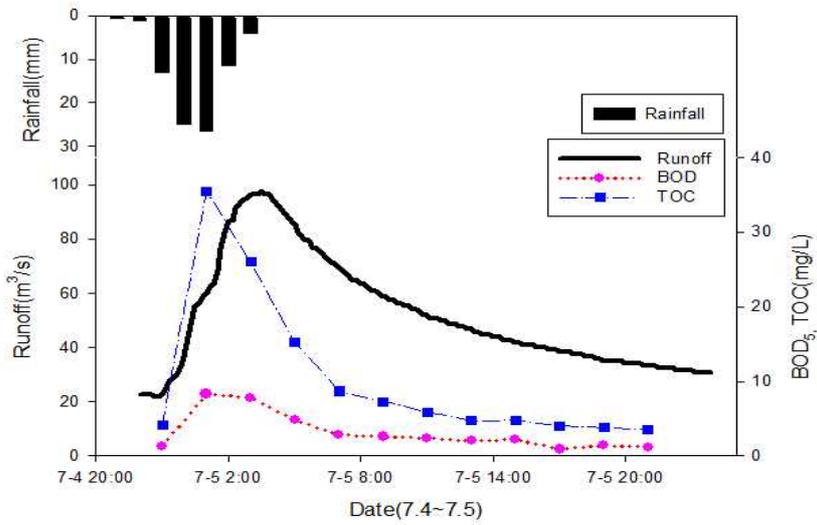


(b) SS, T-P, PO₄-P

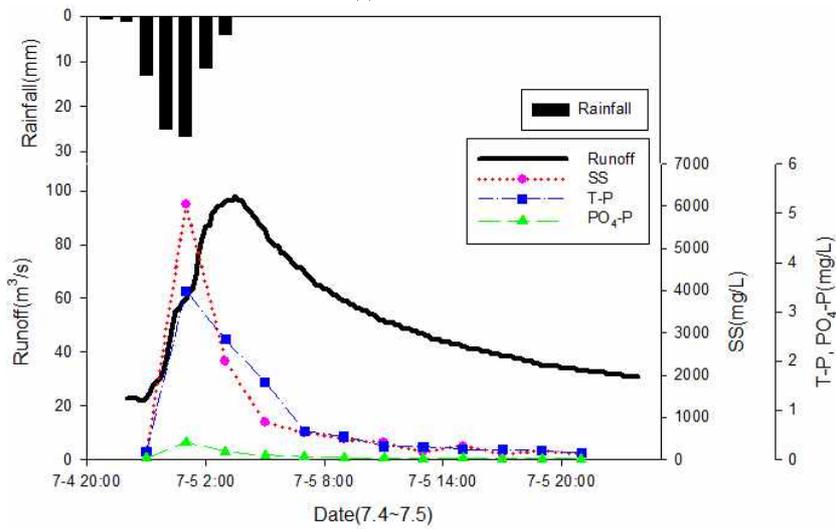


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

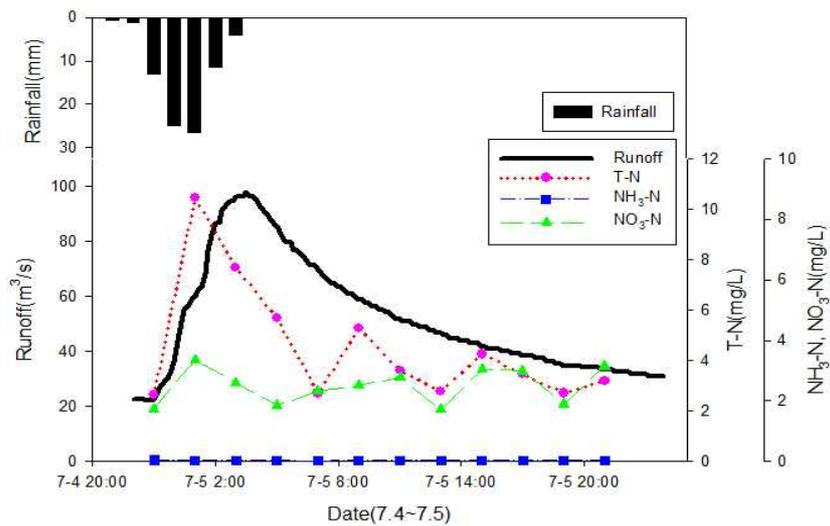
<Fig. 2-83> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 2차



(a) BOD, TOC

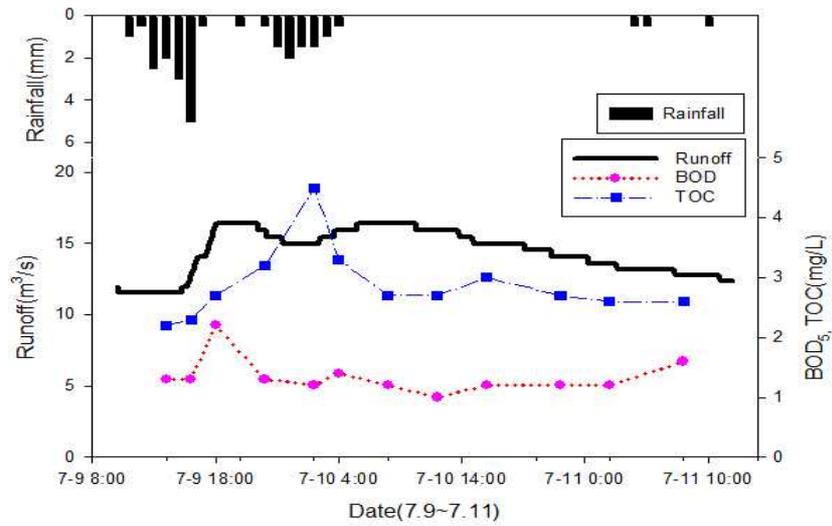


(b) SS, T-P, PO₄-P

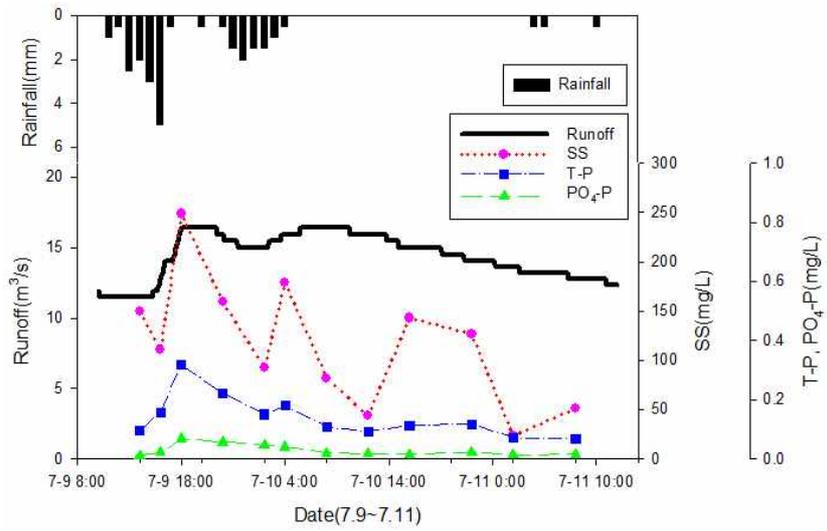


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

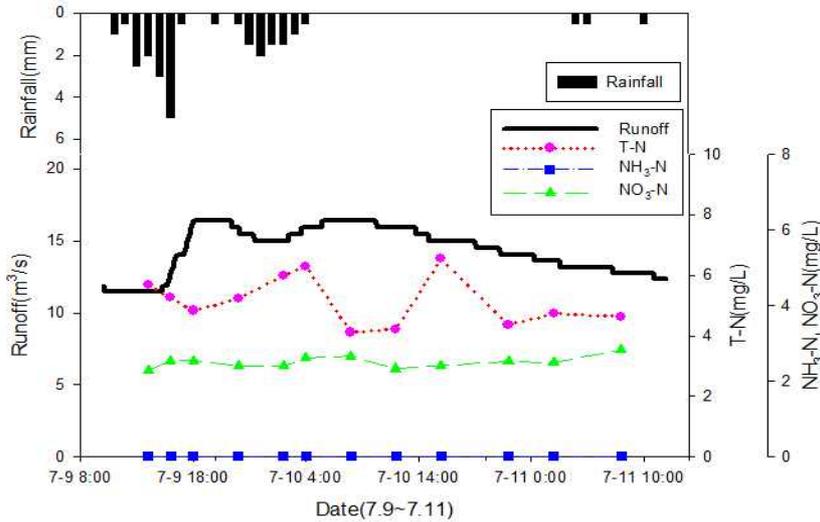
<Fig. 2-84> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 3차



(a) BOD, TOC

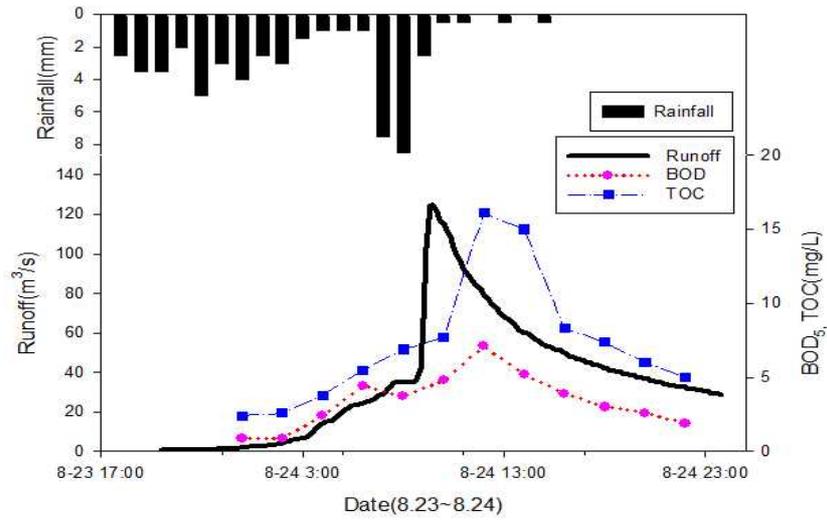


(b) SS, T-P, PO₄-P

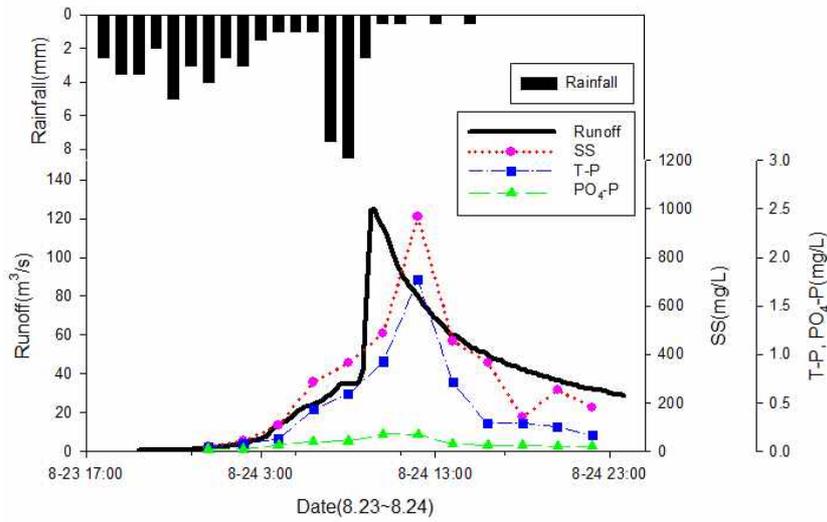


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

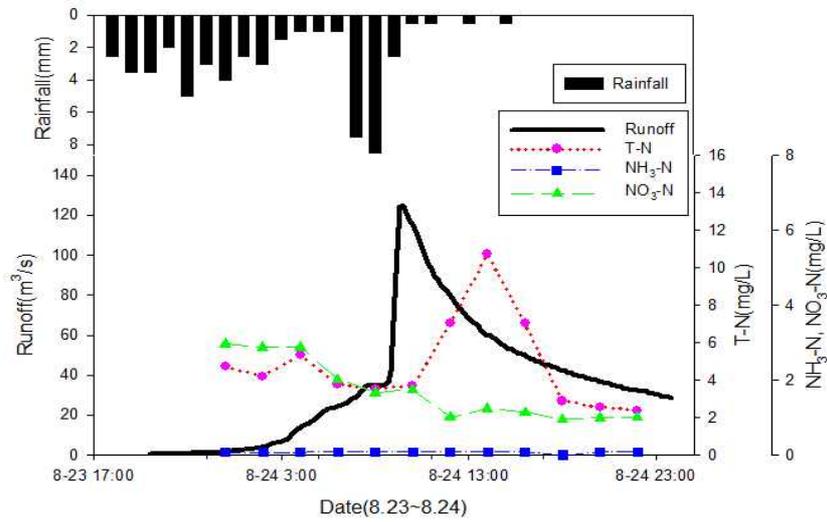
<Fig. 2-85> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 4차



(a) BOD, TOC

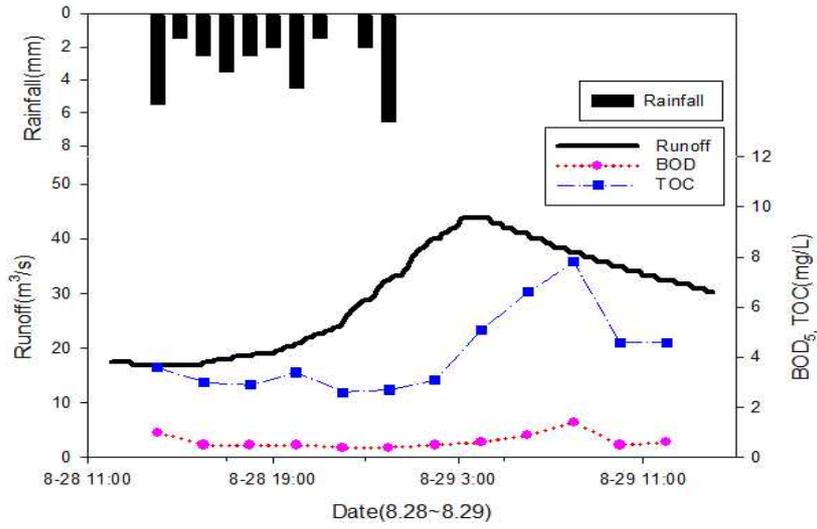


(b) SS, T-P, PO₄-P

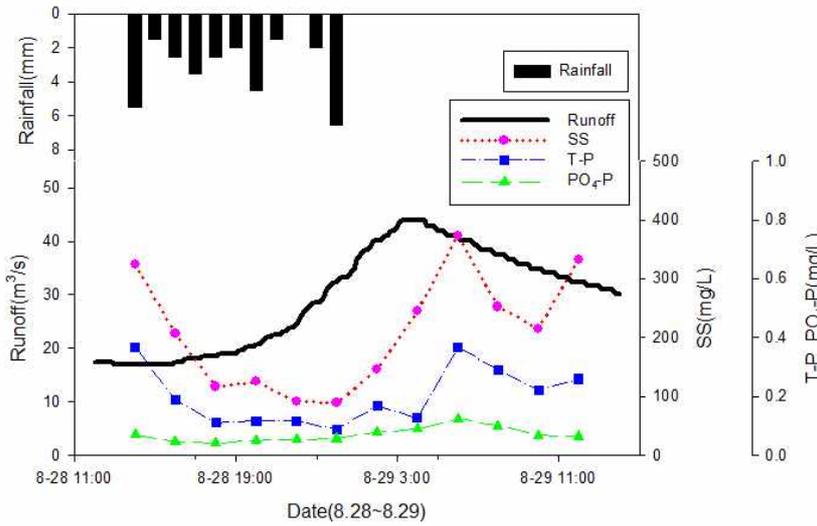


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

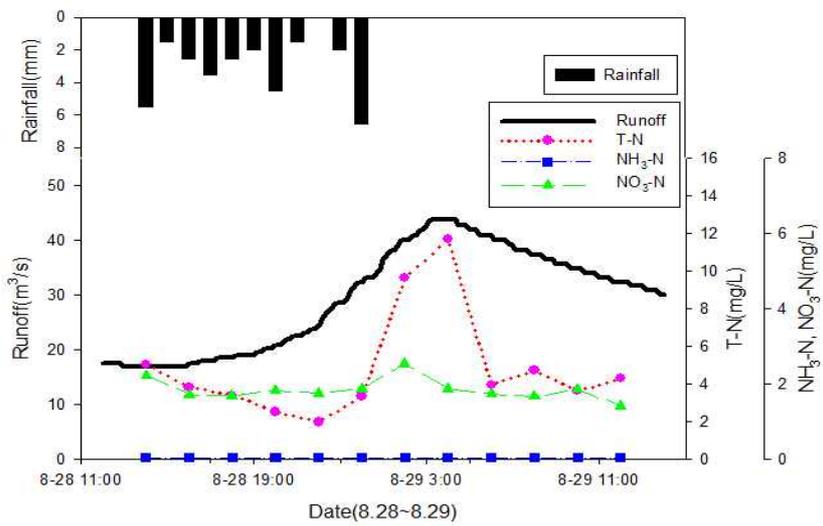
<Fig. 2-86> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



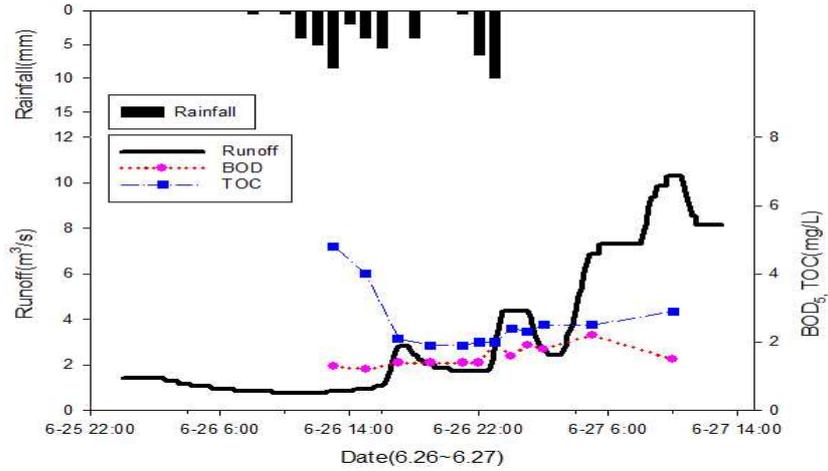
(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-87> 강우시 조사 결과 - 임계수위표(송계교), 6차

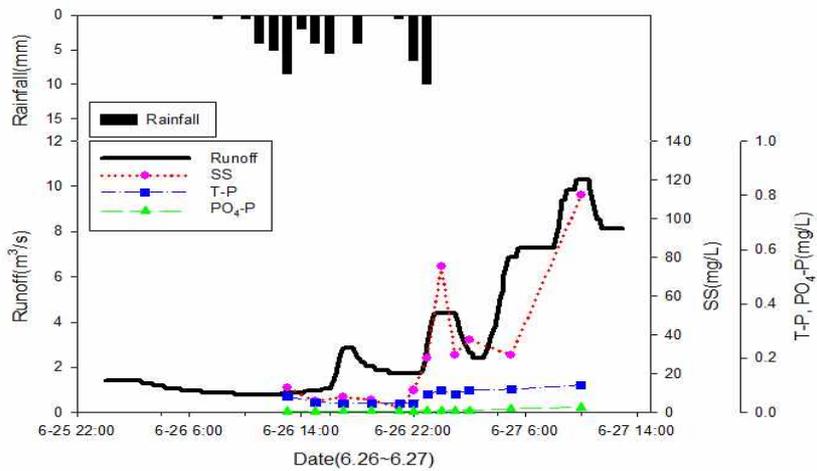
(마) 제1여량교(골지천2) 지점

- 제1여량교 지점은 송계교 지점을 통과한 유출수가 유하하다 골지천과 합류하며, 골지천 상류에는 광동댐(생활용수, 공업용수, 유지용수)이 위치하고 있어, 댐 방류량의 영향을 받는 지점임. 송계교 지점과는 유하거리 약 27.5 km 정도 떨어져 있음.
- 제1여량교 지점의 수위와 유량자료는 송계교 지점과 동일하게 환경부 홍수통제소 자료를 활용하였으며, 강수량 자료는 기상청 임계 지점의 자료를 이용하여 분석하였음.
- 제1여량교 지점의 1차 강우유출수 조사결과 송계교 지점과 송계교 상류 우선관리지역 지점과 다르게 수위가 증가지만 강수량 증가에 따라 뚜렷하게 변화하지는 않음. 이는 앞에서도 기술한 바와 같이 골지천 상류의 광동댐의 영향으로 보여지며, SS 항목의 수질농도는 유출량 증가에 따라 유사하게 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남. 최대강우강도 10.0 mm/hr의 강우가 발생한 시기에 SS 농도는 75.3 mg/L 였으나, 강우가 종료된 후 약 13시간 뒤 112.0 mg/L로 증가하는 것으로 나타남.
- 2차 강우유출수 조사는 35.0 mm/hr의 최대강우강도가 발생한 이벤트이며, 임계 지점을 기준으로 최대강우강도 후 약 7시간 뒤에 침투농도가 발생한 것으로 나타남. 그러나 침투유량은 최대강우강도 후 약 25시간 후에 나타났으며, 이는 광동댐 방류량과 제1여량교 상류에서 발생한 유출수의 유달시간의 영향으로 보여짐.
- 제1여량교 3차 강우유출수 조사는 2차 조사가 종료 된 후 0.1 day의 짧은 시간 후에 다시 83.5 mm의 강우가 발생한 이벤트로써 선행 강우에 의해 유출률이 0.815로 높음. 최대강우강도는 26.5 mm/hr로 높았으며, 최대강우강도 이후 약 6시간 뒤 침투유량이 발생하였음. 침투유량 시기에 SS 항목의 침투농도가 발생하였으며, 1,015.5 mg/L로 1~3차 강우유출수 조사보다 다소 높은 것으로 나타남. 유출량은 강수량 증가에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났으며, 수질농도는 유량과 유사한 패턴으로 증가하였다가 감소하는 것으로 나타남.
- 제1여량교 4차 강우유출수 조사는 상류 조사 지점들과 동일하게 25.0 mm의 적은 강우가 발생하고 최대강우강도도 5.0 mm/hr로 상대적으로 낮음. 그러나, 선행강우로 인해 유출률은 0.561로 높았으며, 강우로 인한 유출량의 변화가 뚜렷하지 않았음. 최대강우강도 이후 약 15시간 뒤에 침투유량이 나타났으며, SS 항목의 수질변화는 유출량과 달리 뚜렷한 변화가 나타나지 않았음. 최대강우강도가 발생한 시기에 SS 항목의 농도는 24.0 mg/L로 조사시기 중 가장 높은 것으로 나타남.
- 5차 강우유출수 조사는 54.0 mm의 강우가 발생하였으며, 임계 지점의 최대강수량 이후 약 8시간 뒤 침투유량이 발생한 것으로 나타남. 침투농도는 163.5 mg/L로 나타났으며, 3차 강우유출수 조사와 유사하게 강우 뒤 유출량이 점차 증가하였다가 감소하였으며, 수질농도가 유량과 유사한 패턴으로 변화하는 것으로 나타남.
- 6차 강우유출수 조사는 검무교와 송계교 지점과 유사하게 선행강우에 의한 영향으로 수질항목별

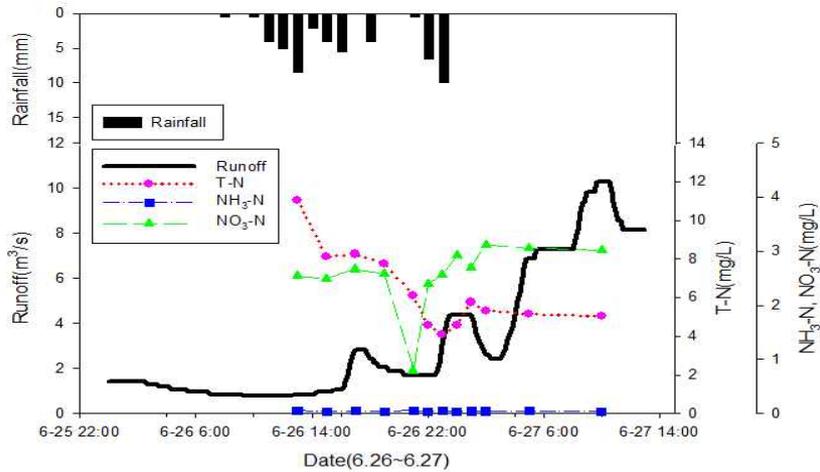
초기농도가 대부분 높은 것으로 나타남. 임계지점의 최대강우 이후 약 8시간 뒤 첨두유량이 발생 하였으며, SS 항목의 첨두농도는 첨두유량시기가 아닌 강우 초기에 216.3 mg/L 인 것으로 나타 남. 또한, 선행강우에 의한 영향으로 유출률이 0.556으로 다소 높은 것으로 나타남.



(a) BOD, TOC

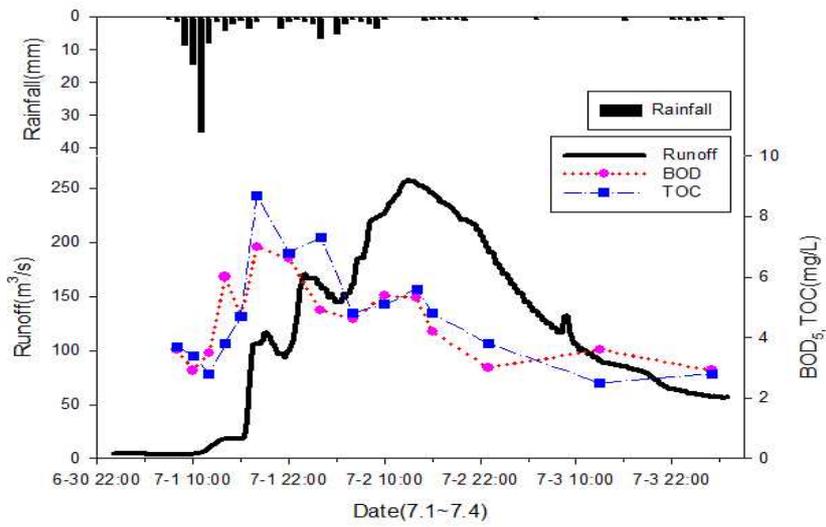


(b) SS, T-P, PO₄-P

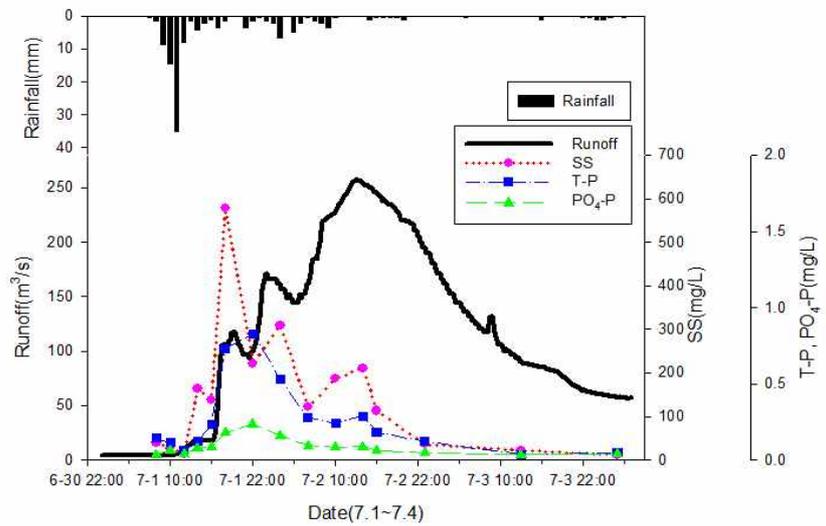


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

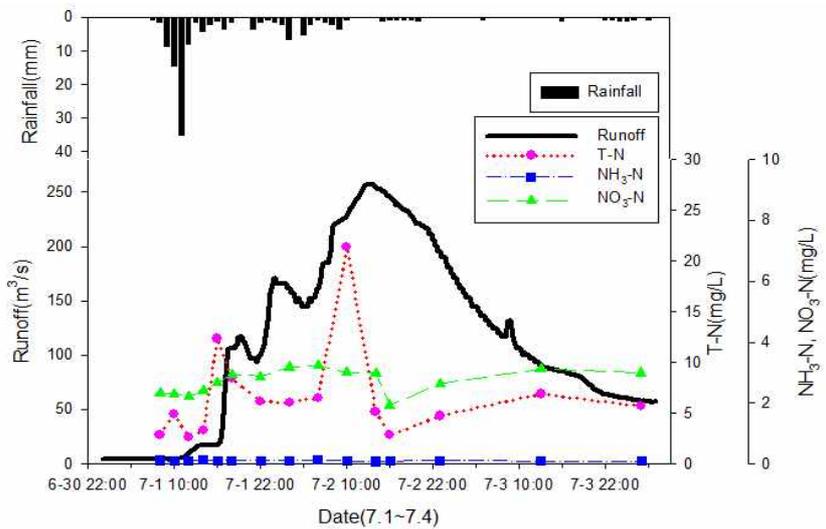
<Fig. 2-88> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 1차



(a) BOD, TOC

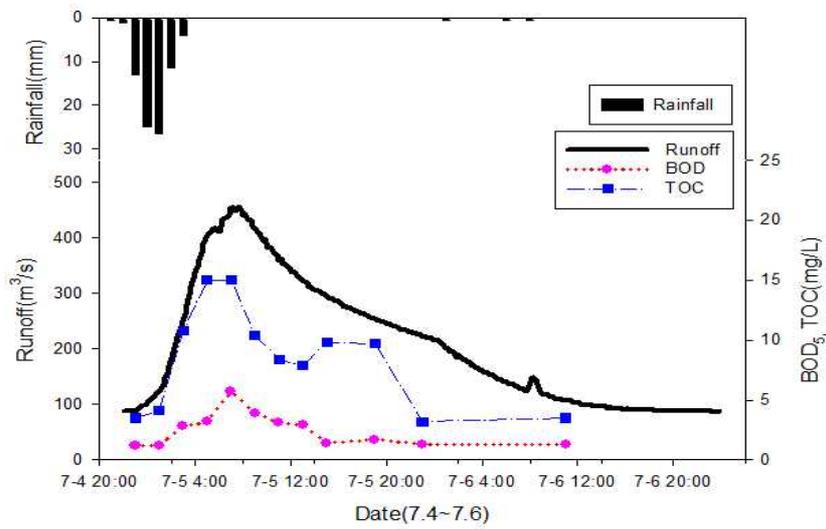


(b) SS, T-P, PO₄-P

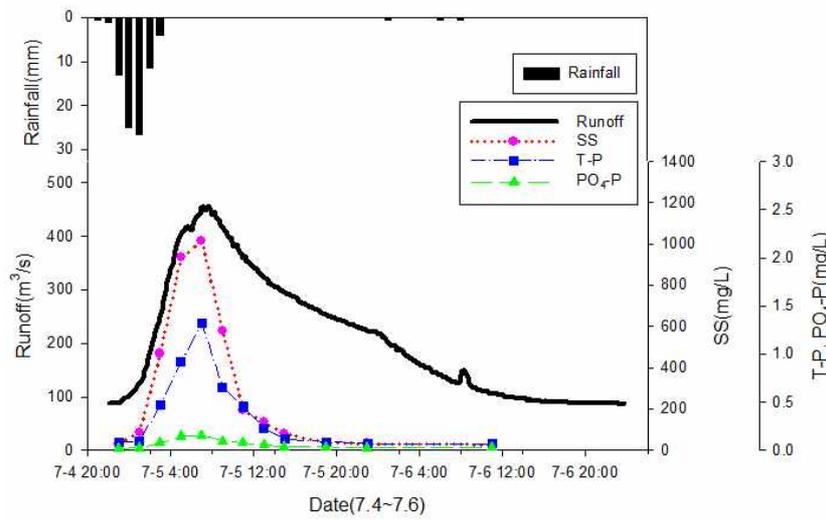


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

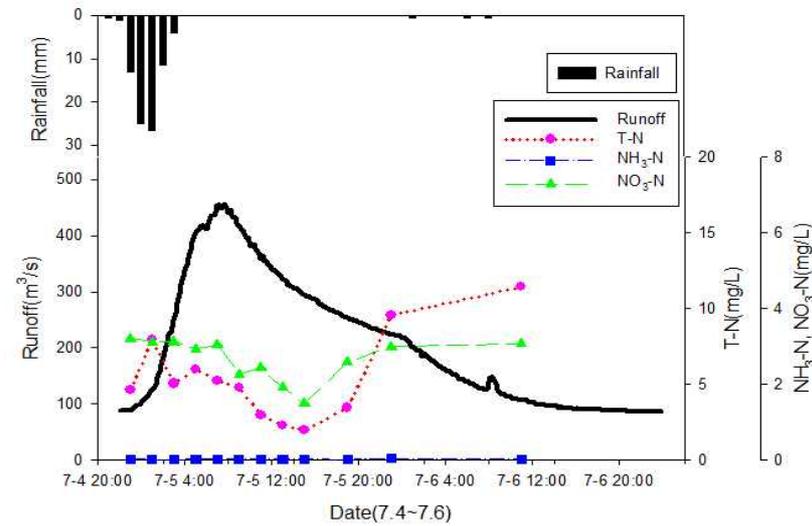
<Fig. 2-89> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 2차



(a) BOD, TOC

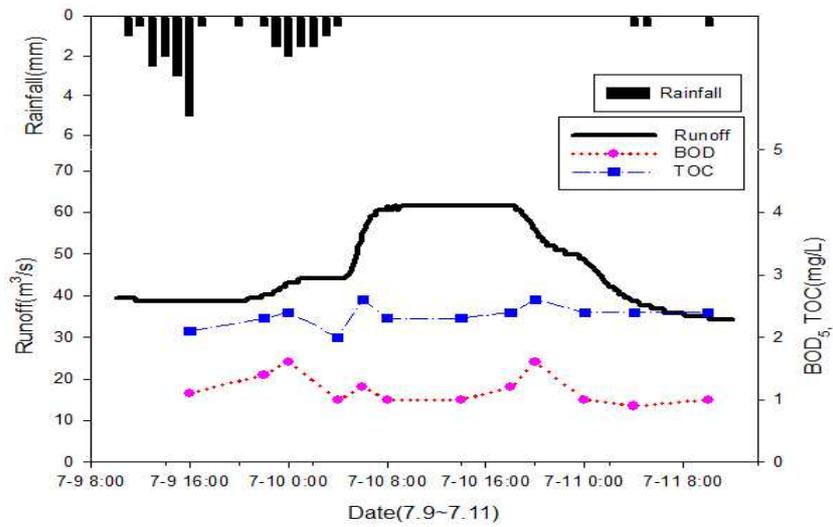


(b) SS, T-P, PO₄-P

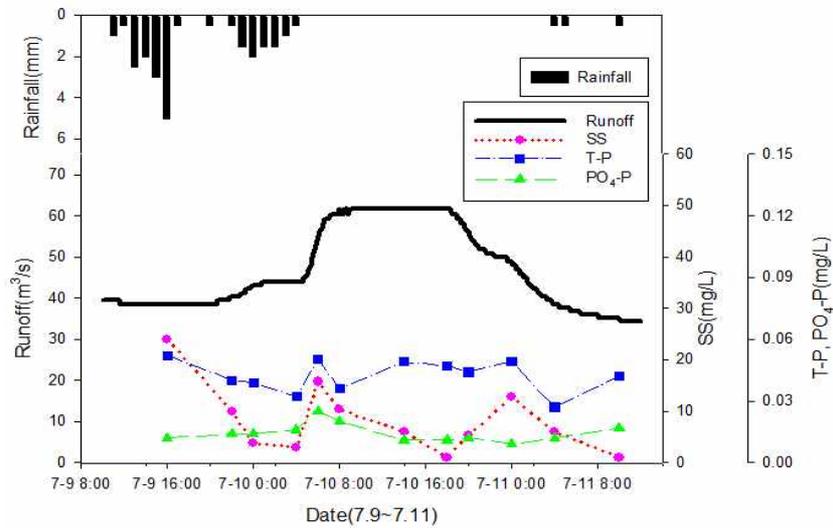


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

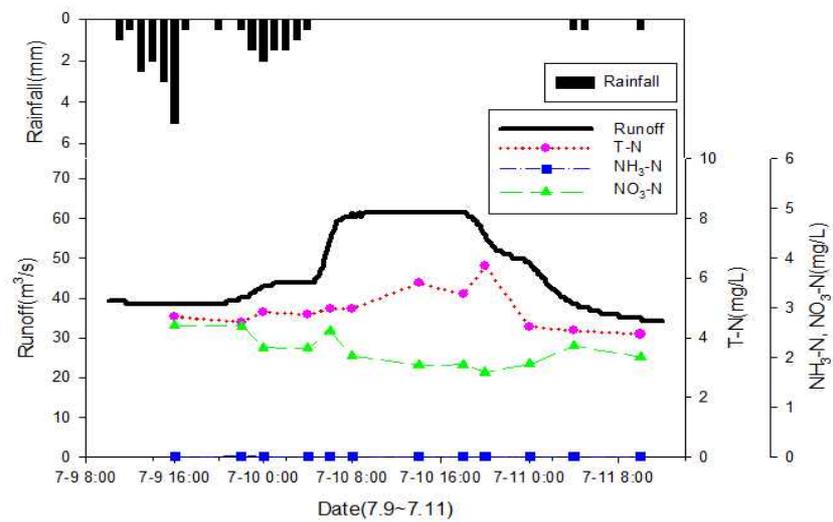
<Fig. 2-90> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 3차



(a) BOD, TOC

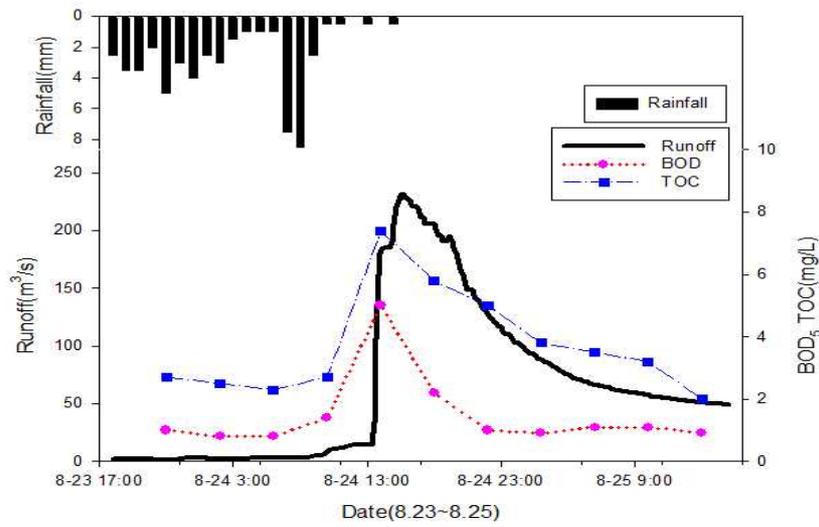


(b) SS, T-P, PO₄-P

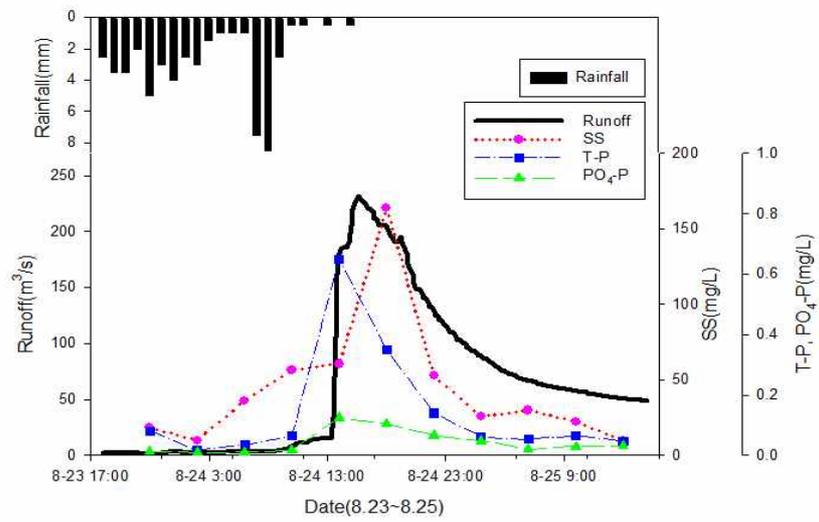


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

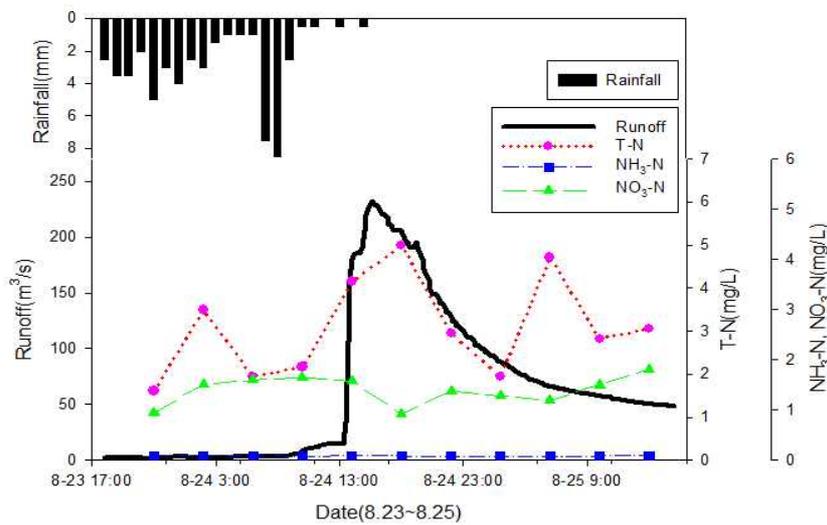
<Fig. 2-91> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 4차



(a) BOD, TOC

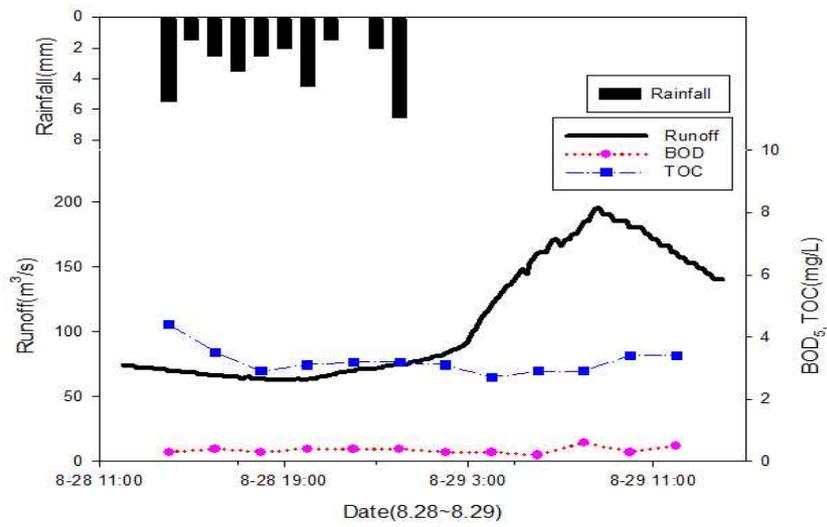


(b) SS, T-P, PO₄-P

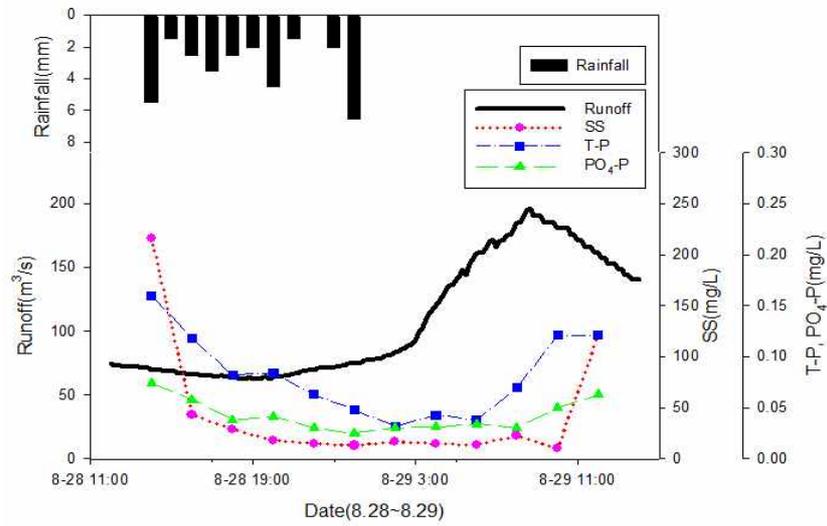


(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

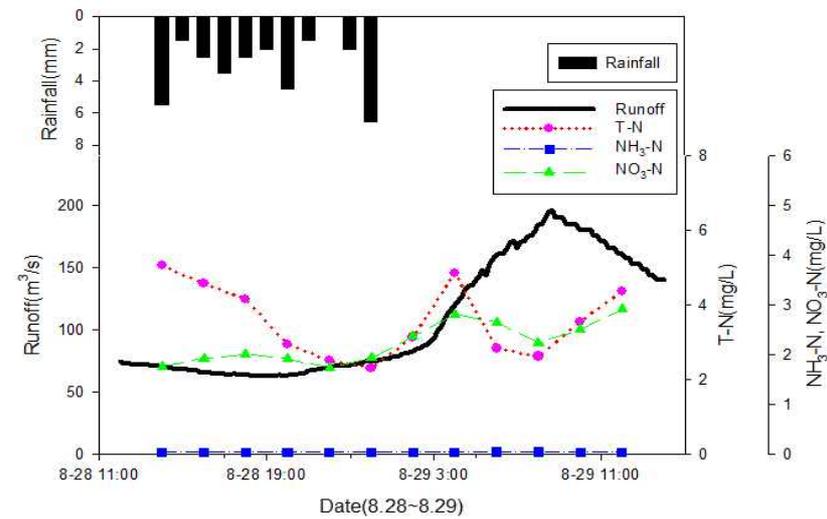
<Fig. 2-92> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 5차



(a) BOD, TOC



(b) SS, T-P, PO₄-P



(c) T-N, NH₃-N, NO₃-N

<Fig. 2-93> 강우시 조사 결과 - 골지천2(제1여량교), 6차

(3) 강우시 EMC 농도 및 부하량 산정

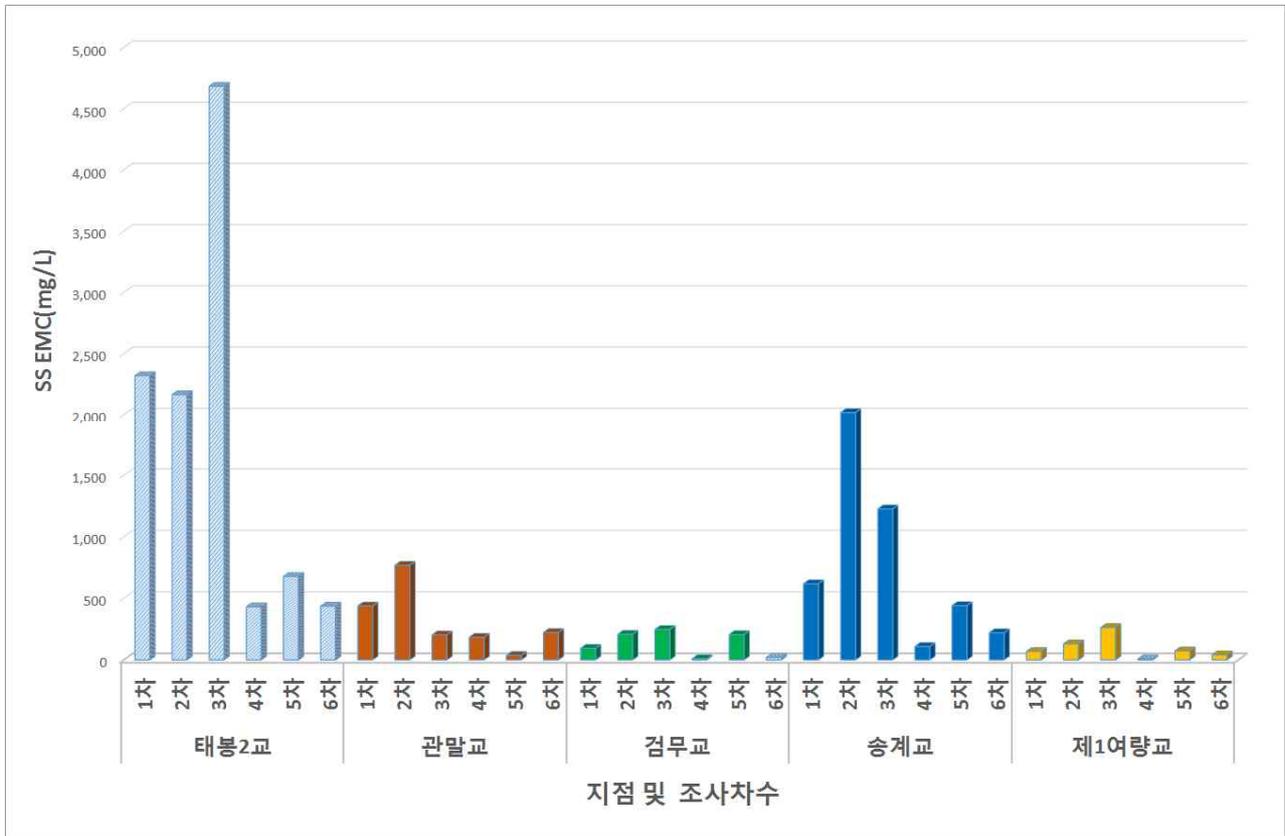
- 각 조사지점별 강우유출수 조사별로 유량과 수질농도를 이용하여 EMC 농도를 산정한 결과 SS 항목의 EMC 농도는 지점별 발생한 강우량의 영향뿐만 아니라 상류의 농경지 영농활동이나 인위적인 영향 등으로 인해 큰 편차가 있는 것으로 보여짐. 각 강우유출수 조사별 EMC 농도는 태봉2교가 가장 큰 것으로 나타났으며, 태봉2교 하류에 있는 송계교가 두 번째로 큰 것으로 나타남. 그러나 유하거리가 긴 제1여량교에서는 EMC 농도가 크게 감소하였으며, 관말교와 검무교도 태봉2교에 비해 상대적으로 작은 것으로 나타남. 또한 EMC 농도는 최대강우강도와 선행무강우일수 그리고 농경지의 영농활동에 의한 영향 등에 따라 상이하며, 강우량 만의 상대적인 크기는 뚜렷하게 나타나지 않음.
- 지점별 수질항목의 EMC를 비교하면 모든 항목에서 태봉2교의 EMC가 가장 컸으며, 특히 SS 항목의 EMC가 1차 2,389.8 mg/L, 2차 2,327.8 mg/L, 3차 3차 4,982.0 mg/L로 가장 컸으며, 4차 조사에서도 432.9 mg/L로 27.0 mm의 적은 강우에도 상당히 큰 것으로 나타남. 태봉2교 하류에 위치하고 있는 송계교의 SS 항목의 EMC도 2차 강우에서 2,018.3 mg/L, 3차 강우에서 1,227.0 mg/L로 높게 나타남. 5차(677.9 mg/L)와 6차(437.2 mg/L) 조사 결과는 1~3차 조사 결과에 비해 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며, 강우량이 비슷한 4차(431.5 mg/L)와 5차의 EMC 농도는 비슷한 결과를 나타냄.
- 수질항목별 EMC 농도 결과는 2015년도 EMC 조사결과(골지천 유역 비점오염원 관리대책 시행계획, 2017) 보다 높은 것으로 나타남. 특히 71.8 mm의 강우가 발생한 1차 조사(7.2~7.3)에서 태봉2교의 SS 항목의 EMC 조사결과는 5,101.1 mg/L로 2015년도 93.0 mm와 30.0 mm의 강우가 발생하였을 때의 SS 항목의 EMC 농도 256.8 mg/L과 523.4 mg/L 보다 상당히 높았음.
- 송계교(15,993 ha)와 유사한 면적의 비점오염원 관리지역인 소양호 상류 자운지구(13,467.7 ha)의 2017년도 강우유출수 조사 결과 중 두 유역의 유사한 강우량의 SS 항목의 EMC 농도를 비교한 결과 송계교의 51 mm(최대강우강도 10.0 mm/hr)의 강우에 618.6 mg/L이며, 자운지구의 52.0 mm(최대강우강도 7.5 mm/hr) 강우에 141.8 mg/L로 나타났으며, 송계교의 116.0 mm(최대강우강도 35.0 mm/hr)의 강우에 2,018.3 mg/L이며, 자운지구의 120.0 mm(최대강우강도 22.5 mm/hr) 강우에 123.3 mg/L로 나타남. 자운지구보다 송계교가 상대적으로 EMC가 큰 것으로 나타났으며, 이는 최대강우강도의 의한 영향과 태봉2교와 같은 흙탕물이 심한 유역의 영향으로 보여짐.
- 골지천 유역의 EMC 분석결과를 강원도 내 흙탕물이 문제가 되어 비점오염원관리지역으로 고시된 소양호 상류 유역(만대, 가아, 자운지구)과 비교함
- 2년간(2017~2018)의 골지천 유역 75개와 소양호 유역 44개 강우유출수 조사결과를 이용하여 강우계급별($P \leq 30$, $30 < P \leq 50$, $50 < P$) 평균 EMC를 산정하여 분석한 결과 소양호 유역의 물골교, 자운

교, 솔정교보다 골지천 유역의 태봉2교가 상대적으로 큰 것으로 나타났으며, 소양호 유역에서는 물골교가 가장 큰 것으로 나타남.

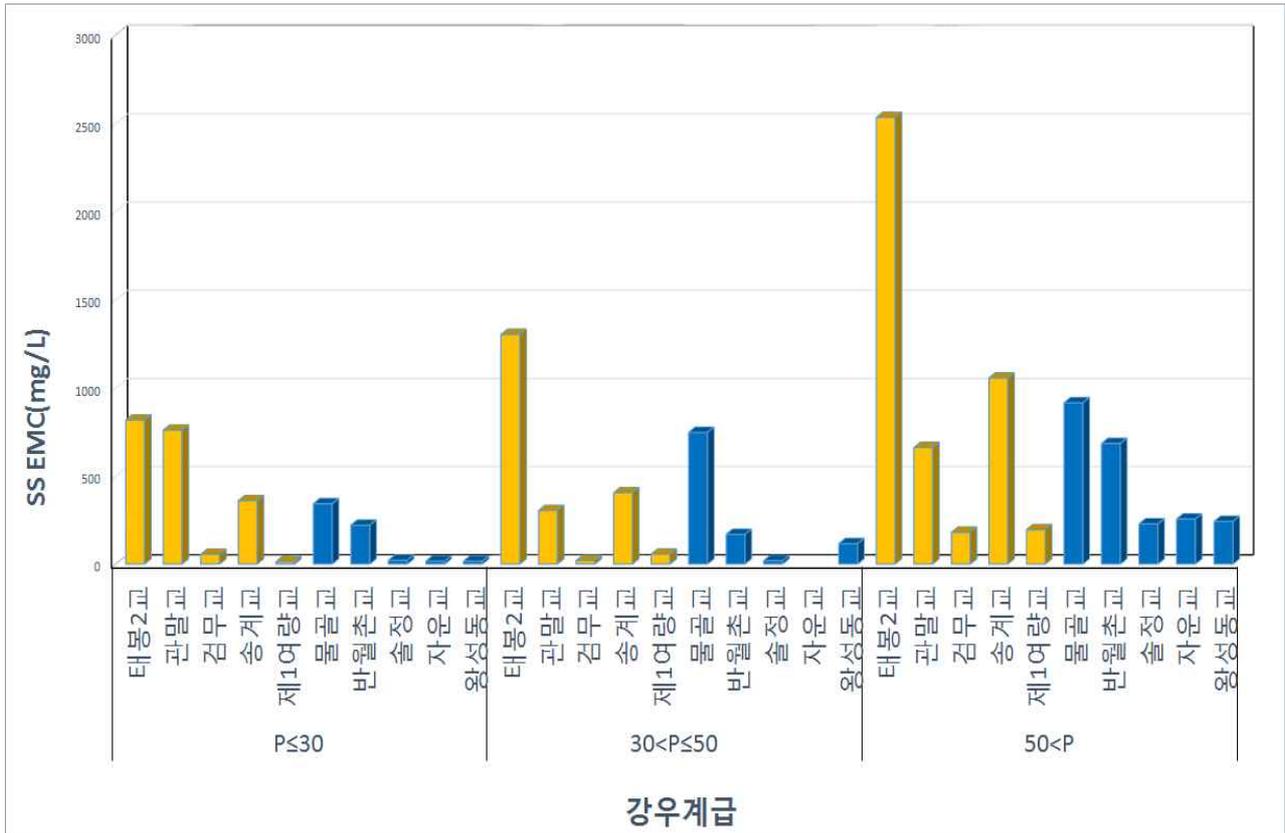
- 지점별로 면적의 차이가 있으나, 태봉2교의 경우 유역면적이 3,923 ha로 물골교(6,424 ha)와 솔정교(4,763 ha)보다 작으나 EMC가 상대적으로 큰 것으로 나타남.

<Table 2-45> 골지천 유역의 강우시 EMC 분석결과

지점명	날짜	강우량 (mm)	총 유량 (m ³)	EMC(mg/L)				
				SS	BOD	TOC	TN	TP
태봉2교	2018. 06. 26. ~ 27.	48.0	128,990	2,319.5	9.8	21.9	15.93	2.50
	2018. 07. 01. ~ 02.	105.5	591,024	2,164.0	12.7	15.4	24.87	1.68
	2018. 07. 04. ~ 05.	64.0	274,644	4,682.0	9.1	28.8	22.03	2.23
	2018. 07. 09. ~ 11.	27.0	288,085	431.5	2.1	5.0	9.28	0.53
	2018. 08. 23. ~ 24.	94.5	1,057,293	677.9	3.6	7.3	7.93	0.92
	2018. 08. 28. ~ 29.	25.0	997,042	437.2	1.3	9.5	8.17	1.04
관말교	2018. 06. 26. ~ 27.	51.0	37,251	438.1	4.1	7.0	7.40	0.76
	2018. 07. 01. ~ 02.	116.0	565,603	768.9	7.2	17.9	10.35	1.15
	2018. 07. 04. ~ 05.	81.5	483,195	203.4	2.7	10.2	6.84	0.49
	2018. 07. 09. ~ 11.	25.0	334,271	183.5	2.5	4.8	5.36	0.55
	2018. 08. 23. ~ 24.	54.0	393,602	36.4	0.5	3.7	5.68	0.09
	2018. 08. 28. ~ 29.	32.0	232,538	222.9	4.1	6.2	4.53	0.24
검무교	2018. 06. 26. ~ 27.	51.0	145,333	94.3	2.6	4.0	4.31	0.17
	2018. 07. 01. ~ 02.	116.0	2,364,430	208.1	3.7	6.9	4.45	0.34
	2018. 07. 04. ~ 05.	81.5	3,023,532	246.9	2.3	6.5	7.16	0.28
	2018. 07. 09. ~ 11.	25.0	1,159,244	9.4	1.3	2.5	3.54	0.03
	2018. 08. 23. ~ 24.	54.0	2,264,018	205.8	3.4	10.6	4.17	0.27
	2018. 08. 28. ~ 29.	32.0	1,265,316	19.6	0.4	3.1	5.81	0.08
송계교	2018. 06. 26. ~ 27.	51.0	298,803	618.6	4.3	12.0	11.41	0.91
	2018. 07. 01. ~ 02.	116.0	4,415,061	2,018.3	8.5	12.1	8.57	1.42
	2018. 07. 04. ~ 05.	81.5	4,740,375	1,227.0	3.8	12.6	5.03	1.07
	2018. 07. 09. ~ 11.	25.0	2,428,053	108.9	1.3	2.9	5.06	0.13
	2018. 08. 23. ~ 24.	54.0	3,616,713	440.8	4.4	9.3	5.19	0.72
	2018. 08. 28. ~ 29.	32.0	2,643,855	220.3	0.7	4.5	5.30	0.20
제1여량교	2018. 06. 26. ~ 27.	51.0	387,906	65.7	1.7	2.7	5.45	0.08
	2018. 07. 01. ~ 04.	121.5	31,420,221	130.0	4.3	4.6	7.16	0.24
	2018. 07. 04. ~ 06.	83.5	36,674,088	277.4	2.4	8.1	6.38	0.36
	2018. 07. 09. ~ 11.	25.0	7,560,738	7.7	1.1	2.4	4.99	0.04
	2018. 08. 23. ~ 25.	54.0	10,595,367	73.5	2.0	5.0	3.73	0.25
	2018. 08. 28. ~ 29.	32.0	9,596,898	41.2	0.4	3.2	3.55	0.08



<Fig. 2-94> 골지천 유역의 지점별 EMC 비교

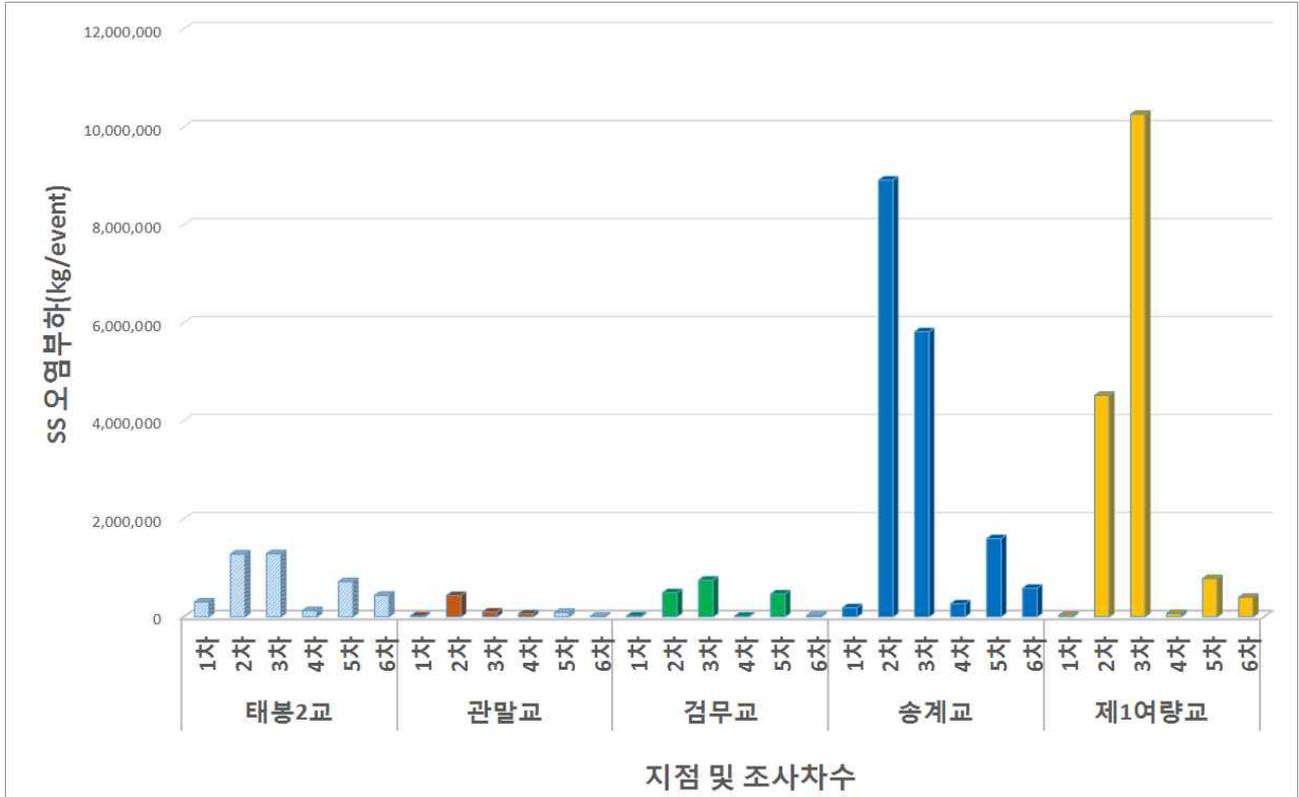


<Fig. 2-95> 타 비점오염원 관리지역과의 EMC 비교

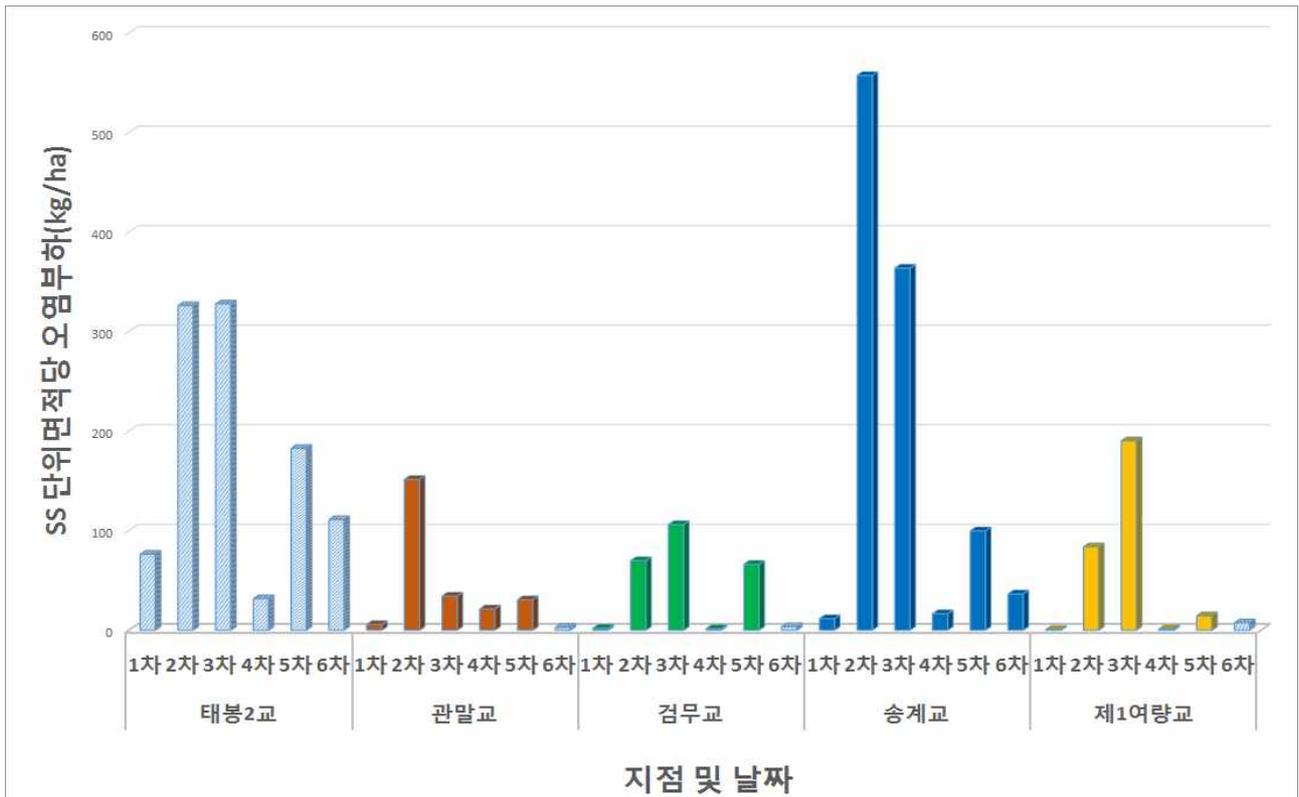
- 유량과 농도의 곱으로 오염부하를 산정하여 각 강우이벤트별 오염부하를 산정한 결과 송계교 상류의 우선관리지역 중 우선관리지역 1인 태봉2교가 299,196 kg/event로 송계교의 오염부하 184,849 kg/event보다 큰 것으로 나타났으며, 관말교와 검무교는 16,320 kg/event와 13,697 kg/event로 상대적으로 작은 것으로 나타남. 특히, 송계교의 오염부하보다 태봉2교의 오염부하가 더 큰 것으로 나타났는데 이는 태봉2교의 SS EMC 농도가 2,389.8 mg/L(산술평균 2,293.8 mg/L)로 송계교 EMC 농도 618.6 mg/L(산술평균 622.3 mg/L)보다 매우 컸기 때문으로 보여짐.
- 2차 강우에서도 태봉2교의 오염부하가 1,278,979 kg/event로 매우 컸으나, 송계교의 오염부하 8,911,058 kg/event보다 작은 것으로 나타났으며, 송계교를 기준으로 태봉2교의 오염부하는 약 14.4%, 관말교 4.9%, 그리고 검무교가 약 5.5%를 차지하는 것으로 나타남.
- 3차에서는 태봉2교가 약 22.1%, 관말교 1.7%, 검무교가 12.8%를 차지하는 것으로 나타남. 3차 조사에서는 검무교가 1~2차에 비해 높은 오염부하를 차지하였는데 이는 검무교 상류에 발생한 국지성 호우로 인해 검무교 유량이 크게 증가하였기 때문으로 보여짐.
- 4차 강우조사에서는 태봉2교가 약 47.0%, 관말교 23.2%, 검무교가 4.1%를 차지하는 것으로 나타남. 4차 조사는 임계측정 지점을 기준으로 25.0 mm의 적은 강우가 발생한 강우유출수 조사 결과로 유량 보다는 상류의 SS 항목의 영향이 컸기 때문에 태봉2교의 오염부하가 가장 많은 비율을 차지 하는 것으로 나타남
- 5차 강우조사에서는 태봉2교가 약 45.0%, 관말교 5.5%, 검무교가 29.2%를 차지하는 것으로 나타남. 5차 조사는 임계측정 지점을 기준으로 54.0 mm의 강우가 발생하였으나, 태봉2교 상류의 삼당령 지점에는 94.5 mm의 강우가 발생하였기 때문으로 보여짐. 또한, 검무교 상류에도 임계지점과 상이한 강우가 발생한 것으로 추측됨.
- 1차부터 6차 조사까지 발생한 오염부하의 합을 이용하여 상류유역의 면적을 고려한 단위면적당 오염부하를 산정한 결과 태봉2교의 SS 항목의 단위면적당 오염부하가 1,055.6 kg/ha로 가장 컸으며, 관말교가 246.11 kg/ha, 그리고 검무교가 249.1 kg/ha로 나타남. 또한, 송계교의 단위면적당 오염부하는 1,085.1 kg/ha로 나타났으며, 제1여량교의 단위면적당 오염부하는 287.3 kg/ha로 나타남.

<Table 2-46> 골지천 유역의 강우시 SS 오염부하와 단위면적당 오염부하

지점명	날짜	오염부하(kg/event)					단위면적당 오염부하(kg/ha)				
		SS	BOD	TOC	TN	TP	SS	BOD	TOC	TN	TP
태봉2교	18.06.26.~27.	299,196	1,263	2,828	2,055	322	76.27	0.32	0.72	0.52	0.08
	18.07.01.~02.	1,278,979	7,477	9,092	14,699	996	326.02	1.91	2.32	3.75	0.25
	18.07.04.~05.	1,285,878	2,508	7,896	6,052	613	327.78	0.64	2.01	1.54	0.16
	18.07.09.~11.	124,319	595	1,434	2,675	153	31.69	0.15	0.37	0.68	0.04
	18.08.23.~24.	716,690	3,774	7,758	8,389	977	182.69	0.96	1.98	2.14	0.25
	18.08.28.~29.	435,867	1,284	9,443	8,148	1,037	111.11	0.33	2.41	2.08	0.26
합계		4,140,929	16,901	38,452	42,019	4,098	1,055.55	4.31	9.80	10.71	1.04
관말교	18.06.26.~27.	16,320	154	261	276	28	5.68	0.05	0.09	0.10	0.01
	18.07.01.~02.	434,870	4,085	10,129	5,854	648	151.36	1.42	3.53	2.04	0.23
	18.07.04.~05.	98,299	1,313	4,935	3,306	238	34.21	0.46	1.72	1.15	0.08
	18.07.09.~11.	61,353	846	1,592	1,793	182	21.36	0.29	0.55	0.62	0.06
	18.08.23.~24.	87,714	1,603	2,433	1,784	95	30.53	0.56	0.85	0.62	0.03
	18.08.28.~29.	8,469	111	869	1,322	20	2.95	0.04	0.30	0.46	0.01
합계		707,026	8,112	20,219	14,335	1,211	246.09	2.82	7.04	4.99	0.42
검무교	18.06.26.~27.	13,697	382	582	627	24	1.95	0.05	0.08	0.09	0.003
	18.07.01.~02.	491,957	8,695	16,416	10,512	794	69.86	1.23	2.33	1.49	0.11
	18.07.04.~05.	746,612	7,010	19,758	21,638	835	106.02	1.00	2.81	3.07	0.12
	18.07.09.~11.	10,879	1,448	2,867	4,099	33	1.54	0.21	0.41	0.58	0.00
	18.08.23.~24.	465,937	7,637	24,057	9,439	607	66.17	1.08	3.42	1.34	0.09
	18.08.28.~29.	24,737	464	3,923	7,349	99	3.51	0.07	0.56	1.04	0.01
합계		1,753,819	25,635	67,604	53,664	2,392	249.05	3.64	9.60	7.62	0.34
송계교	18.06.26.~27.	184,849	1,276	3,580	3,409	271	11.56	0.08	0.22	0.21	0.02
	18.07.01.~02.	8,911,058	37,353	53,443	37,846	6,273	557.18	2.34	3.34	2.37	0.39
	18.07.04.~05.	5,816,209	17,925	59,514	23,834	5,080	363.67	1.12	3.72	1.49	0.32
	18.07.09.~11.	264,514	3,240	7,033	12,295	328	16.54	0.20	0.44	0.77	0.02
	18.08.23.~24.	1,594,253	15,750	33,541	18,754	2,615	99.68	0.98	2.10	1.17	0.16
	18.08.28.~29.	582,480	1,738	11,859	14,025	541	36.42	0.11	0.74	0.88	0.03
합계		17,353,363	77,281	168,970	110,163	15,108	1,085.06	4.83	10.57	6.89	0.94
제1여량교	18.06.26.~27.	25,489	658	1,028	2,115	32	0.47	0.01	0.02	0.04	0.001
	18.07.01.~04.	4,058,345	135,532	145,384	224,995	7,546	75.28	2.51	2.70	4.17	0.14
	18.07.04.~06.	10,173,214	87,791	296,288	233,812	13,082	188.71	1.63	5.50	4.34	0.24
	18.07.09.~11.	57,993	8,602	17,768	37,751	319	1.08	0.16	0.33	0.70	0.01
	18.08.23.~25.	778,193	21,276	52,409	39,568	2,673	14.44	0.39	0.97	0.73	0.05
	18.08.28.~29.	395,578	3,692	30,355	34,043	784	7.34	0.07	0.56	0.63	0.01
합계		15,488,812	257,552	543,232	572,284	24,436	287.32	4.78	10.08	10.62	0.45



<Fig. 2-96> 골지천 유역의 지점별 SS 오염부하 농도 비교



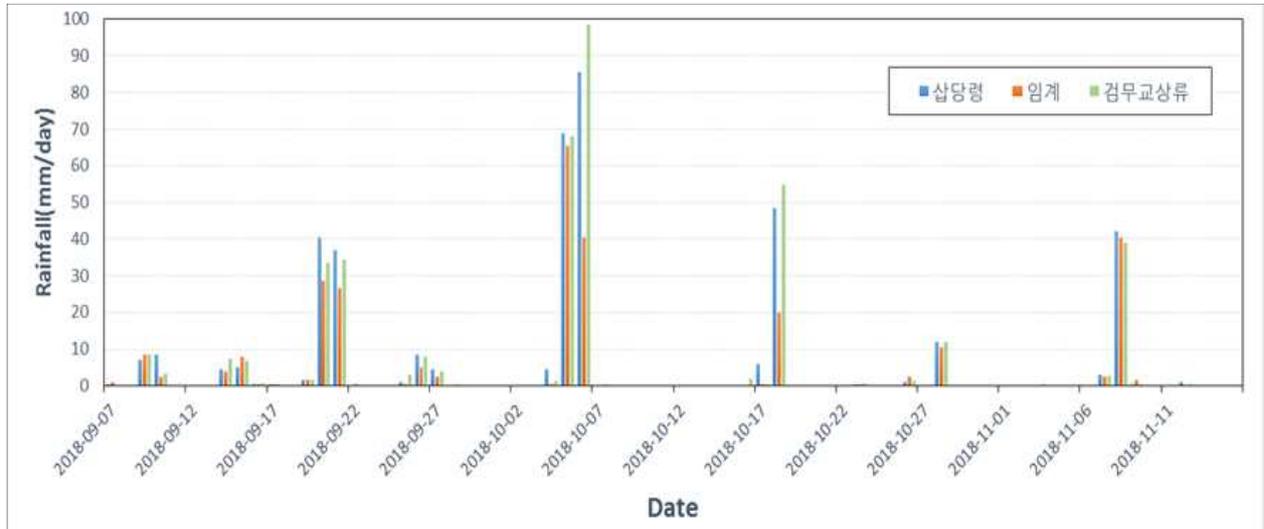
<Fig. 2-97> 골지천 유역의 지점별 SS 단위면적당 오염부하 농도 비교

(4) 골지천 상류 유역별 강수량 비교

- 골지천 상류유역에 위치하고 있는 기상청 관측소 삼당령과 임계지점의 강수량 자료의 경우 삼당령 지점은 태봉2교의 유출량과 유사한 패턴을 보이고, 임계 지점은 송계교 지점과 유사한 패턴을 보임. 그러나, 앞에서도 기술한 바와 같이 검무교 지점의 경우 일부 임계지점과 상이한 유출특성을 보여 검무교 상류에 강수량계를 설치하여 강우특성을 비교함
- 기상청에서 측정한 삼당령과 임계, 그리고 하장 지점의 2018년 1월부터 11월 중순까지 누적강우량을 비교한 결과 삼당령 지점의 강수량이 임계 지점(1,281.5 mm)보다 약 27.9%(1,638.5 mm) 많이 발생한 것으로 나타남. 하장 지점의 강수량은 임계지점과 일별로는 최대 31.5 mm의 차이를 보이나 누적 강우량은 1,294.0 mm로 큰 차이를 보이지 않음.
- 검무교 상류에 6월 14일부터 강수량계를 설치하여 운영하였으나, 데이터가 과소 측정되는 것으로 나타나 강수량계를 점검한 후 9월 7일부터 11월 15일까지 측정된 자료만을 이용하여 비교함.
- 삼당령의 누적 강수량이 393.0 mm로 가장 큰 것으로 나타났으며, 검무교 상류의 강수량은 비슷한 392.8 mm로 나타남. 그러나 검무교 상류의 누적 강수량이 임계 강수량 275.0 mm 보다 117.8 mm 큰 것으로 나타났으며, 일별 강수량 차이는 10월 6일 기준 최대 58.1 mm까지 차이가 발생한 것으로 나타남.
- 따라서, 골지천 유역의 경우 국지성 호우에 따른 지역별 강수량 큰 차이가 발생하기 때문에 모델링을 통한 목표수질 달성도 평가시 강수량계를 설치하여 유역별 측정자료를 이용하여 모델링 검토정에 활용해야 할 것으로 판단됨.



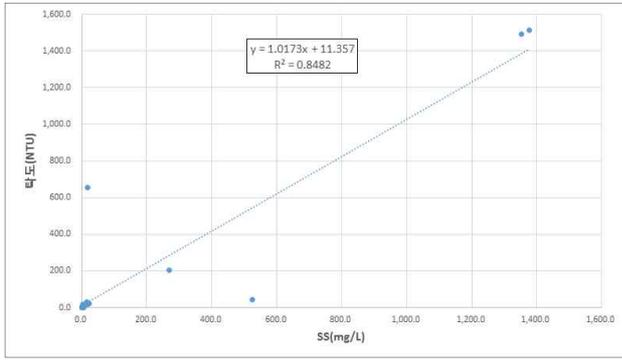
<Fig. 2-98> 골지천 유역의 기상청 강수량 자료 비교



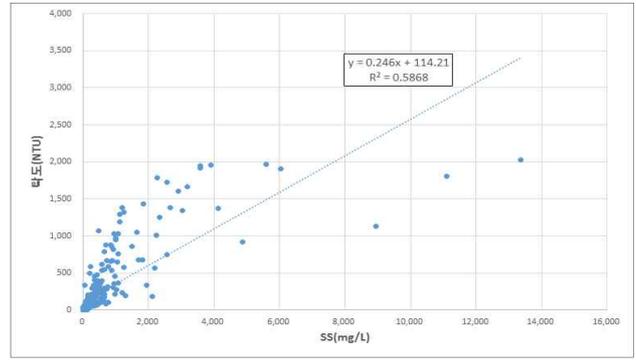
<Fig. 2-99> 골지천 유역의 유역별 강수량 비교

(5) 골지천 상류 유역의 지점별 SS와 탁도의 상관관계 분석

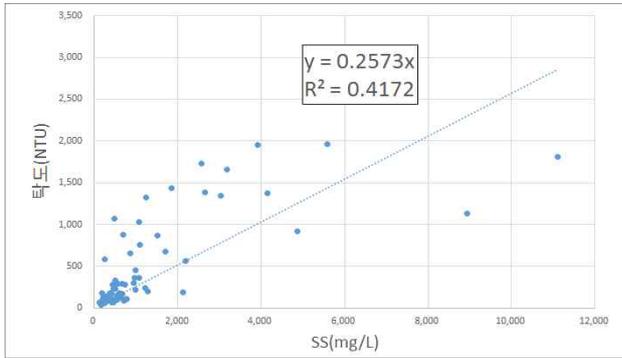
- 골지천 유역에서 측정된 SS 항목과 탁도의 상관관계를 분석하기 위하여 비강우시 측정된 결과와 강우시 측정된 결과를 구분하여 분석하였으며, 5개 지점(태봉2교, 관말교, 검무교, 송계교, 제1여량교)별로 상관관계를 분석함
- 비강우시 지점별로 측정된 30개의 자료를 이용하여 상관관계를 분석한 결과 상관관계는 0.848로 높은 것으로 나타났으나, 일부 시료에서 SS가 탁도에 비해 상대적으로 높거나 또는 탁도가 SS에 비해 상대적으로 큰 편차를 보이는 것으로 나타남.
- 강우시 349개의 시료를 이용하여 상관관계를 분석한 결과 상관관계가 0.5868로 나타나 높지 않은 상관관계가 있는 것으로 나타남. 대체적으로 탁도보다 SS 농도가 높은 경향이 있는 것으로 나타났으며, 이는 지점별로 분석한 결과에서 더욱 뚜렷이 나타나는데 고농도가 유입되는 지점에서 탁도보다 SS가 상대적으로 높게 나타나기 때문으로 보여짐.
- 지점별 상관관계를 분석한 결과 고농도가 유입되는 태봉2교와 송계교 지점에서 각각 0.4172와 0.6601로 낮은 것으로 나타났으며, 관말교와 검무교에서 각각 0.8754와 0.9627로 상대적으로 높은 것으로 나타남. 또한, 상류 지점에 비해 고농도가 적게 유입되는 제1여량교 지점의 경우 0.8985로 나타나 추후 비점측정망 시설에서 탁도를 측정하여 SS로 환산하여 측정하는 방법에 대한 신뢰도의 기초자료로 활용 될수 있을 것으로 판단됨.
- 연구결과와 같이 고농도가 유입되는 지점에서 SS와 탁도의 상관관계를 이용하여 유역 평가 시 주의가 필요할 것으로 판단되나, 반대로 고농도가 적은 유역에서는 탁도를 이용하여 SS로 환산하여 평가하는 방법은 활용이 가능할 것으로 판단됨.



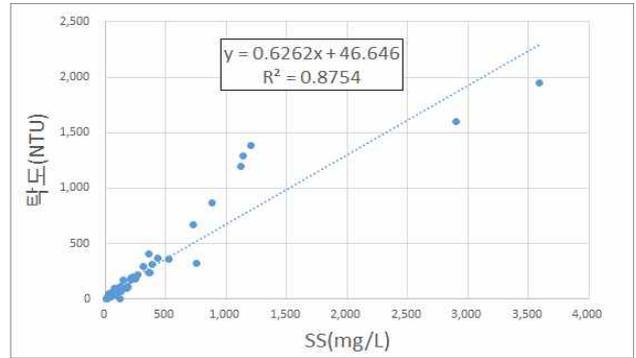
(a) 비강우시



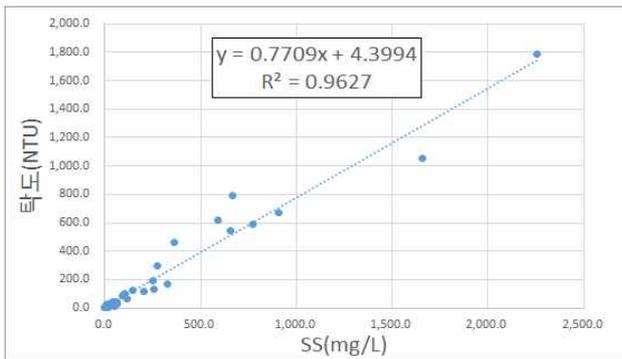
(b) 강우시



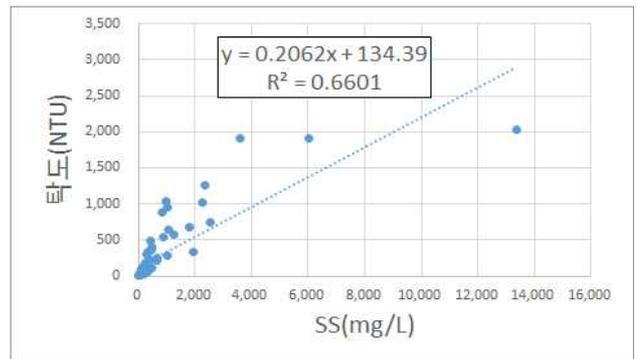
(c) 태봉2교



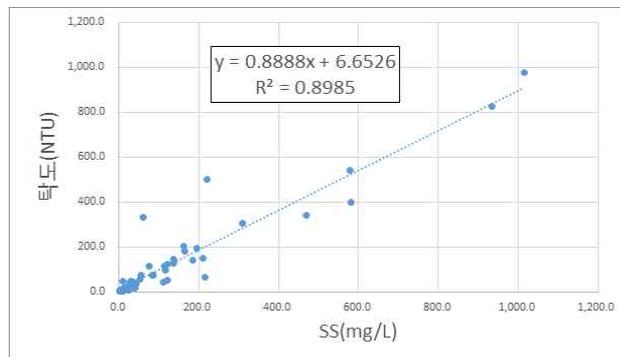
(d) 관말교



(e) 검무교



(f) 송계교



(g) 제1여량교

<Fig. 2-100> 골지천 유역의 SS와 탁도 상관관계 분석

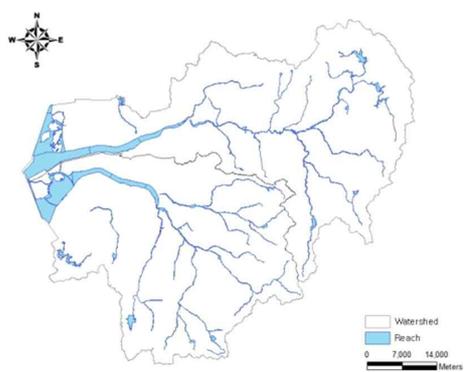
제 3 절 유역모델

1. 유역모델 구축

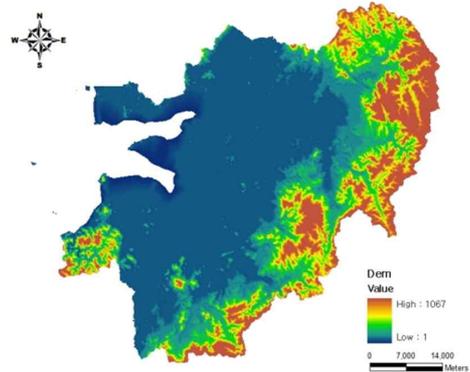
가. 새만금 유역

(1) 모델 구축 개요

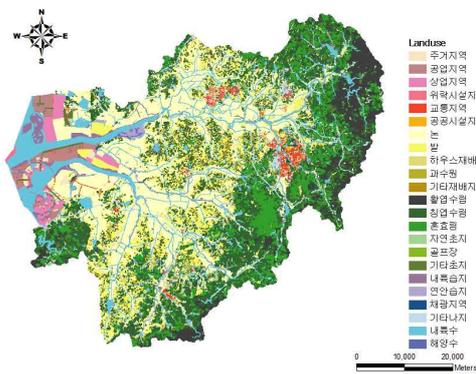
- 본 과업에서 적용하는 유역모델은 ‘비점오염관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사(I)-새만금유역(2017. 국립환경과학원)’에서 적용되었던 HSPF 유역모델을 준용하였음. HSPF 모델은 ‘새만금 수질개선효과 정량화 모델구축(II)(국립환경과학원, 2014)’ 과업부터 ‘새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획(전라북도, 2017)’ 수립까지 적용되었던 모델로 동일한 모델을 2018년 가장 최신의 자료까지 현행화하여 확대 구축하였음
- 새만금 유역의 복잡한 용·배수체계, 외부 유역 공급량 등 유역특성을 반영하여 HSPF 모델을 구축하였으며, 주요내용은 아래와 같음(전라북도, 2017)
 - 유역의 외부유입량 반영 : 용담댐, 섬진강댐
 - 농업관련 특성의 반영(유역 관개 및 회귀용수) : Irrigation Module 적용
 - 새만금의 주요 토지이용인 논·논의 모의 : Paddy Module 적용
 - 정확한 하천 수리특성 제현 : 실제 수체형상을 반영하는 FTABLE 적용
 - 오염부하량 산정 및 유달을 적용
 - 새만금 내부개발계획을 반영하여 내부개발지를 포함하여 유역모델을 구축
- 새만금 전체 유역은 ‘비점오염관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사(I)-새만금유역(2017. 국립환경과학원)’에서 기 구축되었던 모델과 동일하게 총 203개의 소유역(만경 118개, 동진 87개)으로 구성하였으며, 동일한 강우유출 및 기상 특성을 갖게 그룹화하는 과정인 segment는 공간적인 분포 특성을 고려해서 43개의 segment(만경강 25개, 동진강 18개)로 구분하였음
- 새만금 유역은 유역이 광범위 하여 만경강 유역, 동진강 유역으로 나누어 모델을 구축하였으며, 만경강 유역의 유량 검·보정 지점은 국토부 수위-유량측정소인 전주지점 및 대천지점을 선정하였음. 동진강 유역의 유량 검·보정 지점은 국토부 수위-유량측정소인 용동지점과 환경부 측정지점인 동진강 3지점을 대표지점으로 선정 하였음. 만경강 유역의 수질 검·보정 지점은 전주천6 지점, 김제 지점, 만경대교 지점을 대표지점으로 선정하였으며, 동진강 유역의 수질 검·보정 지점은 동진강3 지점, 동진대교 지점을 선정 하였음. 대표지점으로 선정된 유량 및 수질 검·보정 지점은 아래 그림 <Fig. 2-102>와 같음



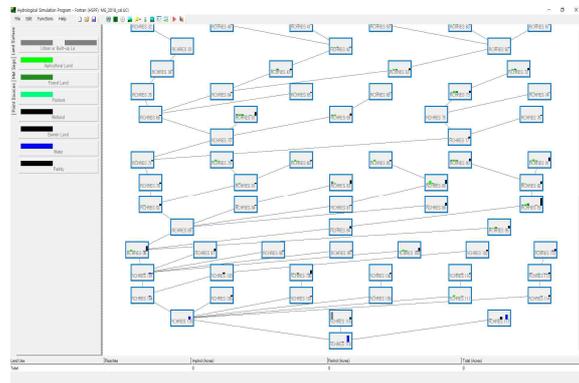
(a) Catchment & Reach



(b) DEM

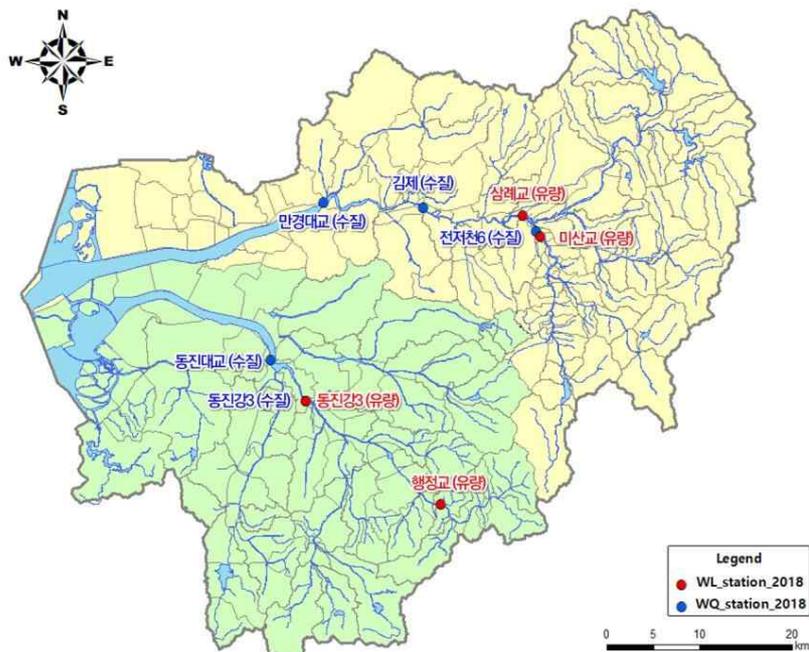


(c) Landuse



(d) HSPF 구축결과

<Fig. 2-101> 새만금 유역 모델 구축 결과



<Fig. 2-102> 새만금 유역 모델 검·보정 지점

(2) 유역모델의 현행화

- 새만금 유역은 기상, 오염원, 저수지 방류량(대아, 경천), 취수량, 외부유역 유입량(용담댐, 섬진강댐 등), 하수처리장 등의 다양한 입력 자료를 필요로 함
- 모델 구축에 필요한 입력자료들은 공인된 기관에서 제공하는 자료를 이용하였으며, 주요자료의 내용은 <Table 2-47>과 같음
- ‘비점오염관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사(I)-새만금유역(2017. 국립환경과학원)’에서 적용된 모델은 2007년~2017년까지 구축되었으며, 본 연구에서는 2018년까지 가장 최신의 자료를 이용하여 확대 구축하였음. 2018년 현행화 결과에 대한 세부 모델 입력자료 구축현황은 아래와 같음

<Table 2-47> 유역모델 구축을 위한 입력자료 현황

자료	출처	Scale	자료 특성	비고
수치고도모델	국토지리정보원	1:5,000	Digital Elevation Model; 10 m × 10 m	기존자료이용
토지이용도 (토지피복도)	환경부/ 환경지리정보/ 한국건설기술연구원	1:25,000	대분류 토지피복 (대지, 산림, 전, 답, 수역 등)	기존자료이용
기상자료	기상청	Daily, hourly	강수량, 평균온도, 상대습도, 일사량, 풍속 등 (2007년~2018년)	최신자료이용
유량	환경부/ 유역환경청/ 국가수자원관리 종합정보시스템	8-day/ month	자동 및 수동 측정망, 총량측정망 자료	최신자료이용
수질	환경부/ 유역환경청	8-day/ month	일반수질측정망, 총량측정망 자료 (수온, DO, SS, BOD, COD, TN, TP 등)	최신자료이용
오염원	국립환경과학원	-	새만금 유역 내 행정단위별 오염원 조사 자료	최신자료이용
취수량	지자체/ 국가수자원관리 종합정보시스템	Monthly, Daily	대상저수지 내 취·양수장 현황 자료수집	기존자료이용
물수지 정보	지역기관/ 국가수자원관리 종합정보시스템	-	상류 농업용 간선수로 등의 물수지 정보 수집	기존자료이용
행정 경계도	국토부/ 수자원공사	-	단위유역도, 중권역도, 대권역도, 시도군 경계도 등	기존자료이용

(가) 기상자료 현행화

- 유역모델에 적용된 기상자료는 전주, 익산, 김제, 정읍 등 새만금 유역 내 10개 관측소의 기온, 강수량, 풍속, 이슬점온도 등 11개년(2007년 1월 1일~2018년 11월 5일)의 자료를 구축하였음.

<Table 2-48> 유역모델(HSPF)에 적용된 기상자료 현황

종류	관측소명	구축기간
종합기상관측소(ASOS)	부안, 군산, 정읍, 전주	2007. 01. 01~2018. 11. 5 (시단위, 일단위)
방재기상관측소(AWS)	김제, 익산, 진봉, 모악산, 태인, 여산	

(나) 환경기초시설 구축 현황

- 본 연구의 모델에 반영된 환경기초시설은 2016년에 신설된 전주혁신도시수질복원센터, 동진공공하수처리장 및 백산공공하수처리장 등 3개의 신설하수처리장까지 포함하여, 만경강 유역 15개소, 동진강 유역 9개소로 총 24개의 하수처리장이 반영되었음
- 유역 내 24개소의 하수처리장 운영자료인 방류량, 방류수질(BOD, DO, 수온, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, Organic N, Organic P, Organic C, SS 등) 자료를 전주시, 군산시, 익산시, 김제시 등 각 지자체로 요청하여 2018년 9월 30일 자료까지 확보하여 반영하였음

<Table 2-49> 새만금 유역 주요 환경기초시설 운영자료 구축현황

유역	시설명	자료구축기간	비고
만경강 유역	구이공공하수처리장	2008-06-25 ~ 2018-09-30	
	전주하수종말처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	전주혁신도시수질복원센터	2015-06-25 ~ 2018-09-30	만경(2016년 신설)
	소양공공하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	고산공공하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	금마하수처리장	2008-10-01 ~ 2018-09-30	
	완주(삼례)하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	익산하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	익산북부하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	새만금서수하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	새만금대야하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	새만금임피하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	새만금회현하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	만경공공하수처리장	2008-06-25 ~ 2018-09-30	
새만금옥서하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30		
동진강 유역	신태인하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	정읍하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	김제금산하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	김제금구하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	김제하수하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	계화공공하수처리장	2008-06-26 ~ 2018-09-30	
	부안하수처리장	2007-01-01 ~ 2018-09-30	
	동진공공하수처리장	2014-11-18 ~ 2018-09-30	동진(2016년 신설)
	백산공공하수처리장	2014-11-18 ~ 2018-09-30	동진(2016년 신설)

(다) 외부유입량 및 기타 자료 구축현황

- 새만금 유역에서는 용담댐, 섬진강댐 방류량 및 금강용수(서포양수장, 나포양수장) 등의 유역변경 용수가 유입되고 있으며, 외부유입량은 현재 2018년 가장 최근의 외부유입용수량 자료를 확보하여 모델에 반영하였음.
- 그 외 대아, 경천 저수지 방류량, 생활용수 취수량, 새만금 유역 내 농업용수를 위해 취수되는 통수량(대아대간선, 동진강도수로, 김제·정읍간선 등) 등의 자료도 2018년 최근자료를 확보하여 모델에 반영하였음
- 유역변경 용수 및 농업용수 통수량 자료의 구축현황은 아래표와 같으며, 기타 모델 기초자료인 국가공간정보유통시스템(수치고도모델), 환경부 환경지리정보원(토지피복도) 등의 자료는 기존 모델의 값을 활용하였음

<Table 2-50> 새만금 유역 외부유입유량 현황

구분	시설명	자료구축기간	비고
댐방류량 및 방류수질	용담댐 방류량	2007.1.1. ~ 2018.11.10	
	섬진강댐 방류량	2007.1.1. ~ 2018.11.10	운암, 칠보
금강용수 양수량	서포	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	나포	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
저수지 방류량	대아	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	경천	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
생활용수취수량	고산	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	칠보	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	금강	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	신흥	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
새만금 유역 지간선 통수량	어우보 취입량	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	동진강도수로	2007.1.1. ~ 2018.9.30	
	김제·정읍간선	2007.1.1. ~ 2018.9.30	

나. 골지천 유역

(1) 모델 구축 개요

- 본 연구에서 적용하는 유역모형은 '골지천 유역 비점오염원 관리대책 시행계획(강원도, 2017)' 수립에 사용된 모형을 바탕으로, "비점오염관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사(I)-새만금유역(2017. 국립환경과학원)"를 통해 추가적으로 선정된 현장 모니터링 지점을 반영하여 더욱 상세하고 정밀한 모의가 가능하도록 세분화하여 구축되었으며, 2018년 현재 수집 및 적용할 수 있는 가장 최신의 고해상도 자료(지형고도, 지표피복, 기상, 배출시설, 수리구조물 운영현황 등)를 이용하여 현행화 하였음
- 골지천 유역은 상대적으로 대규모 개발 사업에 의한 인간 활동의 밀도가 높지 않아, 자연적 유황 특성을 나타내는 상류유역에 해당하나, 골지천(광동댐)과 송천(도암댐) 상류에 각각 하천흐름의 단절 및 인위적 유량조절을 발생시킬 수 있는 대규모 수리구조물이 위치하고 있음
- 도암댐의 경우, 관리 및 운영주체인 한국수력원자력에서 2012년 이후 수문조절에 의한 운영을 중단하고, 자연월류를 통해 하류로 방류하고 있으며, 광동댐은 한국수자원공사에서 취수 및 농업용수 공급, 수문조절(비상방류 포함), 월류 등을 통해 인위적 운영이 지속되고 있음
- 따라서 자연월류 방식의 도암댐은 월류고를 고려하여 FTABLE에 반영하여 상류로부터 모의하되, 광동댐은 용수공급(취수장 및 가압취수장, 농업용수공급 등)을 제외한 방류량만을 고려하여 PCS 데이터를 통해 하류로 전달할 수 있도록 WDM 데이터베이스를 구축하여 적용하였음
- 적용된 HSPF는 관리지역인 임계지점까지 17개(RCH1 ~ RCH17), 광동댐 상류로부터 제1여량교 지점에 달하기까지 14개(RCH18 ~ RCH31), 송천유역에 14개(RCH32 ~ RCH45), 골지A 말단(RCH46)을 포함하여 총 46개의 소유역으로 구분하였음
- 유역모형의 보정 및 검증 지점은 본 연구를 통해 모니터링을 수행하고 있는 골지천 유역의 5개 지점(태봉2교, 관말교, 검무교, 송계교, 제1여량교) 외 골지A 단위유역 말단과 환경부 한강홍수통제소에서 수위-유량자료를 제공하고 있는 수위측정망 4개 지점(송계교, 혈천교, 제1여량교, 송천교)으로, 중복되는 2개 지점(송계교, 제1여량교)을 제외하면 총 7개 지점임(Fig. 2-103).



<Fig. 2-103> 골지천유역 모델 검·보정 지점

(2) 유역모델의 현행화

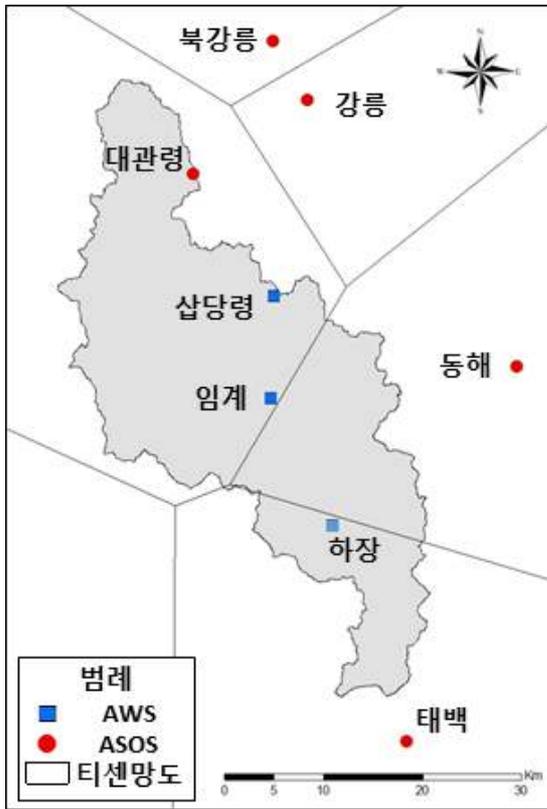
- 골지천 유역은 종관기상관측망(강릉, 대관령, 동해, 태백), 방재기상관측망(삼당령, 임계, 하장), 댐 방류량(광동, 도암), 취수량(광동 취수장, 사미가압장), 농업용수공급량, 환경기초시설(임계공공하수처리시설, 대관령공공하수처리시설, 여량공공하수처리시설, 북평마을하수도) 등의 다양한 입력 자료를 필요로 함
- 모델 구축에 필요한 입력 자료는 공인된 기관에서 제공하는 자료를 이용하였으며, 주요자료의 내용은 <Table 2-51>과 같음
- ‘비점오염관리지역 모니터링 및 유출부하량 조사(I)-골지천유역(2017. 국립환경과학원)’에서 적용된 모델은 2004년~2017년까지 구축되었으며, 본 연구에서는 2018년까지 가장 최신의 자료를 이용하여 확대 구축하였음

<Table 2-51> 골지천 유역모델 구축을 위한 입력자료 현황

자료	출처	Scale	자료 특성	비고
수치고도모델	국토지리정보원	1:5,000	Digital Elevation Model; 10 m × 10 m	기존자료이용
토지이용도 (토지피복도)	환경부/ 환경지리정보/ 한국건설기술연구원	1:25,000	대분류 토지피복 (대지, 산림, 전, 답, 수역 등)	기존자료이용
기상자료	기상청	Daily, hourly	강수량, 평균온도, 상대습도, 일사량, 풍속 등 (2004년~2018년)	최신자료이용
유량	환경부/ 유역환경청/ 국가수자원관리 종합정보시스템	8-day/ month	자동 및 수동 측정망, 총량측정망 자료	최신자료이용
수질	환경부/ 유역환경청	8-day/ month	일반수질측정망, 총량측정망 자료 (수온, DO, SS, BOD, COD, TN, TP 등)	최신자료이용
오염원	국립환경과학원	-	새만금 유역 내 행정단위별 오염원 조사 자료	최신자료이용
취수량	지자체/ 국가수자원관리 종합정보시스템	Monthly, Daily	대상 댐 내 취·양수장 현황 자료수집	기존자료이용
물수지 정보	지역기관/ 국가수자원관리 종합정보시스템	-	상류 농업용 간선수로 등의 물수지 정보 수집	기존자료이용
행정 경계도	국토부/ 수자원공사	-	단위유역도, 중권역도, 대권역도, 시도군 경계도 등	기존자료이용

(가) 기상자료 현행화

- 종관기상관측망을 토대로 분석된 Thiessen 망에 따르면, 골지A 유역은 대관령, 태백, 동해 기상대의 직접적인 영향권에 포함되는 것으로 판단할 수 있으나, 이재수 (2015)는 이러한 분석이 산악효과를 고려할 수 없다고 제시한 바 있음
- 이에 따라, 산악효과로 인한 기상자료 적용의 문제와 향후 발생할 수 있는 결측 항목의 보완을 위해, 주변 종관기상측정망 지점인 강릉 지점까지 확대하여 기상자료를 구축하였음
- 한편, 기록이 극심한 대상지역의 지형을 고려할 때, 종관기상관측망 만으로는 충분한 반영이 어려울 것으로 판단하여 방재기상관측망(AWS) 지점인 삼당령, 임계, 하장 지점의 자료를 추가 분석하여, 기상자료를 구축하였음



[관측지점]

관측망 분류	관측지점 (7개소)
ASOS	강릉, 대관령, 동해, 태백
AWS	삼당령, 임계, 하장

[취득항목]

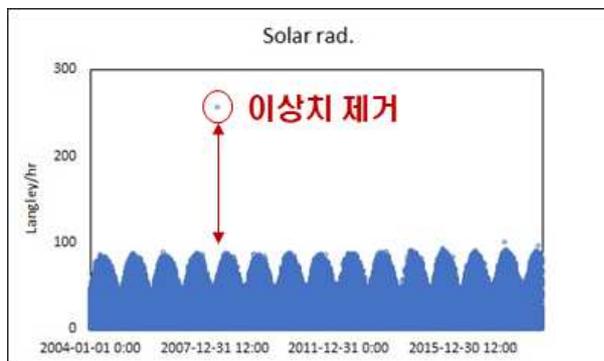
지역	자료출처	수집항목(6개 항목)
2004년 1월 1일 ~ 2018년 11월 15일	기상청 (기상정보 개방포털)	기온, 이슬점, 강수량, 풍속, 일사량, 전운량

[최종분석항목]

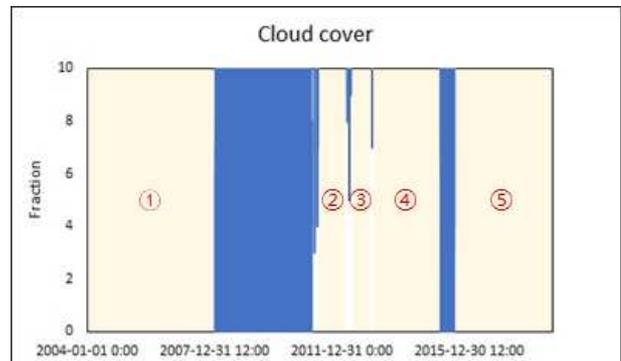
Hourly (시간별 자료)		Daily (일별 자료)	
PREC (강수량)	SOLR (일사량)	TMAX (최대기온)	DPTP (평균이슬점)
EVAP (증발량)	PEVT (잠재증발산)	TMIN (최저기온)	DSOL (총일사량)
ATEM (기온)	DEWP (이슬점온도)	DWIND (총풍속)	DEVT (평균증발산)
WIND (풍속)	CLOU (전운량)	DCLO (평균전운량)	DEVP (평균증발량)

<Fig. 2-104> 유역모형 현행화를 위한 기상관측지점 및 분석자료

- 기상청에서 제공되는 기상자료 중 기온, 이슬점온도, 강수량, 풍속, 일사량, 전운량 등의 총 6개 자료를 분석의 일관성 유지를 위해 2004년 1월부터 2018년 11월 15일까지 환경부 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)로부터 일괄 취득한 뒤 현행화 하였음
- 분석된 자료 중, 이상치 및 결측자료 검토를 통해, 필요시 인근 기상대의 관측자료로 대체할 수 있도록 한 뒤, WDMutil 프로그램을 통해 유역모형 HSPF 구동을 위한 WDM Database로 구축하였음



(a) 이상치 제거 예시

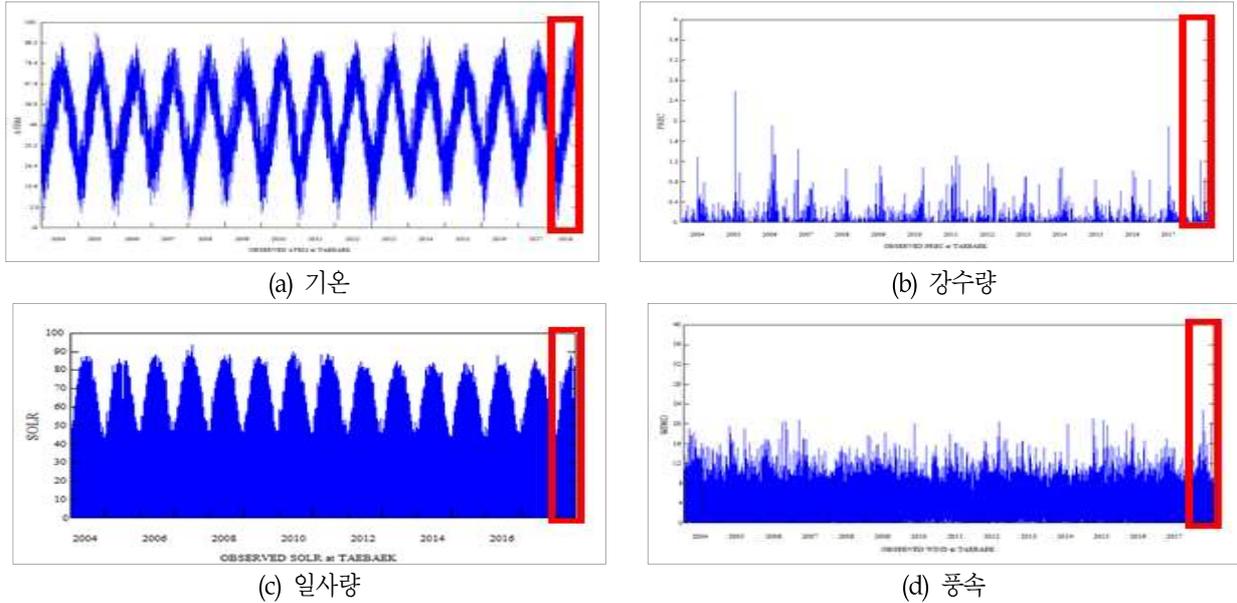


(b) 결측치 검토 예시

<Fig. 2-105> 기상자료 이상치 및 결측치 검토

- 구축된 기온(DSN : 3), 이슬점온도(7), 강수량(1), 풍속(4), 일사량(5), 전운량(8) 시간별 기상자료를

바탕으로 WDMUtil을 이용하여 일최대기온(9), 일최저기온(10), 일별 총풍속(11), 일사량(14), 일평균 전운량(12), 이슬점온도(13), 일평균 증발량(16), 일평균 잠재증발산량(15), 시간별 증발량(2), 시간별 잠재증발산량(6) 등 총 16가지 기상자료를 산정하였음



<Fig. 2-106> 기상자료의 WDM DB 구축 (태백기상대 예)

(나) 환경기초시설 구축 현황

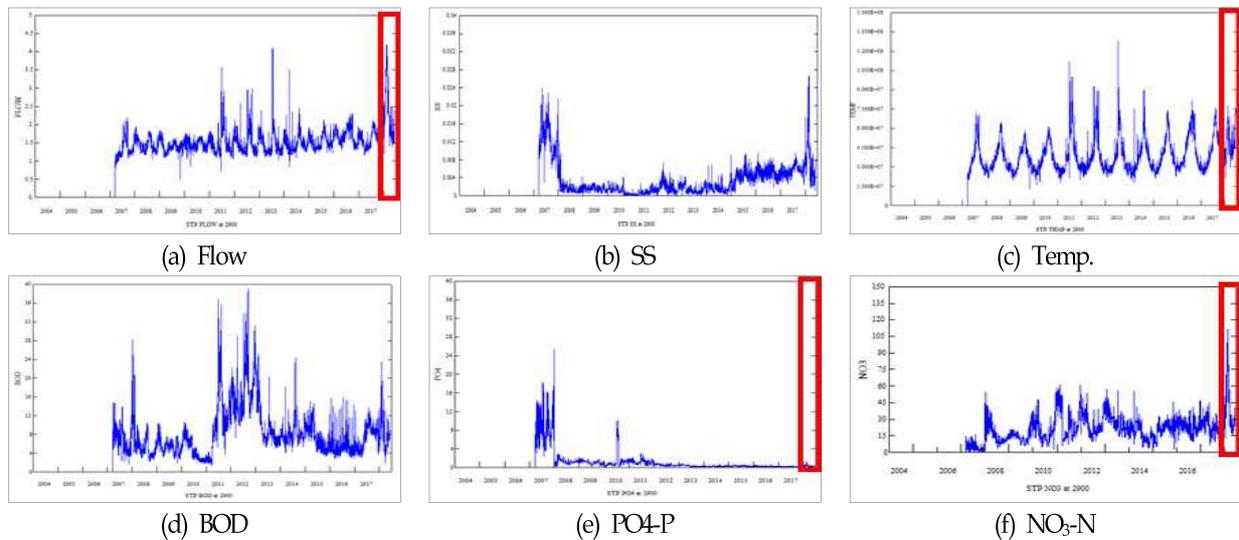
- 전국오염원조사(2016) 자료를 바탕으로, 골지A 단위유역에서 수질오염총량관리를 위한 할당 대상인 처리용량 200톤/일 이상의 배출시설을 분석하면, 총 4개(임계공공하수처리시설, 대관령공공하수처리시설, 여량공공하수처리시설, 북평마을하수도)의 환경기초시설을 확인할 수 있음
- 2018년 8월 현재, 시기적으로 2017년도 전국오염원조사 확정자료 취득의 문제, 2018년도 환경기초시설 운영자료 취득 문제 등으로 인해, 강원도에 협조요청을 통해 최근 운영자료를 취득하여, 기상자료와 같이 적정 단위환산(ENGL; FPS 단위계) 후 WDM Database로 구축하였음



[대상유역 내 200톤/일 이상 배출시설]

처리시설명	처리용량(톤/일)	소유역 번호
임계공공하수처리시설	600 m ³ /일	18번 소유역
대관령공공하수처리시설	5,000 m ³ /일	37번 소유역
여량공공하수처리시설	300 m ³ /일	46번 소유역
북평마을하수도	300 m ³ /일	46번 소유역

<Fig. 2-107> 골지A 단위유역 내, 적용대상 배출시설



<Fig. 2-108> 배출시설 WDM 구축자료 (대관령공공하수처리시설 예)

2. 새만금 유역모델 보·검증

가. 유역모형의 보정 및 검증

- 모델의 구축기간은 2007년~2018년이며, 기존의 환경부 수위-유량자료 및 환경부 수질측정망 자료를 이용하여 최근 6년(2013년부터 2018년)의 유량과 수질에 대한 HSPF 모델 보·검증을 수행하였음. 본 연구를 통해 모니터링이 수행된 6개 지점(무명천, 오산, 만경대교, 금구천, 군포교, 동진대교)의 모니터링 결과도 시단위 정밀보정시 반영하여 보정을 실시하였음. 유량 및 수질모의에 적절한 매개변수를 선정하여 변화시키면서 단순시행착오법에 의해 유량, 질소, 인, Chl-a, BOD 순으로 보정하였음
- HSPF의 유량 모의에서 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 PERLND 모듈 PWAT-PARM2 Block의 LZSN, INFILT, KVAR, AGWRC와 PWAT-PARM3 Block의 DEEPER, PWAT-PARM4 Block의 UZSN, INTFW, IRC 등의 매개변수가 있음
- HSPF의 수질 모의에서 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 KBOD20, KODSET, KTAM20, KNO220, KNO320 등의 매개변수가 있음
- 만경강 유역 및 동진강 유역에서 사용된 유량 및 수질관련 주요 매개변수의 값은 아래 <Table 2-52~Table 2-53>과 같으며, 매개변수의 범위는 HSPF Technical note(US EPA, 2000)와 HSPF Version 12 User's Manual(Bicknell, 2001)에 제시된 범위에 해당하는 것으로 나타남

<Table 2-52> 새만금 유역 HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수

Parameter	Description	Unit	Model range	Possible range	This Study
LZSN	Lower Zone Nominal Soil Moisture Storage	in	0.01~100.0	2.0~15.0	3.0~6.5
INFILT	Index to Infiltration Capacity	in/hr	0.0001~100.0	0.001~0.5	0.005~0.15
KVARY	Variable groundwater recession	1/in.	0.0~5.0	0.0~5.0	0.39~1.3
AGWRC	Base groundwater recession	none	0.001~0.999	0.85~0.999	0.98~0.996
DEEPR	Fraction of GW inflow to deep recharge	none	0.0~1.0	0.0~5.0	0.03~0.035
UZSN	Upper zone nominal soil moisture storage	in	0.01~10.0	0.05~2.0	1.128
INTFW	Interflow inflow parameter	none	0.0~none	1.0~10.0	1.0~1.05
IRC	Interflow recession parameter	none	0.1~30.0	0.3~0.85	0.3~0.5

<Table 2-53> 새만금 유역 HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수

Parameter	Description	Unit	Model range	This Study
KBOD20	Unit BOD decay rate at 20°C	1/hr	1.0×10^{-30} ~none	0.001~0.255
KODSET	BOD settlingrate	ft/hr	0~none	0~0.102
REAK	Empirical constant in the equation used to calculate the reaeration coefficient	1/hr	1.0×10^{-30} ~none	0.14~0.84
BRBOD	Base release rate of BOD materials	mg/m ²	0.0001~none	0.001
CVBO	Conversion from milligrams biomass to milligrams oxygen	mg/mg	1.0~5.0	1.93
CVBPC	Conversion from biomass expressed as phosphorus to carbon	moles/mol	50~200	106
CVBPN	Conversion from biomass expressed as phosphorus to nitrogen	moles/mol	10~50	16
BPCNTC	Percentage of biomass which is carbon	none	10~100	49
BRNIT	The benthic release rates of ammonia under aerobic and anaerobic condition	mg/m ²	0.0~none	0
KTAM20	Nitrification rates of ammonia at 20°C	1/hr	0.001~none	0.001~0.1
KNO220	Nitrification rates of nitrate at 20°C	1/hr	0.001~none	0.022~0.082
KNO320	Denitrification rates at 20°C	1/hr	0.001~none	0.004~0.084

- 실측유량과 모의유량의 적합성을 평가하기 위해 NSE(Nash-Sutcliffe efficiency), RMSE(Root mean square error) 및 상대오차(% difference) 등을 검토하였으며, 실측수질과 모의수질의 적합성을 평가하기 위해 평균편이 RMSE와 상대오차(%Difference)를 검토하였음

$$RSME = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2} \quad ; \quad O_i = \text{실측치}, S_i = \text{모의치}$$

$$NSE = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \right) \quad ; \quad n = \text{데이터의 개수}, \bar{O}_i = \text{실측치 평균}$$

$$O/S = \frac{\bar{O}_i}{\bar{S}_i} \quad ; \quad \bar{S}_i = \text{모의치 평균}$$

$$\%difference = \frac{\left| \sum_{i=1}^N O_i - \sum_{i=1}^N S_i \right|}{\sum_{i=1}^N O_i} \times 100$$

- <Table 2-54>는 유역모형 보·검증에 있어서 모형효율을 평가하기 위한 결정계수로서 %Difference의 적용 기준을 나타낸 것임

<Table 2-54> 모형 효율 평가를 위한 %Difference의 범위(절대값)

Constituent	Very good	Good	Fair
Hydrology / Flow	< 10	10 ~ 15	15 ~ 25
Water temperature	< 7	8 ~ 12	13 ~ 18
Sediment (SS)	< 20	20 ~ 30	30 ~ 45
Water Quality / Nutrients	< 15	15 ~ 25	25 ~ 35
Pesticides / Toxics	< 20	20 ~ 30	30 ~ 40

- 한편, 유역 수문 검·보정에 있어서는 R²를 추가적인 지표로 평가하였으며, 이 역시 Donigian(2002)과 US EPA(2011)가 제시한 평가기준을 적용하였음

<Table 2-55> R² Value Ranges for Model Performance

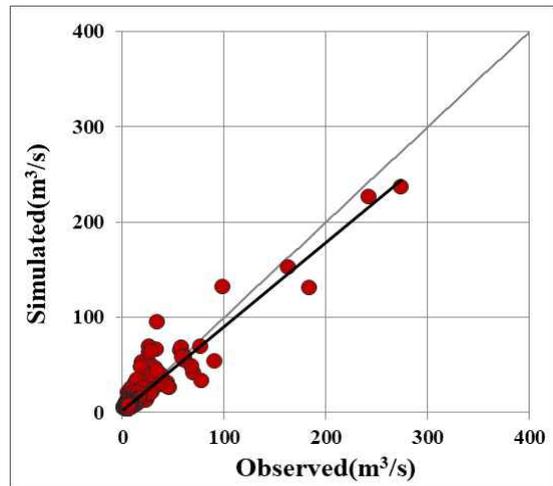
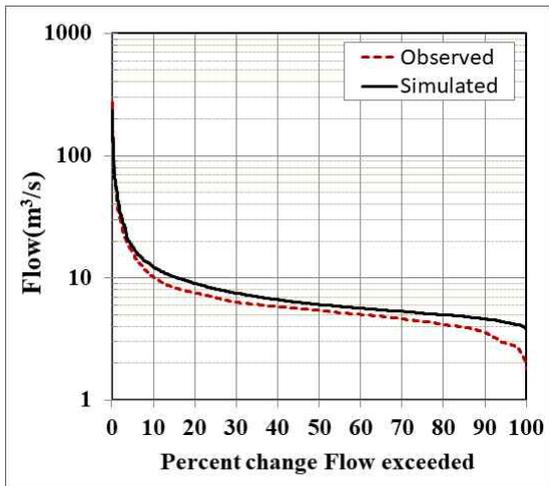
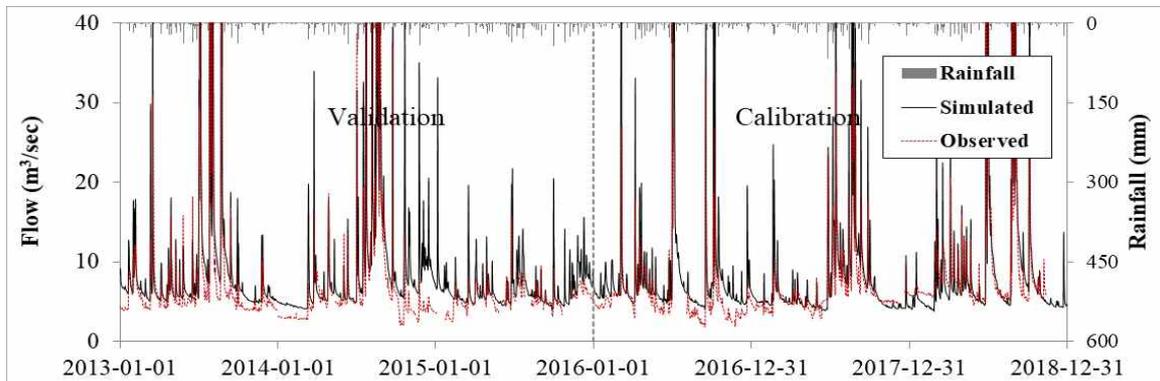
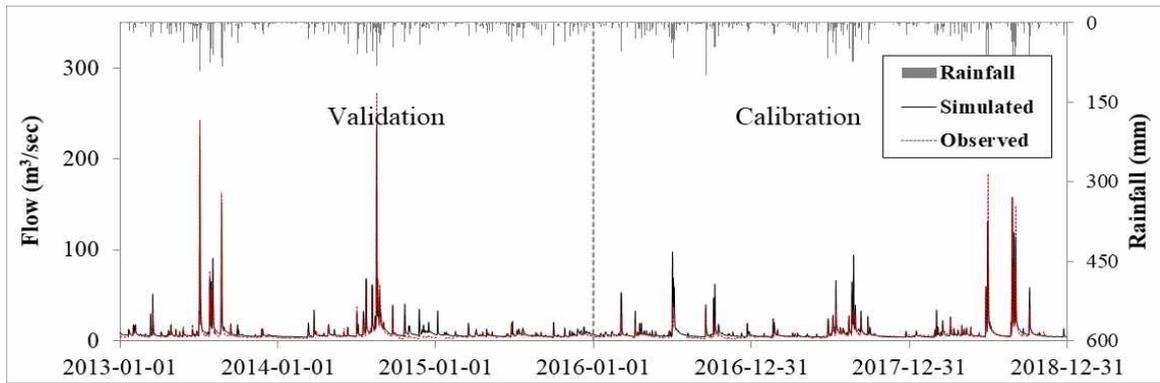
Criteria	Range			
	0.6	0.7	0.8	0.9
Daily Flows	Poor	Fair	Good	Very Good →
Monthly Flows	Poor	Fair	Good	Very Good

(1) 유역 모델의 유량 보·검증

- 만경강유역의 유량에 대한 모델 보·검증을 위하여 환경부에서 측정한 2013년~2018년까지의 유량자료를 이용하였으며, 대표지점 2개 지점(미산교, 삼례교)을 선정하여 유량 보·검증을 실시하였음. 현재 기상자료는 2018년 11월 5일까지 구축되어 있으며, 11월 5일 이후의 자료는 2017년 기상자료를 적용하여 2018년을 모의하였음
- 전주천의 말단 지점인 미산교 지점은 전주하수처리장의 하류에 위치하고 있으며, 평균 관측유량은 7.383 m³/s, 모의유량은 5.250 m³/s로 나타났으며, %difference 및 R²는 11.66, 0.92로 분석되었음. 만경강 유역의 유량측정 지점 중 가장 말단에 위치한 삼례교 지점의 평균 관측유량은 15.154 m³/s, 모의유량은 16.516 m³/s로 나타났으며, %difference 및 R²는 8.80, 0.85로 분석되었음
- 동진강 유역의 환경부 수위-유량 측정자료는 행정교(동진강1) 지점을 제외하고 다른 환경부 수위-유량 측정지점은 결측일과 자료의 오류가 많아 적용하기 어려움. 따라서 행정교 지점을 제외한 지점은 환경부 총량지점의 8일 간격 유량자료를 활용하여 유량에 대한 보·검증을 실시하였음. 동진강 유역의 유량보정 대표지점으로 행정교(동진강1) 지점과 동진강 3지점을 선정하였음.
- 동진강의 가장 상류 지점인 행정교 지점의 2013년~2018년 평균 관측유량은 9.384 m³/s, 모의유량은 10.155 m³/s로 나타났으며, %difference 및 R²는 17.04, 0.77로 분석되었음. 동진강의 가장 말단 측정 지점인 동진강3 지점의 평균 관측유량은 10.956 m³/s, 모의유량은 11.816 m³/s로 나타났으며, %difference 및 R²는 11.06, 0.67로 분석되었음
- US EPA(2011), Donigian(2000, 2002)에서 제시한 상대오차를 통한 모델의 효율성 평가 결과, 새만금 유량 대표지점 중 행정교 지점을 제외한 모든 지점에서 “Good”이상으로 평가되었으며 <Table 2-56>, 동진강 유역의 행정교 지점은 상대오차를 통한 평가 결과는 17.04로 “Fair”로 평가되었으나, R²평가 결과는 “Good”으로 나타남. 상대오차 및 R²를 통한 평가 결과 HSPF 모의값은 실측값을 잘 반영하는 것으로 평가됨

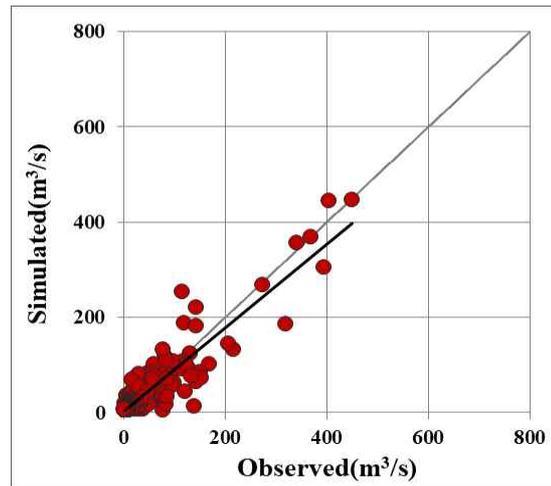
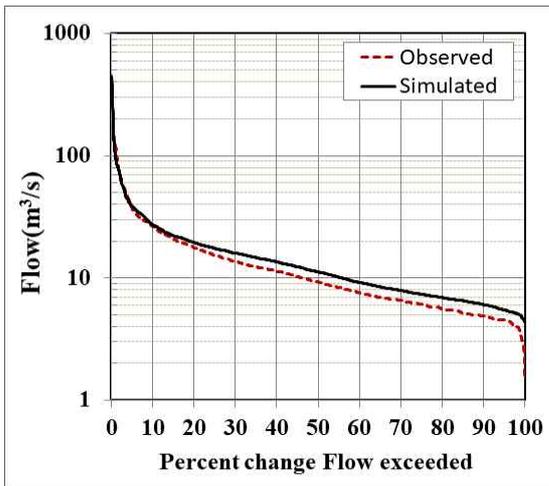
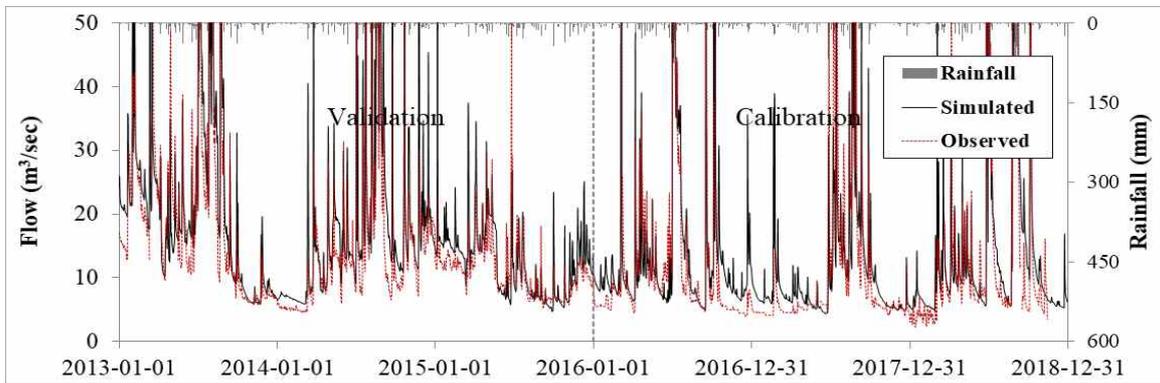
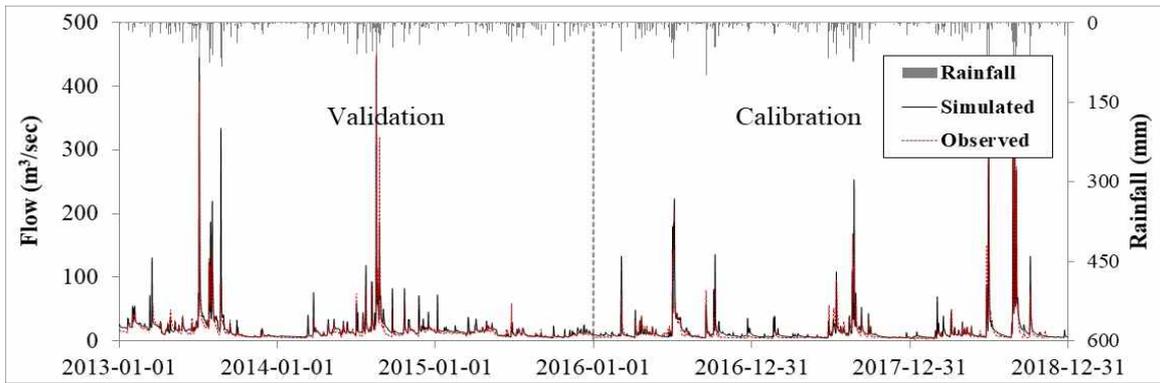
<Table 2-56> 새만금 유역의 유량 측정지점 보정 결과 및 평가

유역	지점명	%Diff	grade	R ²	grade
만경강 유역	미산교	11.66	Good	0.92	Very Good
	삼례교	8.80	Very Good	0.85	Very Good
동진강 유역	행정교	17.04	Fair	0.77	Good
	동진강3	11.06	Good	0.67	Fair



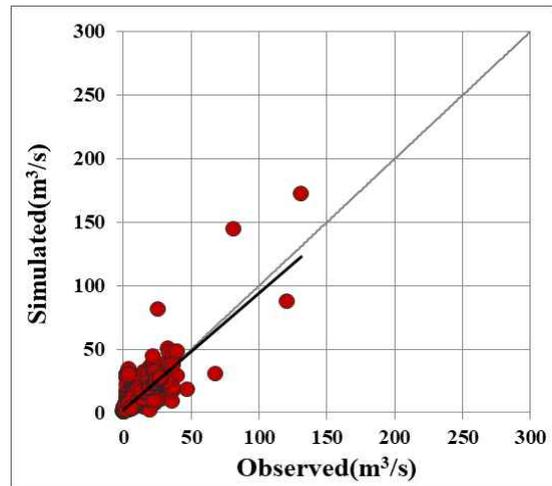
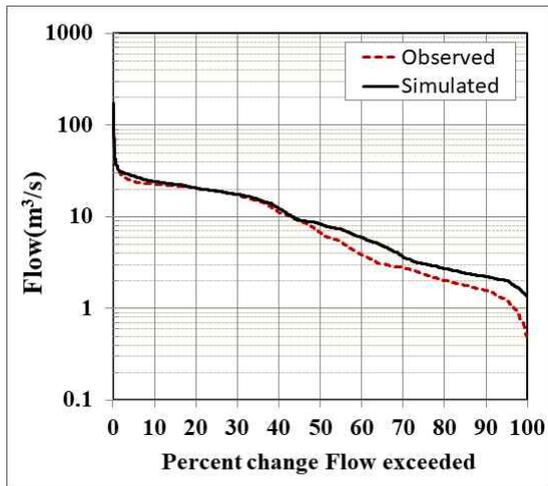
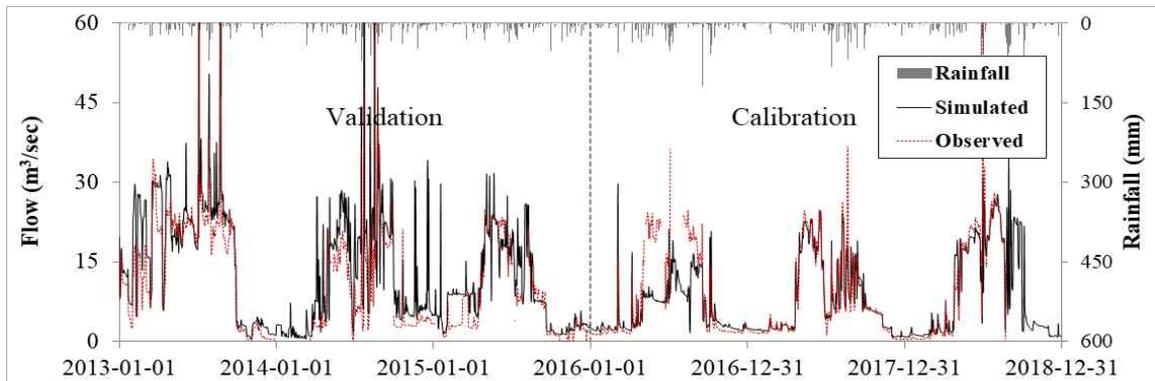
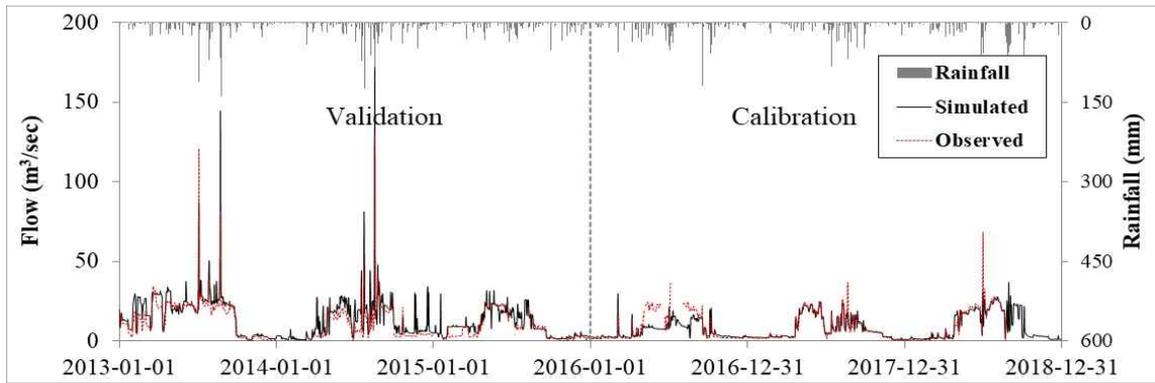
구분	Validation(2013~2015)	Calibration(2016~2018)	Avg.
OBS(m³/s)	7.500	5.537	6.519
SIM(m³/s)	8.616	6.530	7.573
O/S	0.87	0.85	0.86
%Difference	14.88	8.45	11.66
NSE	0.95	0.88	0.91
RMSE(m³/s)	3.11	3.56	3.34
R ²	0.96	0.88	0.92

<Fig. 2-109> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 만경강, 미산교 지점



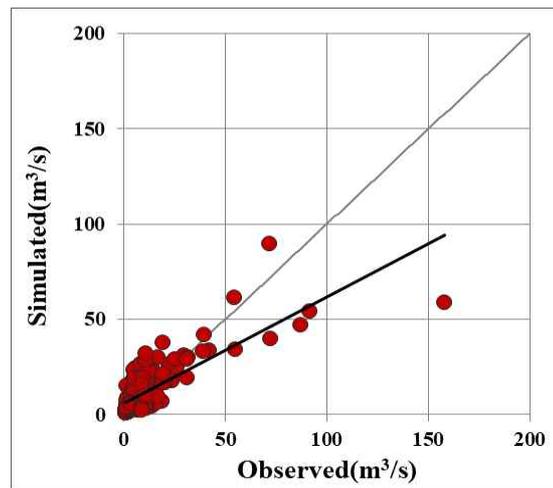
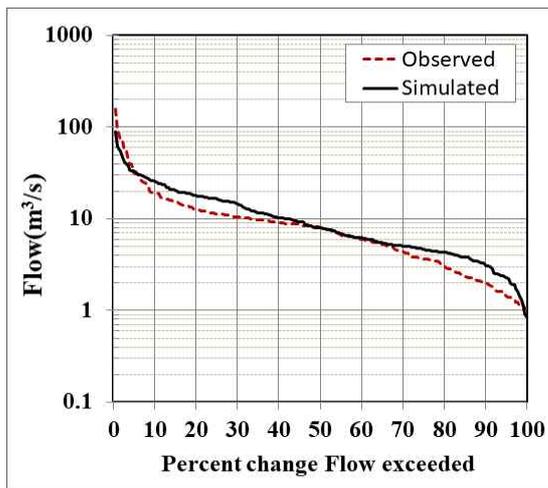
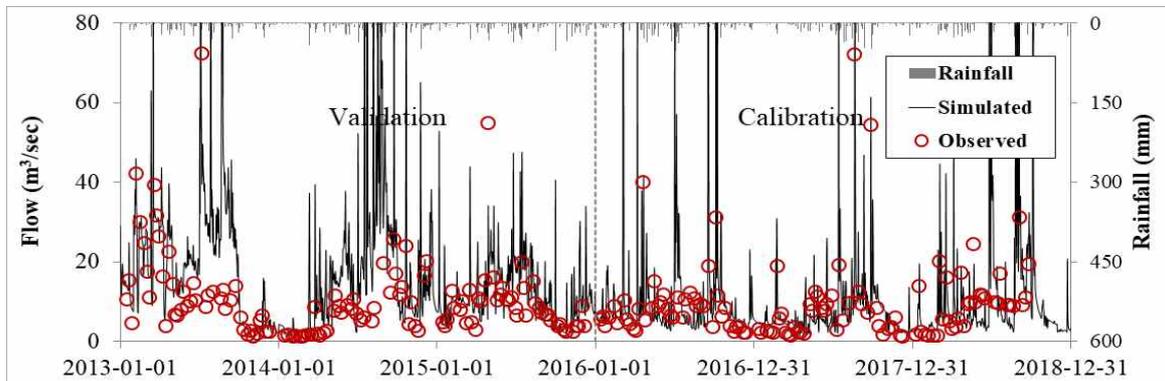
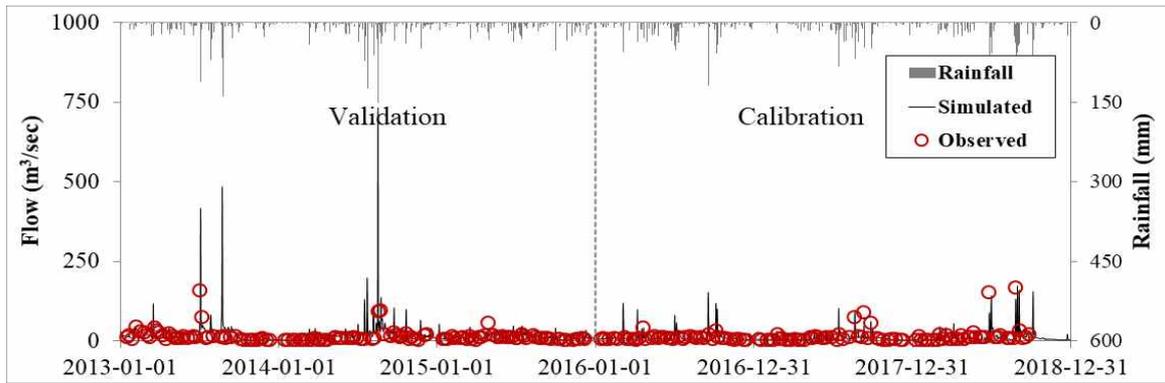
구분	Validation(2013~2015)	Calibration(2016~2018)	Avg.
OBS(m³/s)	16.866	11.604	14.235
SIM(m³/s)	18.578	12.523	15.551
O/S	0.91	0.93	0.92
%Difference	10.16	7.45	8.80
NSE	0.87	0.83	0.85
RMSE(m³/s)	9.07	11.30	10.19
R ²	0.88	0.83	0.85

<Fig. 2-110> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 만경강, 삼례교 지점



구분	Validation(2013~2015)	Calibration(2016~2018)	Avg.
OBS(m ³ /s)	10.896	7.871	9.384
SIM(m ³ /s)	13.601	6.709	10.155
O/S	0.80	1.17	0.99
%Difference	24.82	9.26	17.04
NSE	0.71	0.73	0.72
RMSE(m ³ /s)	4.92	4.64	4.78
R ²	0.80	0.74	0.77

<Fig. 2-111> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 동진강, 행정교 지점

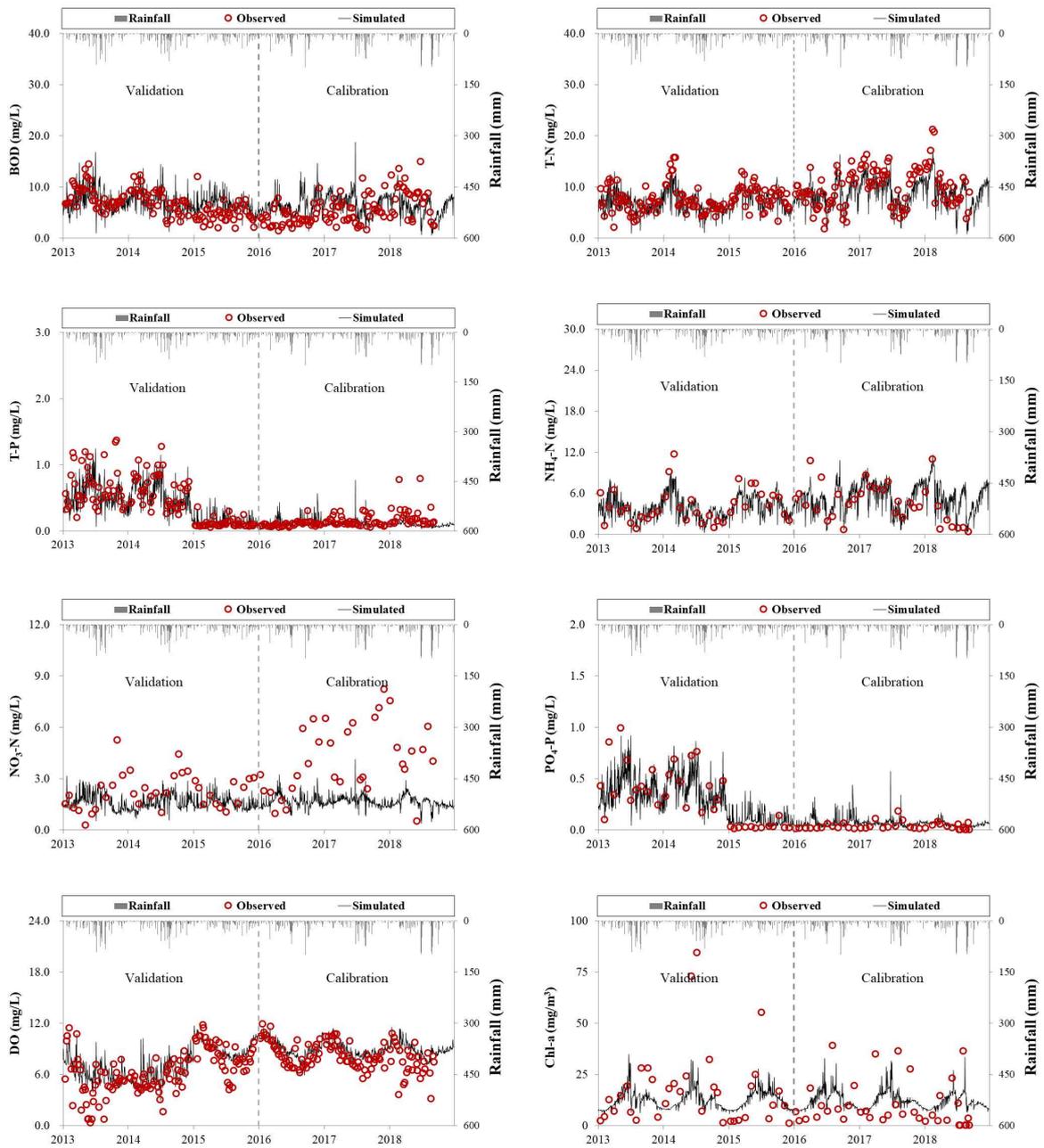


구분	Validation(2013~2015)	Calibration(2016~2018)	Avg.
OBS(m ³ /s)	12.285	9.626	10.956
SIM(m ³ /s)	14.444	9.188	11.816
O/S	0.85	1.05	0.95
%Difference	17.58	4.55	11.06
NSE	0.55	0.72	0.63
RMSE(m ³ /s)	10.96	5.71	8.33
R ²	0.60	0.73	0.67

<Fig. 2-112> 새만금 HSPF 모델의 유량 보·검증 결과 - 동진강, 동진강3 지점

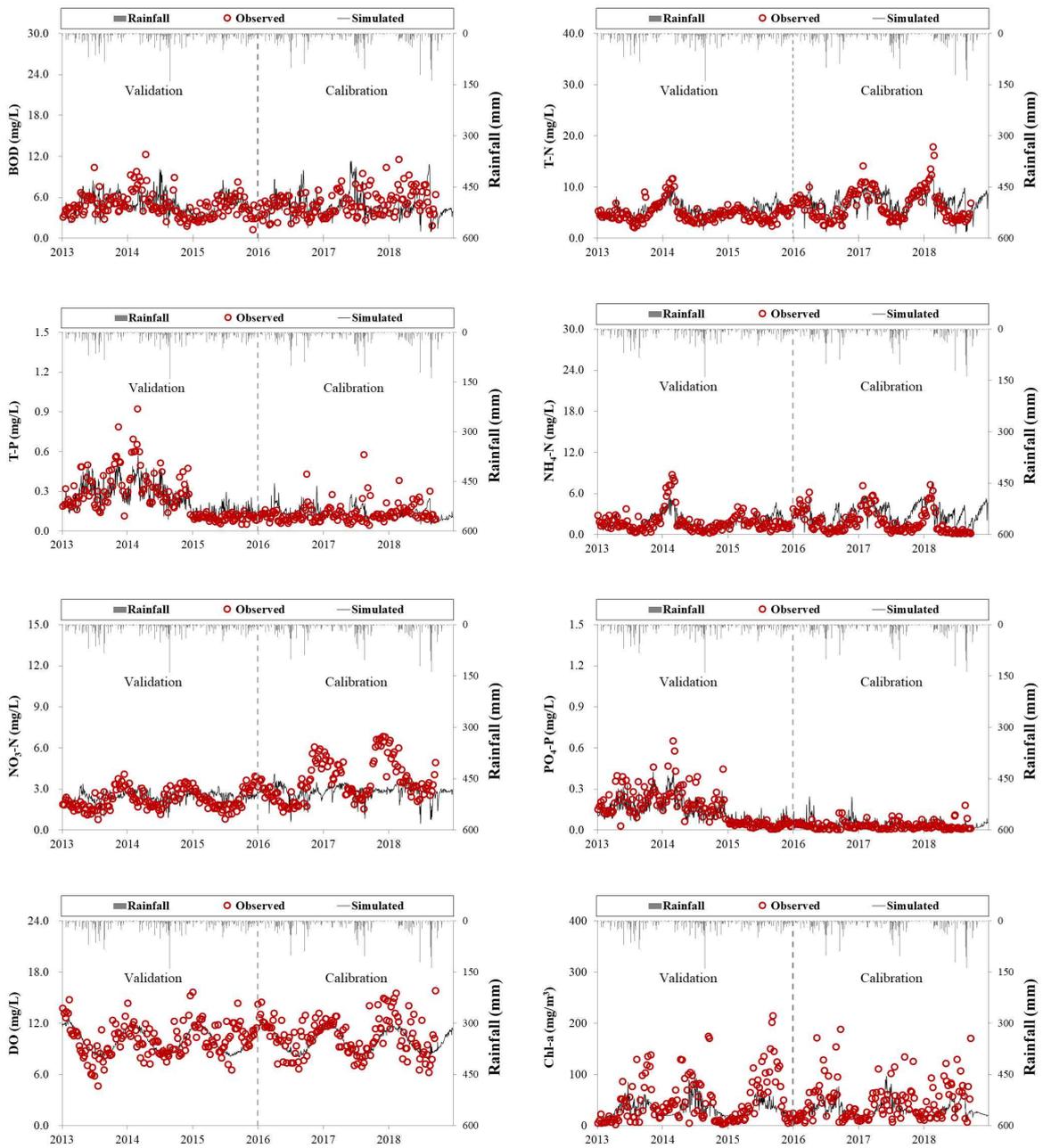
(2) 유역 모델의 수질 보·검증

- 모델의 수질에 대한 재현성 검토를 위해 환경부 수질측정망 자료를 이용하였으며, 만경강과 동진강 유역의 수질측정 지점 중 대표지점(만경강 3개 지점, 동진강 2개 지점)을 선정하였음
- 만경강 유역의 수질 재현성 검토시 사용된 지점은 전주천의 전주천6 지점, 만경강의 김제 지점, 그리고 만경강 유역의 제일 말단 지점인 만경대교 지점을 선정하였으며, 동진강 유역의 대표지점으로 동진강 주요 지점인 동진강3 지점, 동진강 유역의 제일 말단 지점인 동진대교 지점을 선정하였음
- 2013년~2018년 현재까지 BOD, T-N, T-P, Chl-a, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P 등의 8일 간격 수질측정 자료를 이용하였으며, 수온, Chl-a, DO, BOD, T-N, T-P 순으로 HSPF 모델의 다양한 매개변수(유역보정계수, 수질보정계수)를 조절하여 보정하였음
- BOD, T-N, T-P에 대해 관측 자료와 모의 자료의 차이를 나타내는 %difference, RMSE 등의 상관성 분석을 실시하였으며, 만경강과 동진강의 각 지점별 분석 결과는 아래와 같음
- 전주천6 지점의 2013년~2018년 BOD, T-N, T-P 관측 평균수질은 6.093 mg/L, 8.607 mg/L, 0.315 mg/L로 나타났음. BOD, T-N, T-P에 대한 RMSE는 3.00, 2.14, 0.17로 나타났으며, %difference는 12.85, 6.96, 8.09로 분석되었음. 전주천6 지점의 T-P 값은 전주하수처리장의 총인처리시설에 의해 2013~2014년 평균 T-P 수질이 0.540 mg/L에서 2015년~2018년 0.138 mg/L로 74.4%가 저감되는 것으로 나타남
- 김제 지점은 만경강 유역의 하류 지점으로 BOD, T-N, T-P에 대한 RMSE는 2.13, 2.07, 0.09 나타났으며, %difference는 0.76, 13.63, 2.07로 분석되었음.
- 만경강 유역의 가장 말단 지점인 만경대교 지점에서 T-N, T-P 관측 평균 수질은 5.270 mg/L, 0.171 mg/L로 나타났으며, 모의값은 5.446 mg/L, 0.158 mg/L로 분석되었음. 만경대교 지점의 T-N, T-P에 대한 O/S는 0.97, 1.08, RMSE는 1.84, 0.07로 %difference는 3.35, 7.43으로 상관성이 높게 나타났음
- 동진강3 지점의 2013년~2018년 BOD, T-N, T-P 관측 평균수질은 2.869 mg/L, 3.613 mg/L, 0.101 mg/L로 나타났음. BOD, T-N, T-P에 대한 RMSE는 1.54, 1.67, 0.10으로 나타났으며, %difference는 2.42, 10.41, 0.78로 분석되었음.
- 동진강 유역의 제일 말단 지점인 동진대교 지점의 T-N, T-P 관측 평균 수질은 3.869 mg/L, 0.107 mg/L로 나타났으며, 모의값은 3.765 mg/L, 0.086 mg/L로 분석되었음. 동진대교 지점의 T-N, T-P에 대한 O/S는 1.08, 1.24로 나타났으며, RMSE는 2.05, 0.06로 %difference는 2.68, 19.56으로 분석되었음



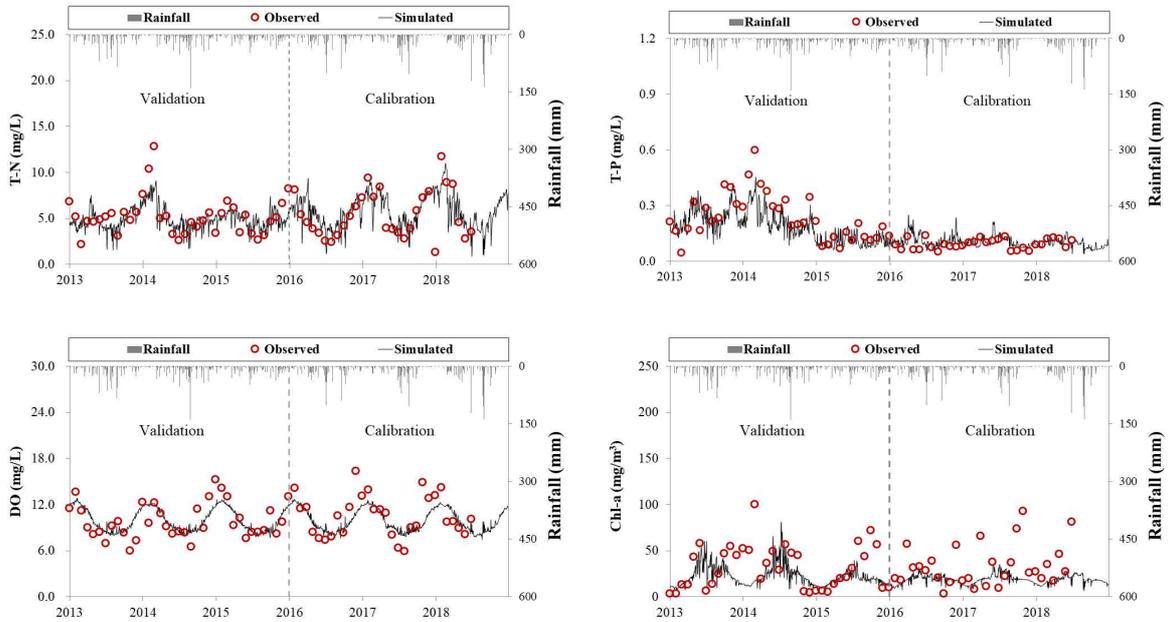
구분	BOD	T-N	T-P
Observed(mg/L)	6.093	8.607	0.315
Simulated(mg/L)	6.876	8.008	0.289
O/S	0.89	1.07	1.09
RMSE	3.00	2.14	0.17
%difference	12.85	6.96	8.09

<Fig. 2-113> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 전주천6 지점



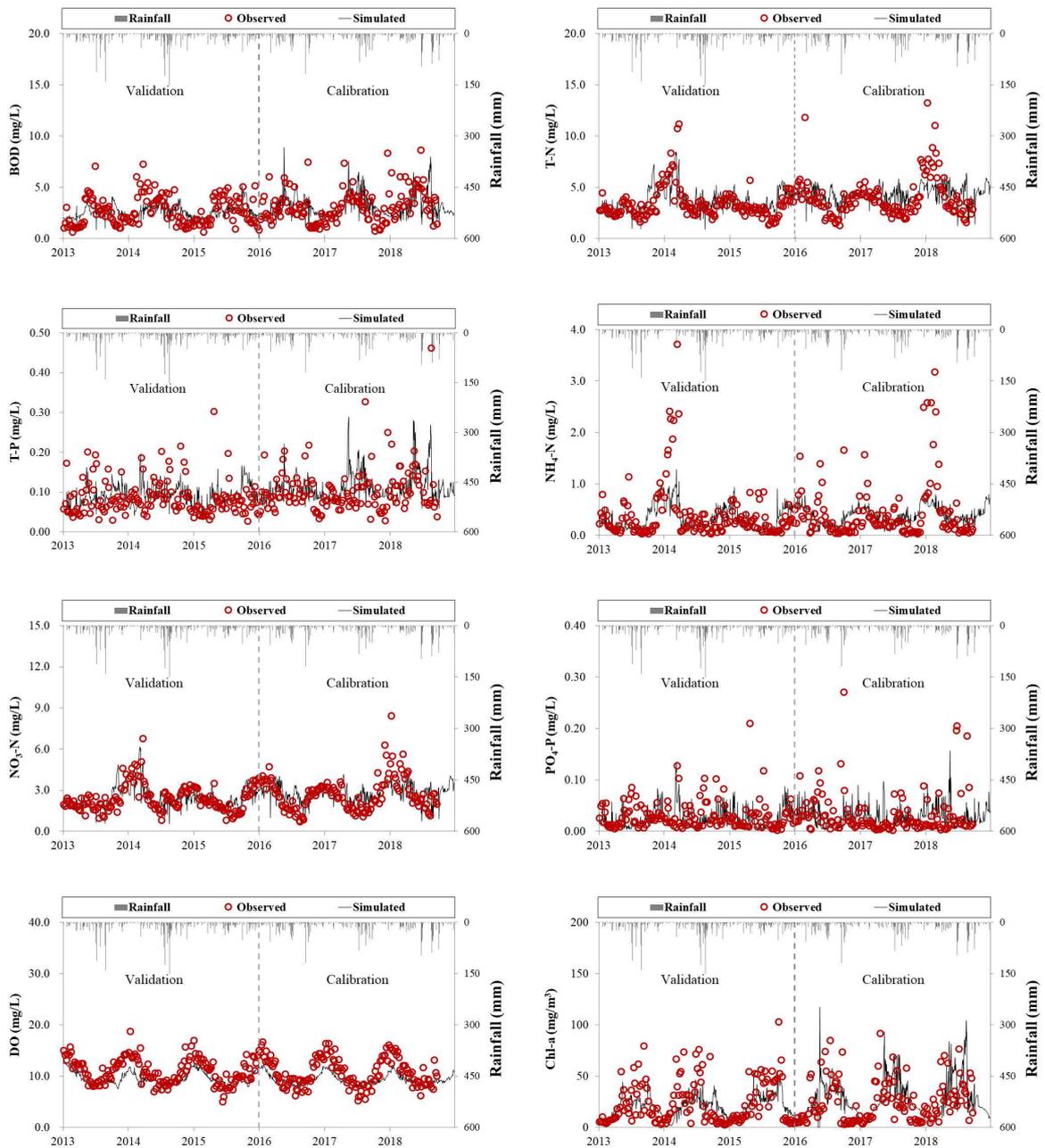
구분	BOD	T-N	T-P
Observed(mg/L)	4.876	5.580	0.195
Simulated(mg/L)	4.913	6.341	0.191
O/S	0.99	0.88	1.02
RMSE	2.13	2.07	0.09
%difference	0.76	13.63	2.07

<Fig. 2-114> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 김제 지점



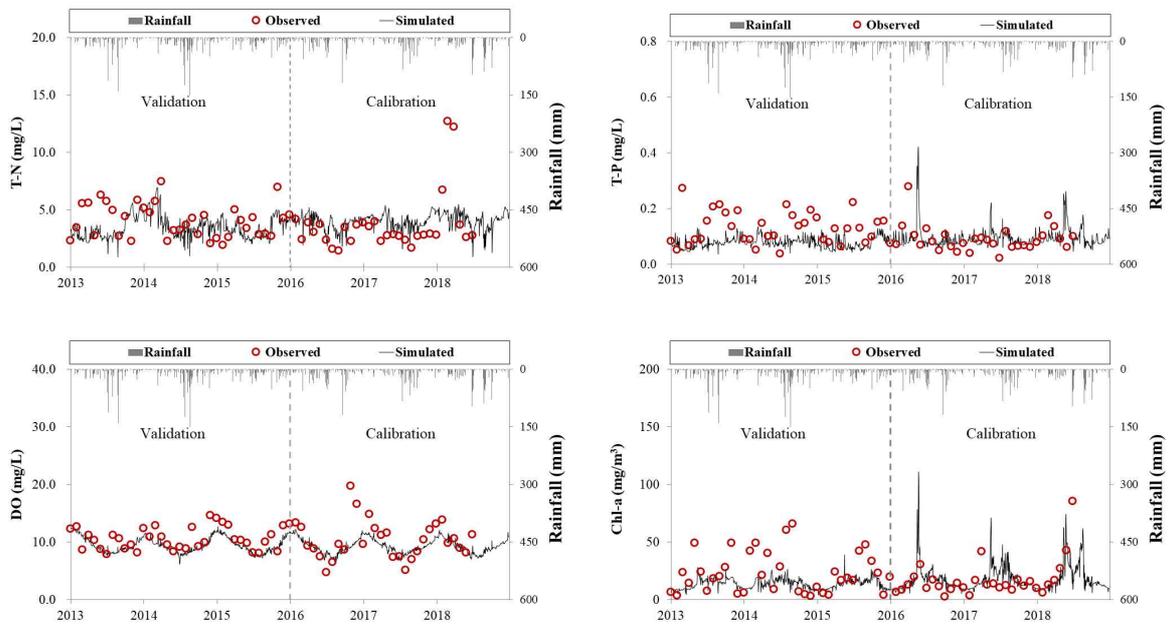
구분	BOD	T-N	T-P
Observed(mg/L)	-	5.270	0.171
Simulated(mg/L)	-	5.446	0.158
O/S	-	0.97	1.08
RMSE	-	1.84	0.07
%difference	-	3.35	7.43

<Fig. 2-115> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 만경강, 만경대교 지점



구 분	BOD	T-N	T-P
Observed(mg/L)	2.869	3.613	0.101
Simulated(mg/L)	2.938	3.989	0.101
O/S	0.98	0.91	1.01
RMSE	1.54	1.67	0.10
%difference	2.42	10.41	0.78

<Fig. 2-116> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 동진강, 동진강3 지점



구분	BOD	T-N	T-P
Observed(mg/L)	-	3.869	0.107
Simulated(mg/L)	-	3.765	0.086
O/S	-	1.03	1.24
RMSE	-	2.05	0.06
%difference	-	2.68	19.56

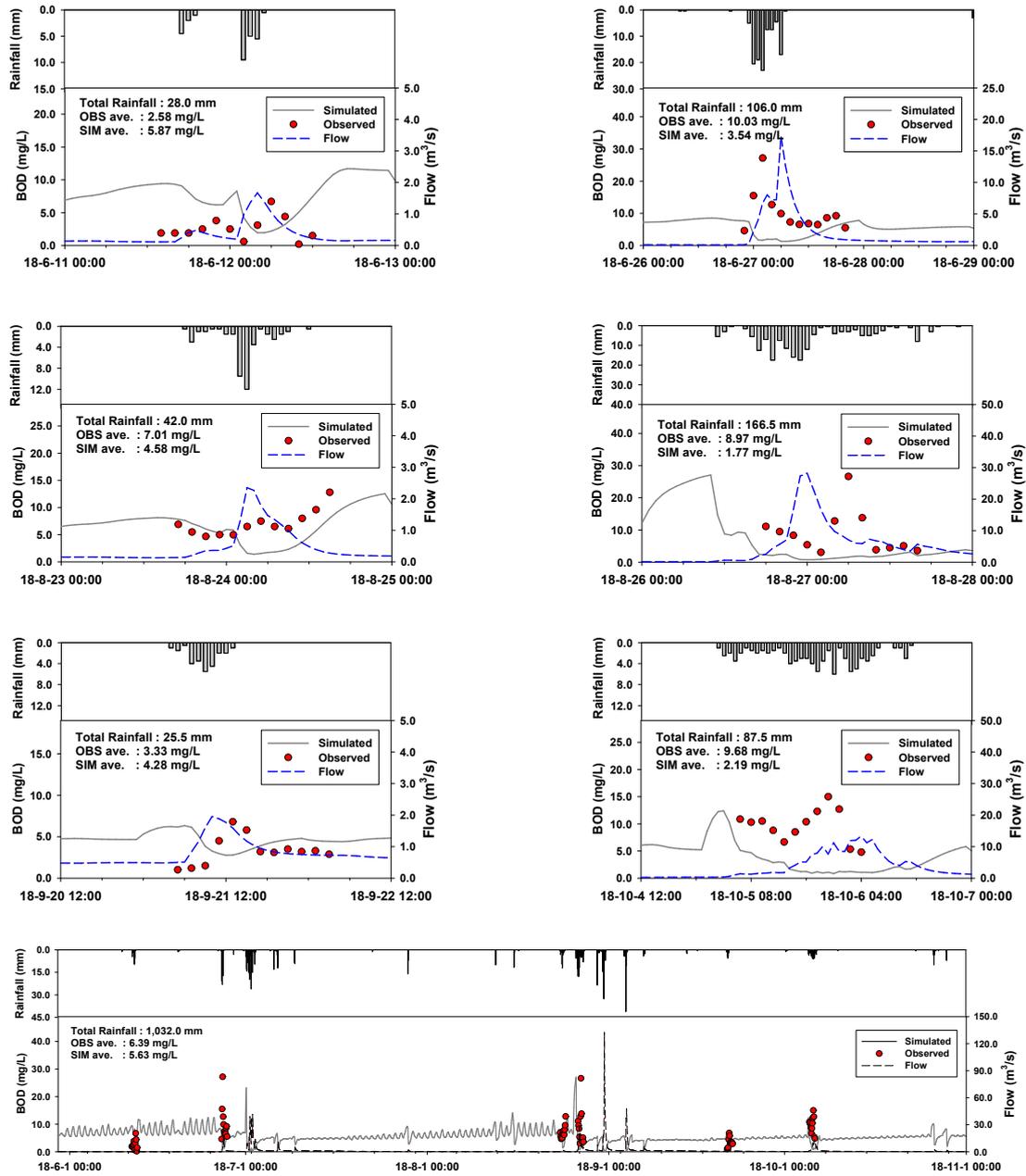
<Fig. 2-117> 새만금 HSPF 모델의 수질 보·검증 결과 - 동진강, 동진대교

<Table 2-57> 수질 측정지점 보정 결과 및 평가

유역	지점명	BOD		T-N		T-P	
		%Diff.	grade	%Diff.	grade	%Diff.	grade
만경강 유역	전주천6	12.85	Very Good	6.96	Very Good	8.09	Very Good
	김제	0.76	Very Good	13.63	Very Good	2.07	Very Good
	만경대교	-	-	3.35	Very Good	7.43	Very Good
동진강 유역	동진강3	2.42	Very Good	10.41	Very Good	0.78	Very Good
	동진대교	-	-	2.68	Very Good	19.56	Fair

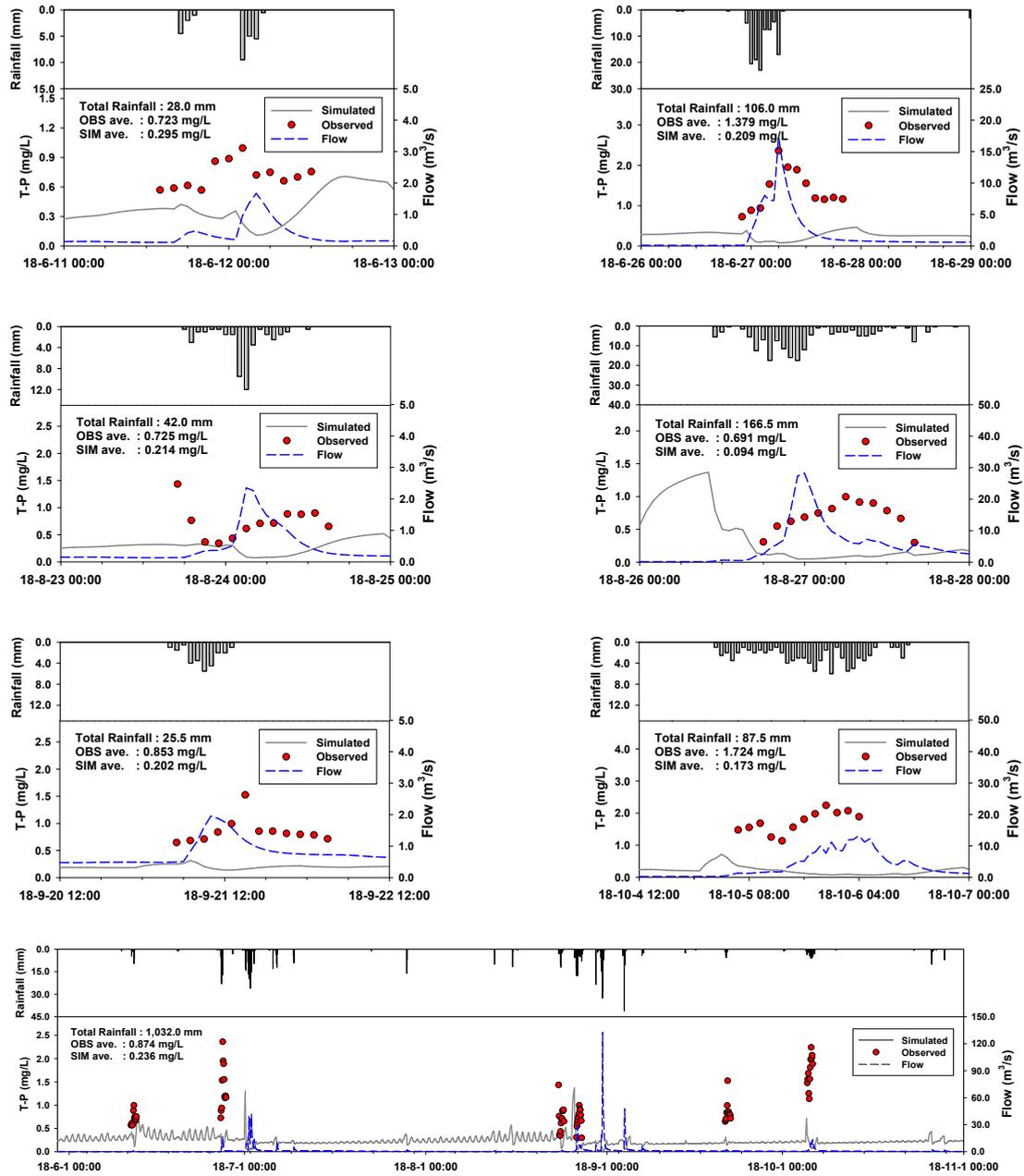
(3) 모니터링 자료를 이용한 모델 보정 결과

- 본 연구에서 수행한 새만금 유역 6개 지점의 강우시 시단위 수질측정자료를 이용하여 시단위 정밀 보정을 실시하였으며, 이를 이용하여 2013년~2018년의 일단위 유출모델에 반영하였음
- 강우시 조사 지점은 만경강 3개 지점(무명, 오산, 만경대교), 동진강 3개 지점(금구, 군포교, 동진대교)이며, 보정 결과는 아래 <Fig. 2-118~Fig. 2-129>과 같음
- 무명 지점은 6회의 측정을 실시하였으며, 6회 측정시 총 강우량은 455.5 mm(익산 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 6.95 mg/L, T-P 평균 농도는 1.016 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균 농도는 3.87 mg/L, T-P 평균 농도는 0.198 mg/L로 나타남
- 본류 측정 지점인 오산의 6회 측정기간 동안 총 강우량은 459.0 mm(익산 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 5.33 mg/L, T-P 평균 농도는 0.464 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균농도는 3.71 mg/L, T-P 평균 농도는 0.109 mg/L로 나타남
- 만경강의 가장 마지막 측정 지점인 만경대교 지점의 5회 측정기간 동안 총 강우량은 331.6 mm(익산 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 5.98 mg/L, T-P 평균 농도는 0.258 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균 농도는 3.43 mg/L, T-P 평균 농도는 0.092 mg/L로 나타남
- 금구 지점은 6회 측정기간 동안 총 강우량은 487.0 mm(김제 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 3.95 mg/L, T-P 평균 농도는 0.779 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균농도는 3.02 mg/L, T-P 평균 농도는 0.119 mg/L로 나타남
- 동진강의 군포교 지점은 6회 측정기간 동안 총 강우량은 487.0 mm(김제 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 3.94 mg/L, T-P 평균 농도는 0.382 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균농도는 2.76 mg/L, T-P 평균 농도는 0.108 mg/L로 나타남
- 동진강의 마지막 측정 지점인 동진대교 지점은 5회 측정기간 동안 총 강우량은 487.0 mm(김제 기상대)로 나타남. 강우시 BOD 평균 농도는 5.42 mg/L, T-P 평균 농도는 0.327 mg/L로 분석되었으며, 모델의 모의 BOD 평균농도는 3.02 mg/L, T-P 평균 농도는 0.090 mg/L로 나타남
- 강우시 조사 자료와 시단위 보정의 모델 결과가, 이벤트별로 차이가 나는 부분이 발생하였는데 이는 강우시 측정 이벤트별로 특성이 매우 달라 일부 차이가 발생하는 것으로 나타났음. 지점별 5회~6회의 측정자료를 이용하여 시단위 모델을 보정하는 것은 모델의 보정에서 일부 한계가 있으며, 따라서 이를 보완하고 해석하기 위해 장기적인 모니터링 결과를 활용한 추가 분석이 필요하다고 판단됨



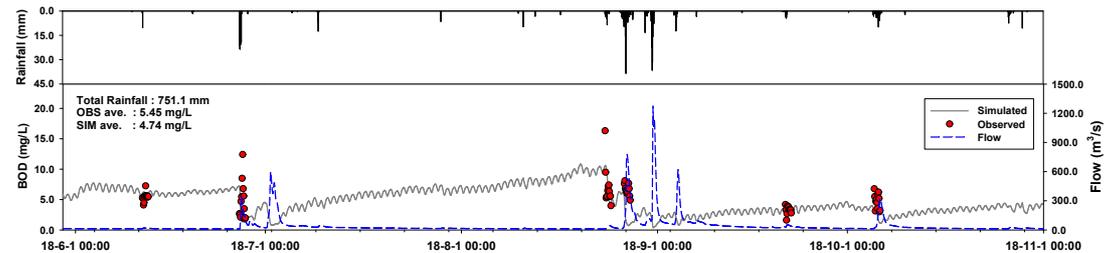
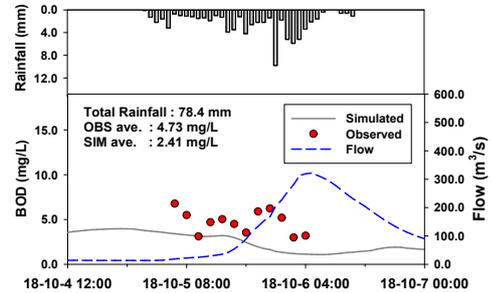
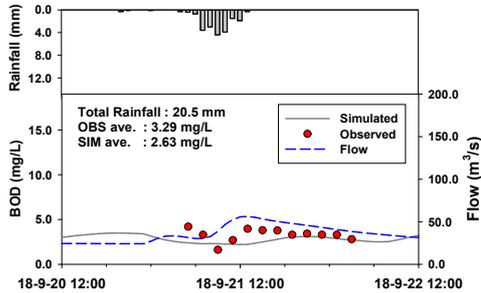
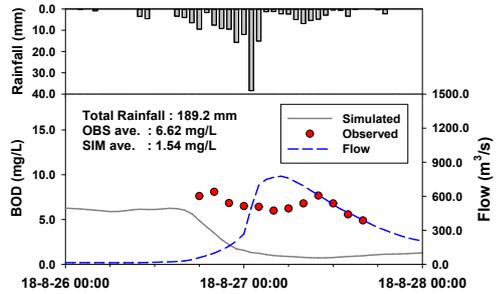
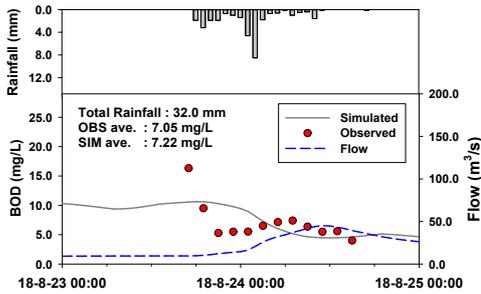
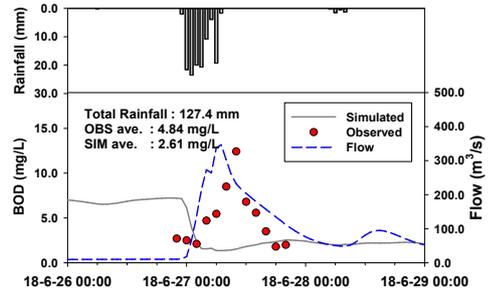
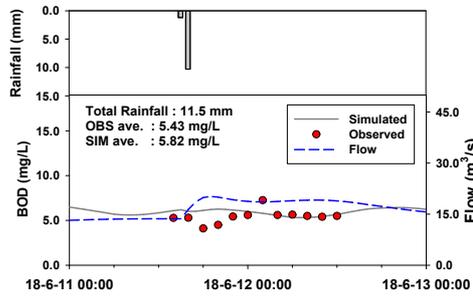
No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	Δt (Sim ave - Obs ave)
1차	2018-06-12	28.0	2.68	6.87	4.19
2차	2018-06-27	106.0	10.03	3.54	-6.49
3차	2018-08-24	42.0	7.01	4.58	-2.43
4차	2018-08-27	166.5	8.97	1.77	-7.20
5차	2018-09-21	25.5	3.33	4.28	0.95
6차	2018-10-05	87.5	9.68	2.19	-7.49
평균			6.95	3.87	-3.08

<Fig. 2-118> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 무명 지점(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	Δt (Sim ave - Obs ave)
1차	2018-06-12	28.0	0.723	0.295	-0.428
2차	2018-06-27	106.0	1.379	0.209	-1.170
3차	2018-08-24	42.0	0.725	0.214	-0.511
4차	2018-08-27	166.5	0.691	0.094	-0.597
5차	2018-09-21	25.5	0.853	0.202	-0.651
6차	2018-10-05	87.5	1.724	0.173	-1.551
평균			1.016	0.198	-0.818

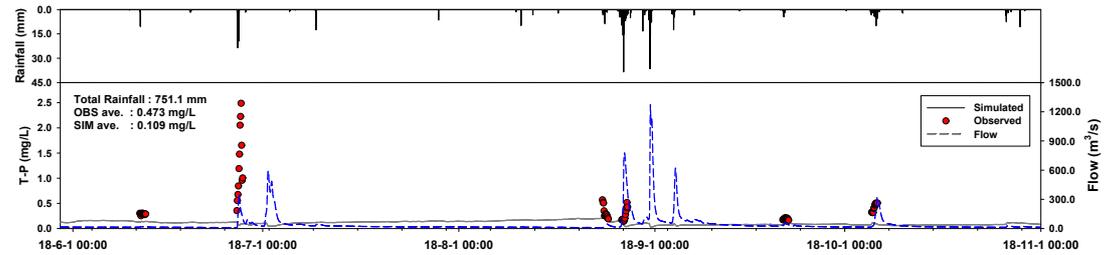
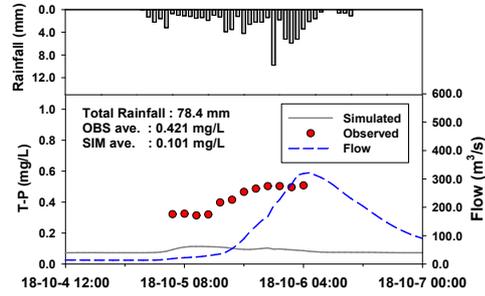
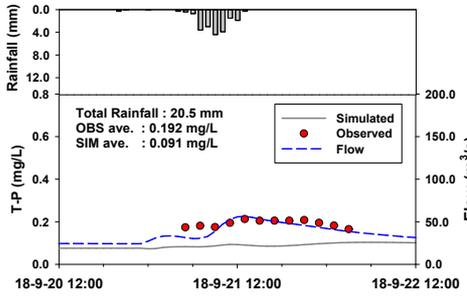
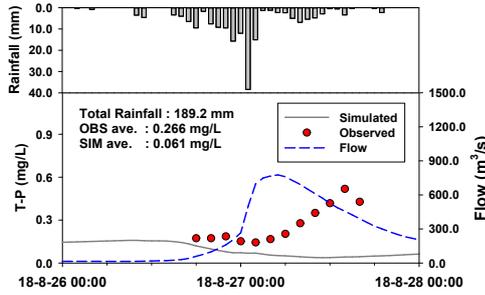
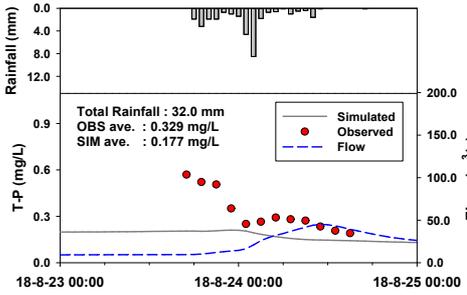
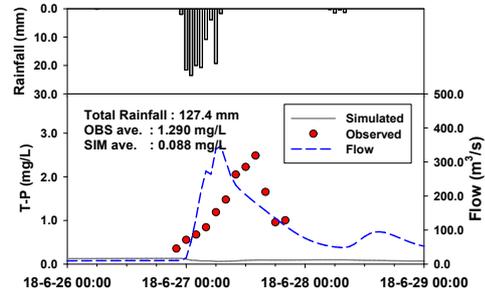
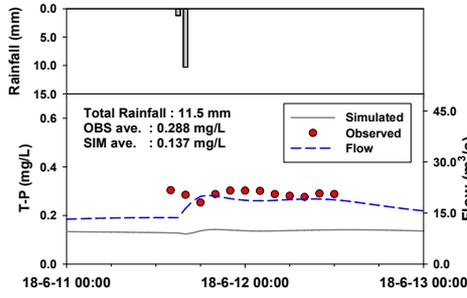
<Fig. 2-119> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 무명 지점(T-P)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave - Obs ave)
1차	2018-06-12	11.5	5.43	5.82	6.80	0.39
2차	2018-06-27	127.4	4.84	2.61	5.10	-2.23
3차	2018-08-24	32.0	7.05	7.22	4.00	0.17
4차	2018-08-27	189.2	6.62	1.54	3.40	-5.08
5차	2018-09-21	20.5	3.29	2.63	3.50	-0.66
6차	2018-10-05	78.4	4.74	2.41	-	-2.32
평균			5.33	3.71	4.56	-1.62

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

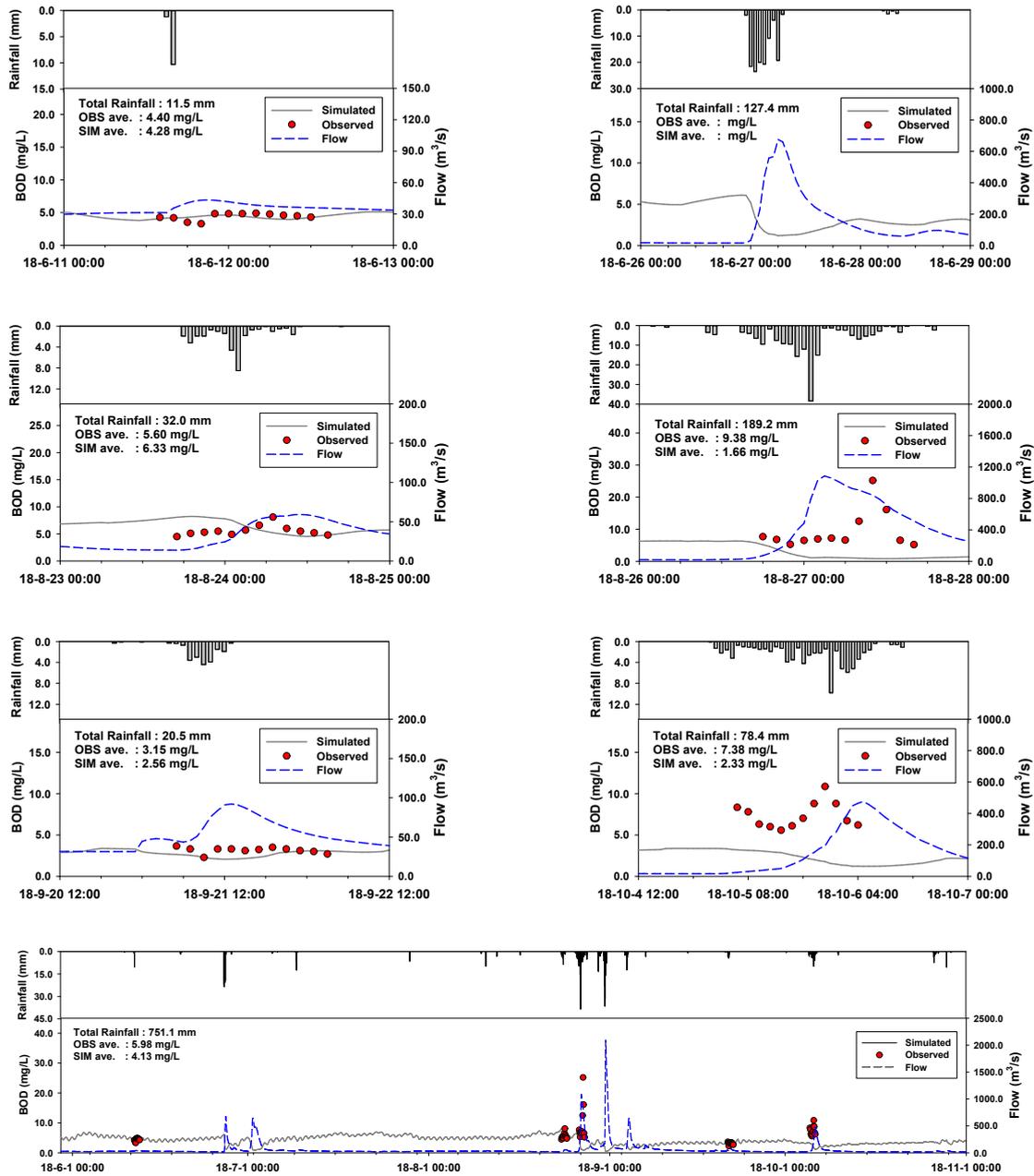
<Fig. 2-120> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 오산 지점(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS [*] (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	11.5	0.288	0.137	0.235	-0.151
2차	2018-06-27	127.4	1.290	0.088	0.256	-1.202
3차	2018-08-24	32.0	0.329	0.177	0.107	-0.152
4차	2018-08-27	189.2	0.266	0.061	0.300	-0.205
5차	2018-09-21	20.5	0.192	0.091	0.082	-0.101
6차	2018-10-05	78.4	0.421	0.101	-	-0.320
평균			0.464	0.109	0.196	-0.355

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

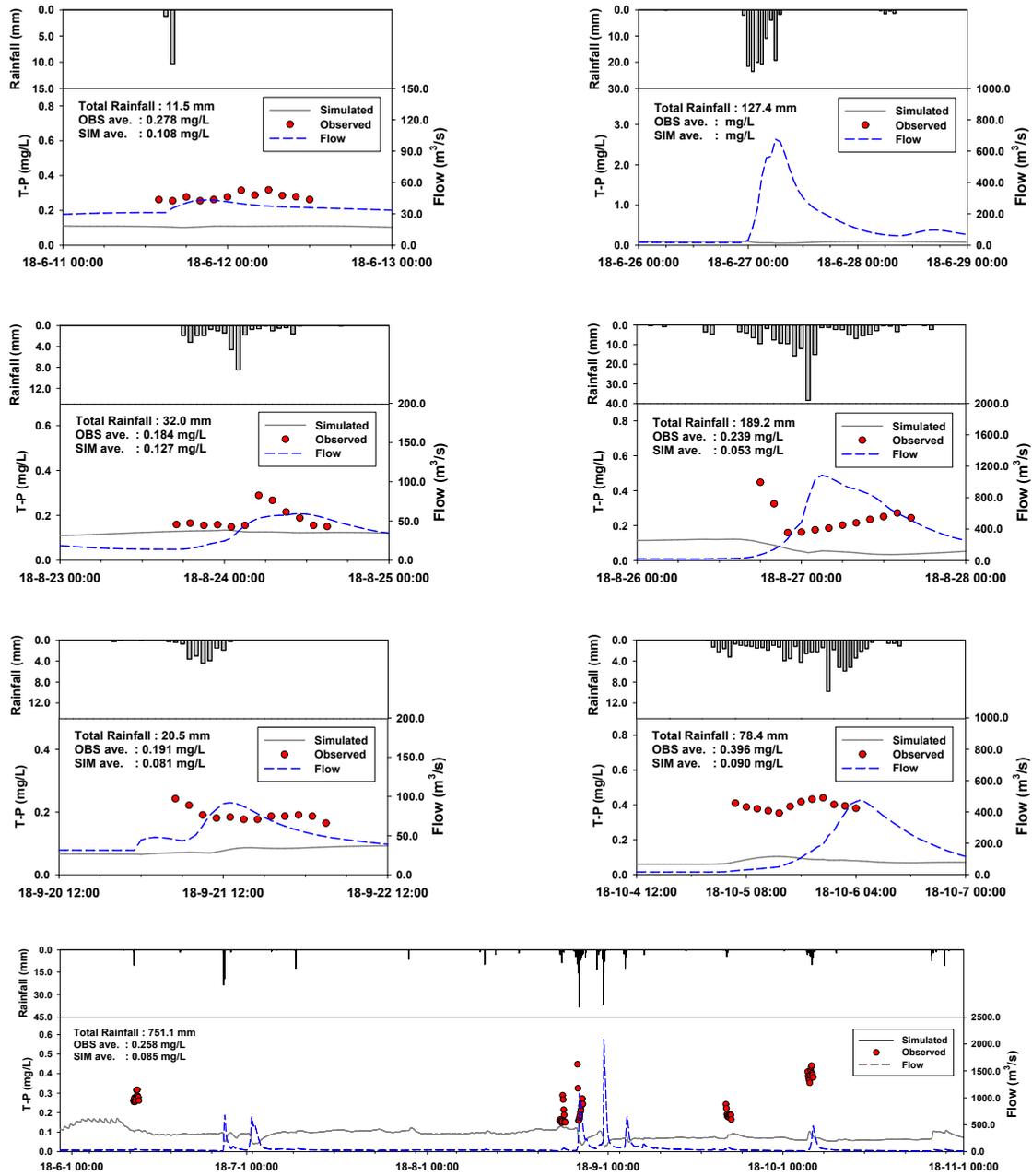
<Fig. 2-121> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 오산 지점(T-P)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	11.5	4.40	4.28	-	-0.12
2차	-	-	-	-	-	-
3차	2018-08-24	32.0	5.60	6.33	-	0.73
4차	2018-08-27	189.2	9.38	1.66	-	-7.72
5차	2018-09-21	20.5	3.15	2.56	-	-0.59
6차	2018-10-05	78.4	7.38	2.33	-	-5.05
평균			5.98	3.43	-	-2.55

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

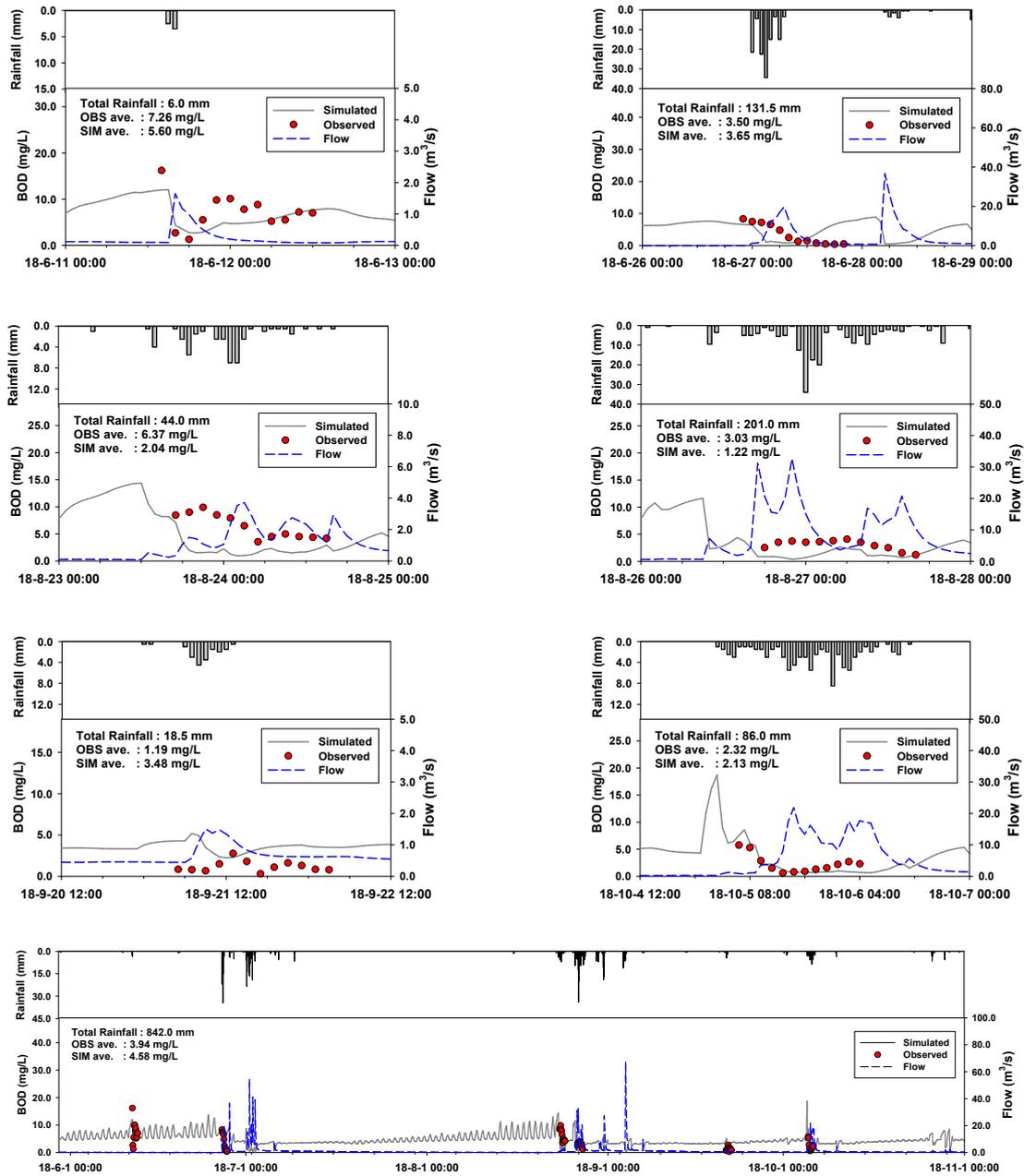
<Fig. 2-122> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 만경대교 지점(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	11.5	0.278	0.108	0.075	-0.170
2차	-	-	-	-	-	-
3차	2018-08-24	32.0	0.184	0.127	-	-0.057
4차	2018-08-27	189.2	0.239	0.053	-	-0.186
5차	2018-09-21	20.5	0.191	0.081	-	-0.110
6차	2018-10-05	78.4	0.396	0.090	-	-0.306
평균			0.258	0.092	0.075	-0.166

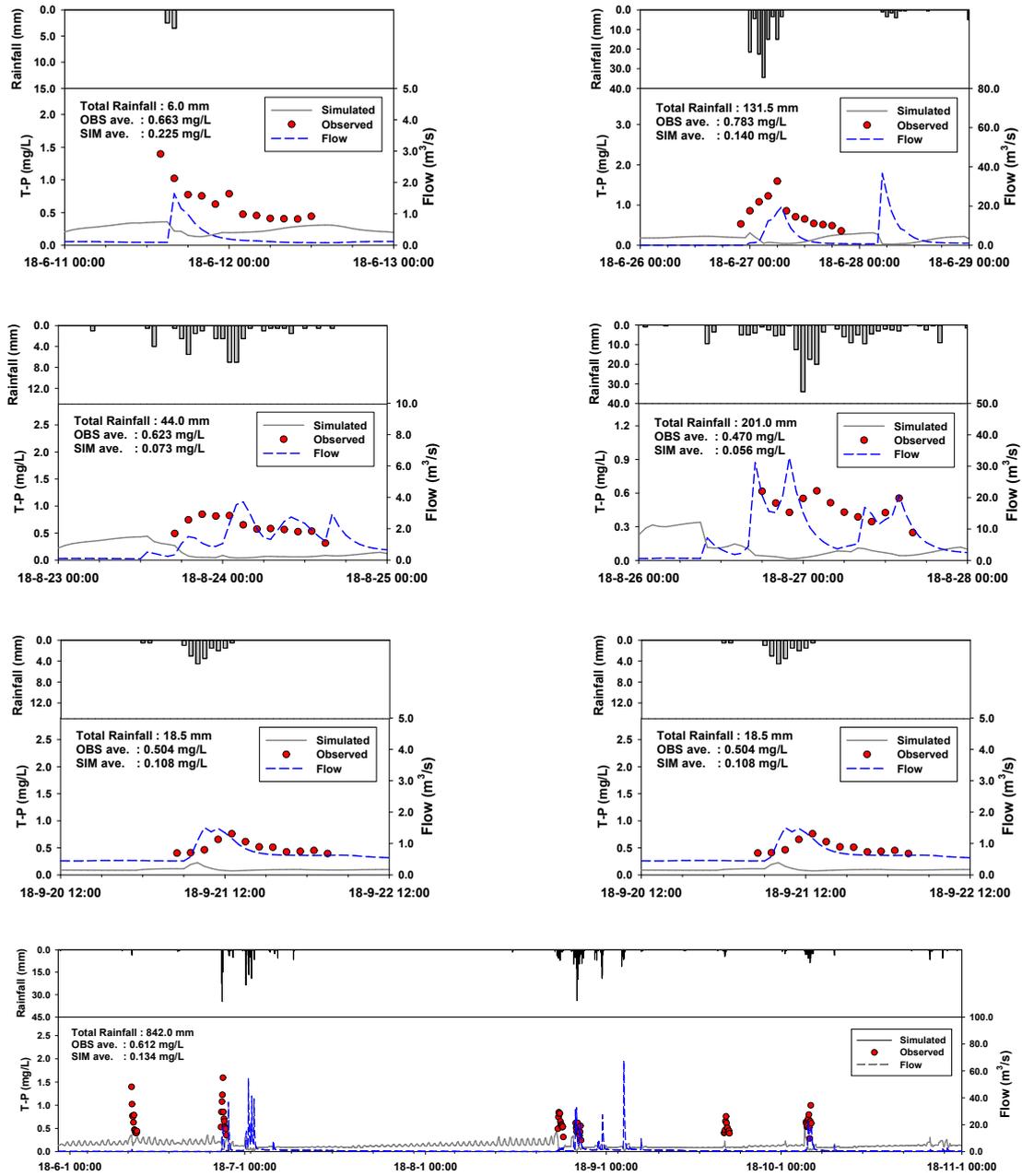
* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

<Fig. 2-123> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 만경대교 지점(T-P)



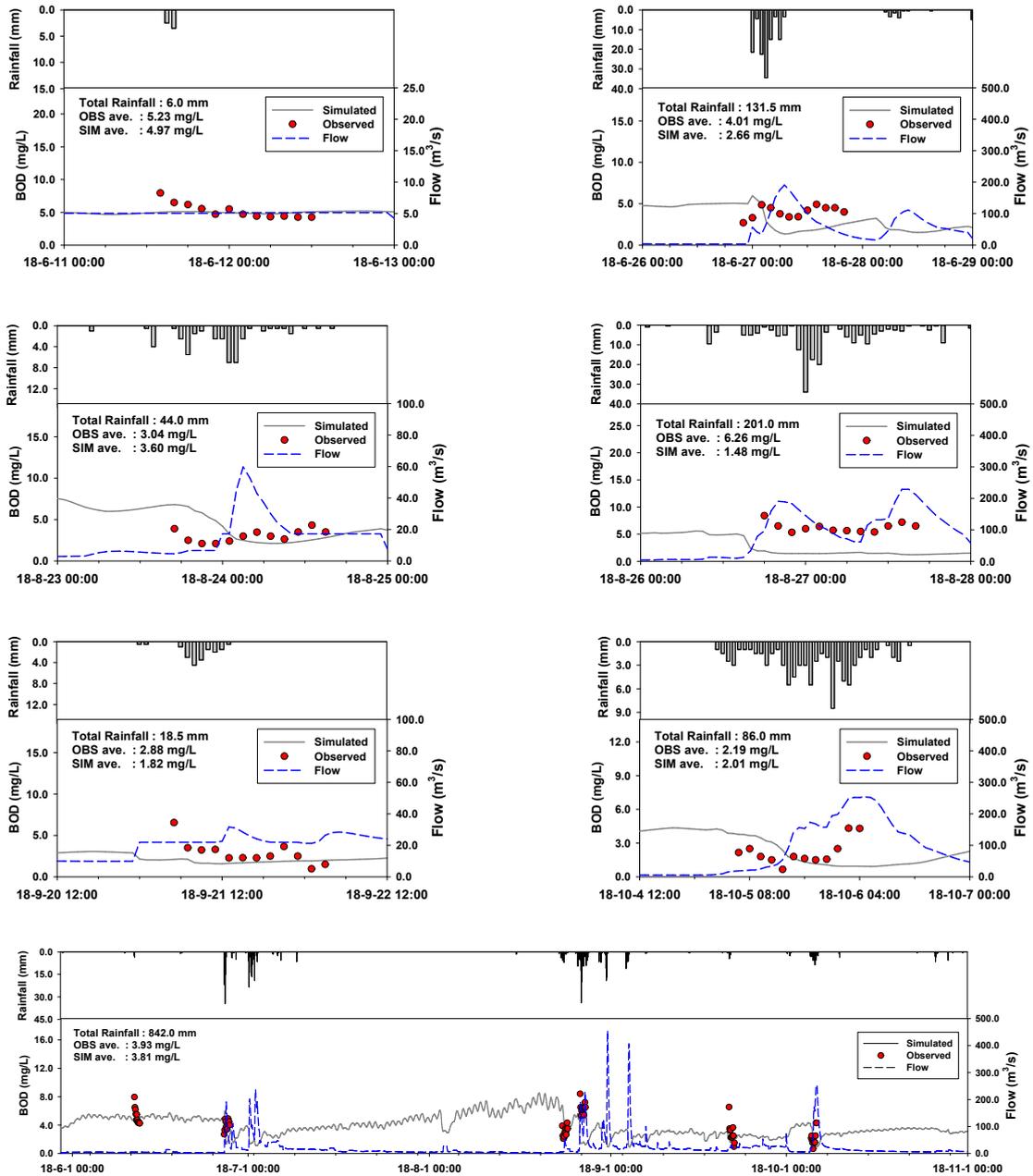
No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	7.26	5.60	-1.66
2차	2018-06-27	131.5	3.50	3.65	0.15
3차	2018-08-24	44.0	6.37	2.04	-4.33
4차	2018-08-27	201.0	3.03	1.22	-1.81
5차	2018-09-21	18.5	1.19	3.48	2.29
6차	2018-10-05	86.0	2.32	2.13	-0.19
평균			3.95	3.02	-0.93

<Fig. 2-124> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 금구 지점(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	Δt (Sim ave - Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	0.663	0.225	-0.438
2차	2018-06-27	131.5	0.783	0.140	-0.643
3차	2018-08-24	44.0	0.623	0.073	-0.552
4차	2018-08-27	201.0	0.470	0.056	-0.414
5차	2018-09-21	18.5	0.504	0.108	-0.396
6차	2018-10-05	86.0	1.631	0.111	-1.520
평균			0.779	0.119	-0.660

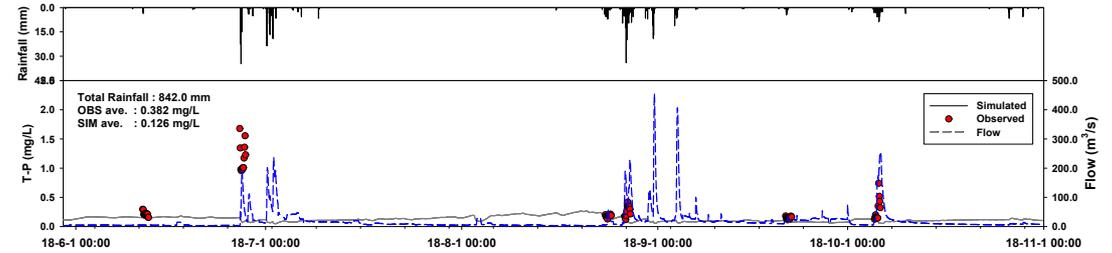
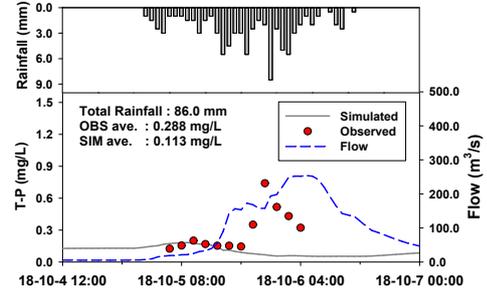
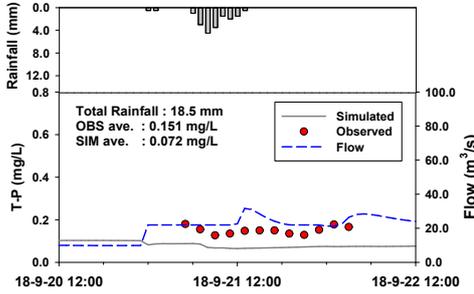
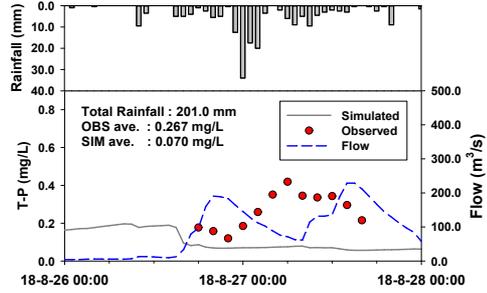
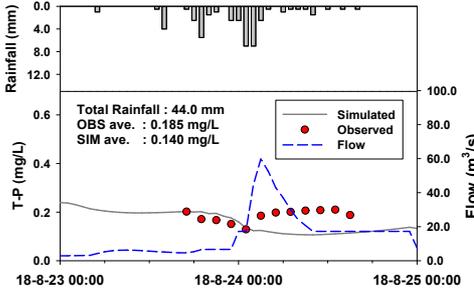
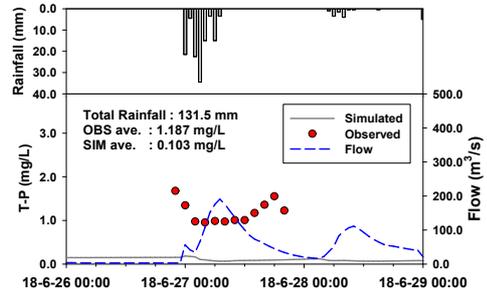
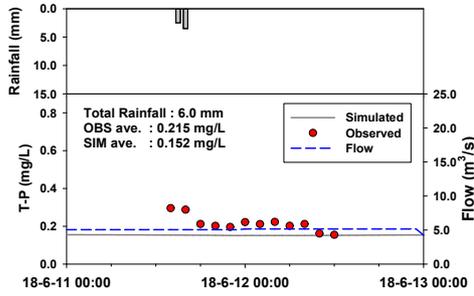
<Fig. 2-125> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 금구 지점(T-P)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave - Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	5.23	4.97	5.00	-0.26
2차	2018-06-27	131.5	4.01	2.66	8.60	-1.35
3차	2018-08-24	44.0	3.04	3.60	2.20	0.56
4차	2018-08-27	201.0	6.26	1.48	3.40	-4.78
5차	2018-09-21	18.5	2.88	1.82	3.70	-1.06
6차	2018-10-05	86.0	2.19	2.01	-	-0.18
평균			3.94	2.76	4.58	-1.18

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

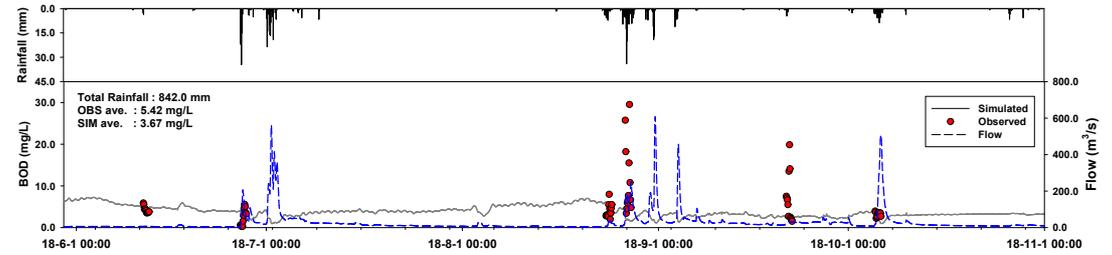
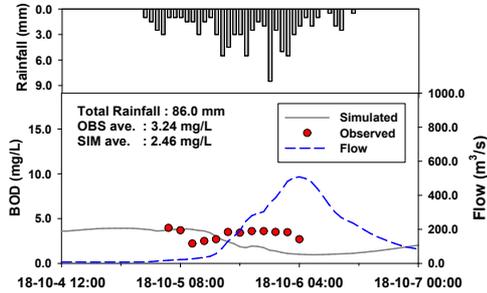
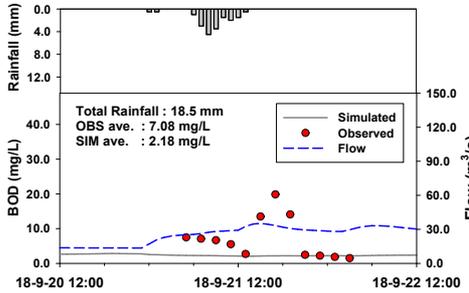
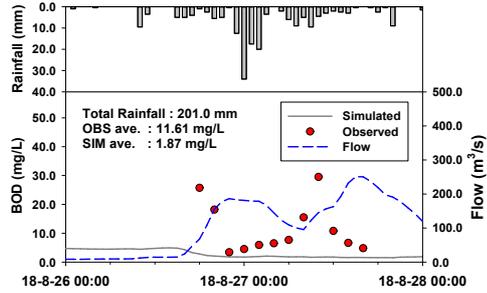
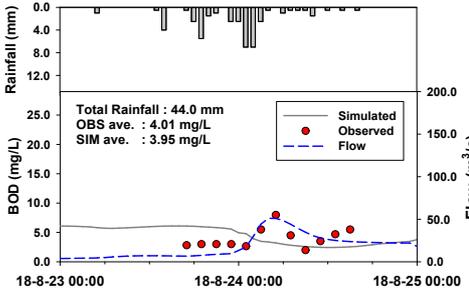
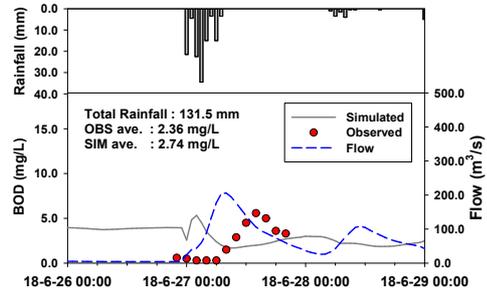
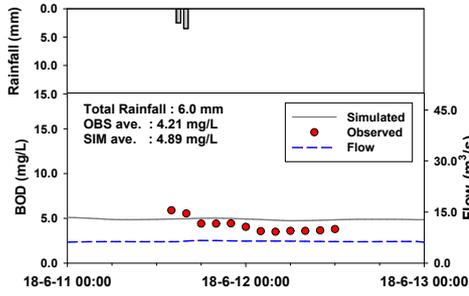
<Fig. 2-126> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 군포교 지점(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	0.215	0.152	0.139	-0.063
2차	2018-06-27	131.5	1.187	0.103	0.527	-1.084
3차	2018-08-24	44.0	0.185	0.140	0.079	-0.045
4차	2018-08-27	201.0	0.267	0.070	0.461	-0.197
5차	2018-09-21	18.5	0.151	0.072	0.073	-0.079
6차	2018-10-05	86.0	0.288	0.113	-	-0.175
평균			0.382	0.108	0.256	-0.274

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

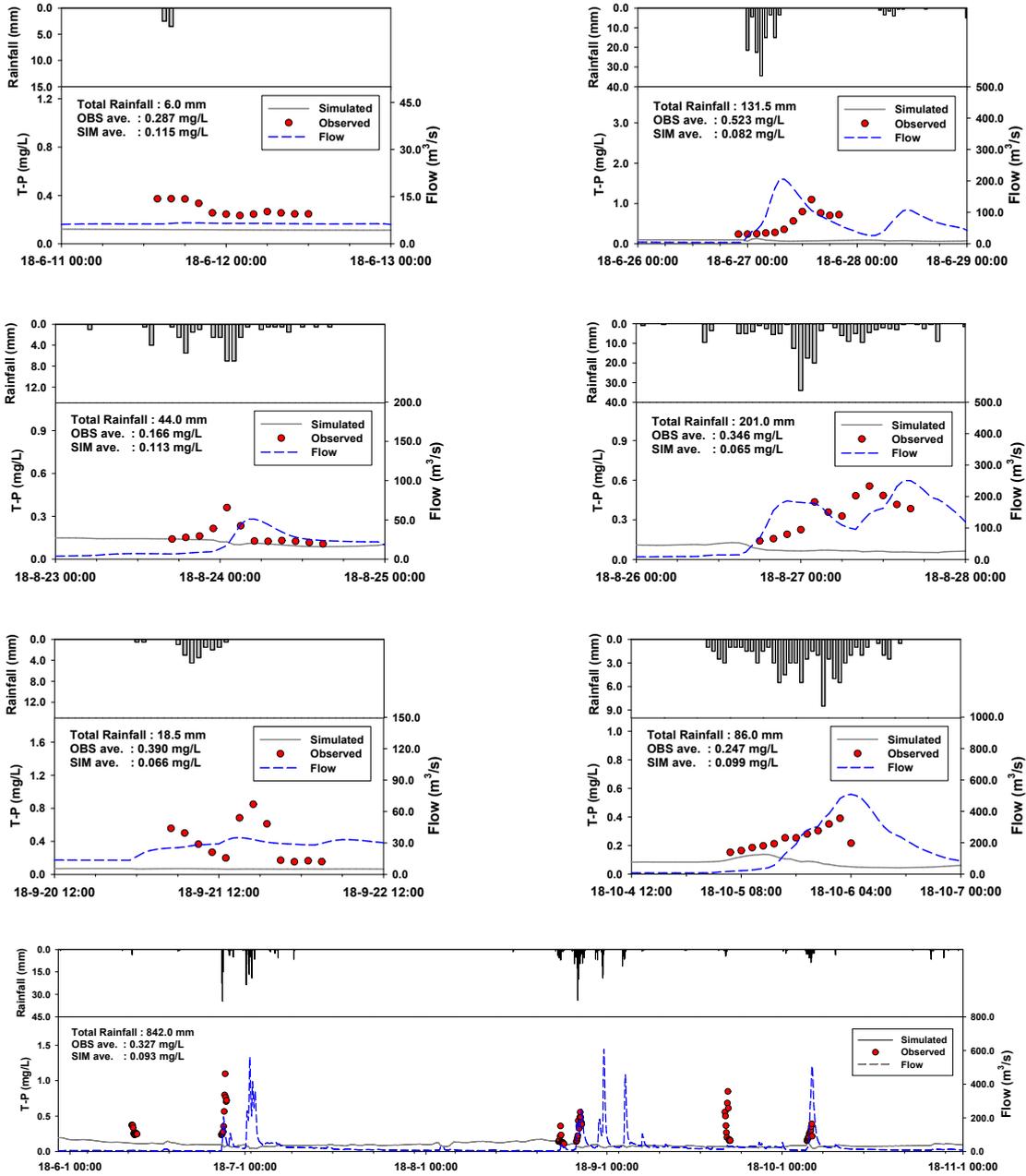
<Fig. 2-127> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 군포교 지점(T-P)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS* (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	4.21	4.89	-	0.68
2차	2018-06-27	131.5	2.36	2.74	-	0.38
3차	2018-08-24	44.0	4.01	3.95	-	-0.06
4차	2018-08-27	201.0	11.61	1.87	-	-9.74
5차	2018-09-21	18.5	7.08	2.18	-	-4.90
6차	2018-10-05	86.0	3.24	2.46	-	-0.78
평균			5.42	3.02	-	-2.40

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

<Fig. 2-128> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 동진대교(BOD)



No.	측정일자	Rainfall (mm)	Obs ave. (mg/L)	Sim ave. (mg/L)	WQS [*] (mg/L)	Δt (Sim ave -Obs ave)
1차	2018-06-12	6.0	0.287	0.115	0.062	-0.172
2차	2018-06-27	131.5	0.523	0.082	0.101	-0.441
3차	2018-08-24	44.0	0.166	0.113	-	-0.053
4차	2018-08-27	201.0	0.346	0.065	-	-0.281
5차	2018-09-21	18.5	0.390	0.066	-	-0.324
6차	2018-10-05	86.0	0.247	0.099	-	-0.148
평균			0.327	0.090	0.082	-0.237

* WQS : 강우시 측정일자와 가장 가까운 날의 국가수질측정망 수질결과

<Fig. 2-129> 새만금 HSPF 모델의 수질 시단위 보정 결과 - 동진대교 지점(T-P)

3. 골지천 유역모델 보·검증

가. 유역모형의 보정 및 검증

- 모형의 보정은 단순시행착오법을 통해 수행되고 있으며, 이는 모형의 다양한 매개변수를 변화시켜 상관계수 및 결정계수 등의 최적점을 찾는 방법으로, 반복 횟수가 충분할 경우 전체 근사 최적점에 도달 가능한 방법임(이승창, 2009)
- 환경부 수위-유량자료 및 환경부 수질측정망 자료를 이용하여 유량과 수질에 대한 HSPF 모델 보·검증을 수행하였음. 본 연구를 통해 모니터링이 수행된 유량 3개 지점(태봉2교, 관말교, 검무교), 수질 5개 지점(검무교, 관말교, 태봉2교, 송계교, 제1여량교)의 모니터링 결과도 시단위 정밀 보정시 반영하여 보정을 실시하였음. 유량 및 수질모의에 적절한 매개변수를 선정하여 변화시키면서 단순시행착오법에 의해 유량, SS를 보정하였음
- HSPF의 유량 모의 결과에 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 LZSN, INFILT, KVARY, AGWRC, UZSN, INTFW, IRC 등으로 보고되고 있음(이승재, 2012)
- HSPF의 SS 모의에서 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 PERLND 모듈에서 SED-PARM2의 KRER, JRER, JSER, KGER, JGER, TAUCS, M 등의 매개변수가 있음
- 골지천 유역에서 사용된 유량 및 SS 관련 주요 매개변수의 값은 아래 <Table 2-58~Table 2-59>와 같으며, 매개변수의 범위는 HSPF Technical note(US EPA, 2000)와 HSPF Version 12 User's Manual(Bicknell, 2001)에 제시된 범위에 해당하는 것으로 나타남

<Table 2-58> 골지천 유역의 HSPF 모델의 유량관련 주요 매개변수

Parameter	Description	Unit	Model range	This study
LZSN	Lower zone nominal soil moisture storage	in	0.01~100.0	4.0~6.5
INFILT	Index to infiltration capacity	in/hr	0.0001~100.0	0.1~0.3
KVARY	Variable groundwater recession	1/in	0.0~5.0	0.0
AGWRC	Base groundwater recession	none	0.001~0.999	0.89~0.97
DEEPR	Fraction of GW inflow to deep recharge	none	0.0~1.0	0.001~0.4
BASETP	Fraction of remaining ET from baseflow	none	0.0~0.05	0.001~0.02
UZSN	Upper zone nominal Soil moisture storage	in	0.01~10.0	1.128
INTFW	Interflow inflow parameter	none	0.0~none	0.75
IRC	Interflow recession parameter	none	0.1~30.0	0.5

<Table 2-59> 골지천 유역의 HSPF 모델의 수질관련 주요 매개변수

Parameter	Description	Unit	Model range	This study
PERLND-module				
KRER	Coefficient in the soil detachment equation	complex	0.05~0.75	0.15~0.70
JRER	Exponent in the soil detachment equation	none	1.0~3.0	1.5~4.0
AFFIX	Daily reduction in detached sediment	1/day	0.01~0.50	0.01
COVER	Fraction land surface protected from rainfall	none	0.0~0.98	0.0~1.0
NVSI	Atmospheric additions to sediment storage	lb/ac-day	0.0~20.0	1.0~2.0
KSER	Coefficient in the sediment washoff equation	complex	0.1~10.0	0.25~1.2
JSER	Exponent in the soil washoff equation	none	1.0~3.0	1.1~3.0
KGER	Coefficient in soil matrix scour equation	complex	0.0~10.0	0.0~1.5
JGER	Exponent in soil matrix scour equation	none	1.0~5.0	1.2~3.0
RCHRES-module				
D	Effective diameter of the transported sand particles	in	0.0005~0.2	0.0001~0.005
W	Fall velocity of transported particles in still water	in/sec	0.0~10.0	0.0001~0.03
TAUCD	Critical bed shear stress for deposition	lb/ft ²	0.001~1.0	0.05~0.1
TAUCS	Critical bed shear stress for scour	lb/ft ²	0.01~3.0	0.16~0.52
M	Erodibility coefficient	lb/ft ² -day	0.001~5.0	0.001~0.03

- 모형의 검·보정 결과는 US EPA(2011), Donigian(2000, 2002)에서 제시한 바에 따라, 실측치와 모의치의 차이를 나타내는 상대오차(% , %Difference)를 통해 평가하였으며, 상대오차 산정에 대한 식은 아래와 같음

$$\% \text{diff} = \frac{(\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100 \quad \text{식 (4-1)}$$

- <Table 2-60>은 유역모형 보·검증에 있어서 모형효율을 평가하기 위한 결정계수로서 %Difference의 적용 기준을 나타낸 것임

<Table 2-60> 모형 효율 평가를 위한 %Difference의 범위(절대값)

Constituent	Very good	Good	Fair
Hydrology / Flow	< 10	10 ~ 15	15 ~ 25
Water temperature	< 7	8 ~ 12	13 ~ 18
Sediment (SS)	< 20	20 ~ 30	30 ~ 45
Water Quality / Nutrients	< 15	15 ~ 25	25 ~ 35
Pesticides / Toxics	< 20	20 ~ 30	30 ~ 40

- 한편, 유역 수문 검·보정에 있어서는 R²를 추가적인 지표로 평가하였으며, 이 역시 Donigian(2002)과 US EPA(2011)가 제시한 평가기준을 적용하였음

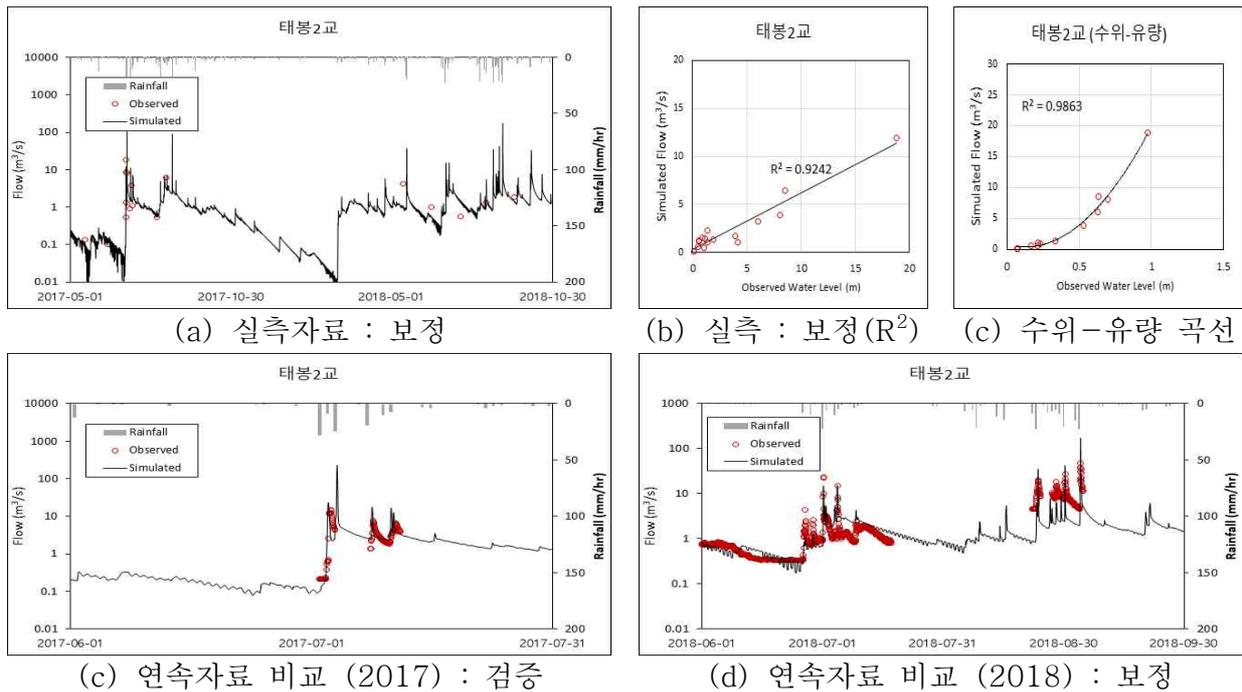
- <Table 2-61>과 같이, 모의 유량의 시간적 간격이 클수록 평가기준이 더욱 엄격하다는 점(월평균 모의에 대한 평가가 일평균모의에 비해 더욱 엄격함)에서 시간간격으로 모의된 본 지점은 일평균모의 결과 수준을 반영하는데 무리가 없을 것으로 판단하였음

<Table 2-61> R² Value Ranges for Model Performance

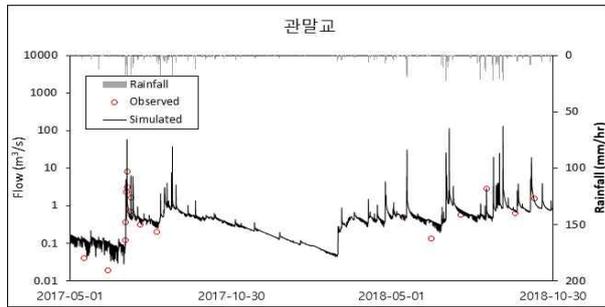
Criteria	Range			
	0.6	0.7	0.8	0.9
Daily Flows	Poor	Fair	Good	Very Good →
Monthly Flows	Poor	Fair	Good	Very Good

나. 유역모델의 유량 검·보정

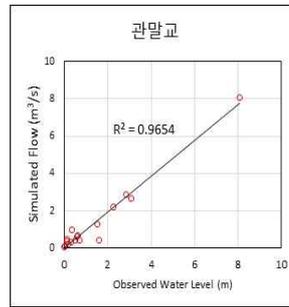
- 유역 수문모의에 대한 보정과 검증은 모니터링이 수행된 태봉2교와 관말교, 검무교(단기 강우유출)에서 우선적으로 수행한 후, 환경부 수위측정망 지점에 해당하는 3개 지점(장기 유출 : 송계교, 제1여량교, 송천교)의 일 평균자료와 골지A 단위유역 말단지점에서 8일 간격 자료를 활용하여 수행되었음 (총 7개 지점)
- 단기 강우유출 보검증 지점으로서, 제1관리지역인 태봉2교를 중심으로, 2관리지역, 3관리지역 말단에 해당하는 관말교, 검무교 3개 지점에 대하여 모니터링(유속-수위 실측) 자료 및 자동수위계(적산유량)를 통한 연속자료(수위-유량 환산)를 병용하여, 한 시간 단위의 보정(hourly calibration)을 수행하였음 (Fig. 2-130~Fig. 2-132).



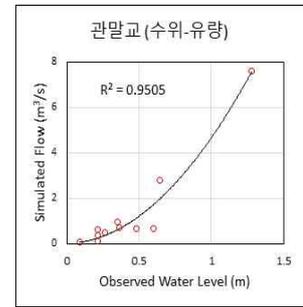
<Fig. 2-130> 태봉2교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)



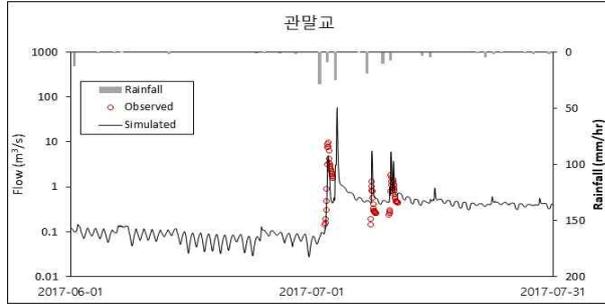
(a) 실측자료 : 보정



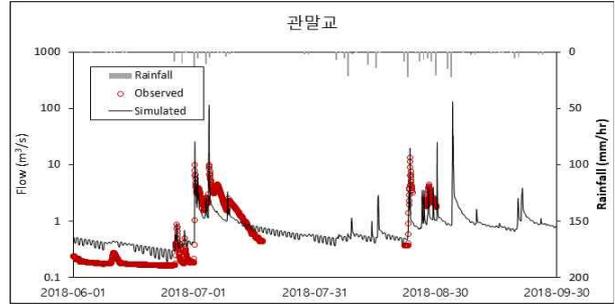
(b) 실측 : 보정 (R^2)



(c) 수위-유량 곡선

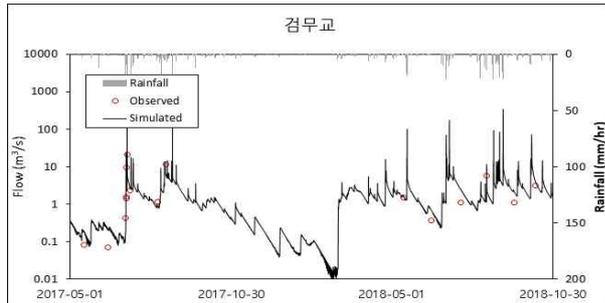


(c) 연속자료 비교 (2017) : 검증

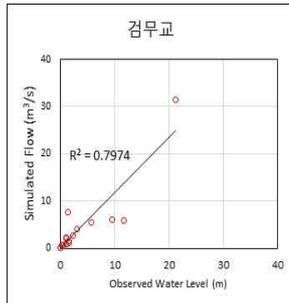


(d) 연속자료 비교 (2018) : 보정

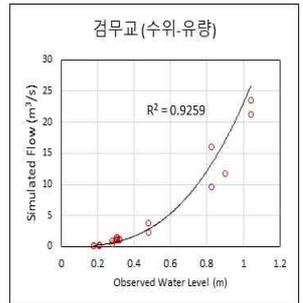
<Fig. 2-131> 관말교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)



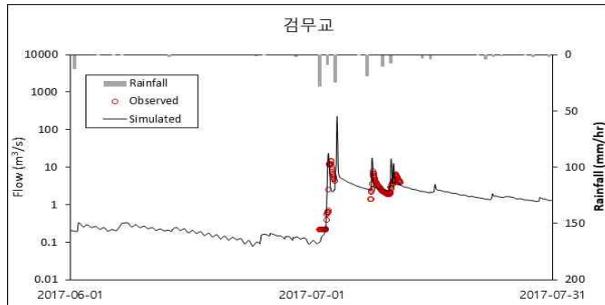
(a) 실측자료 : 보정



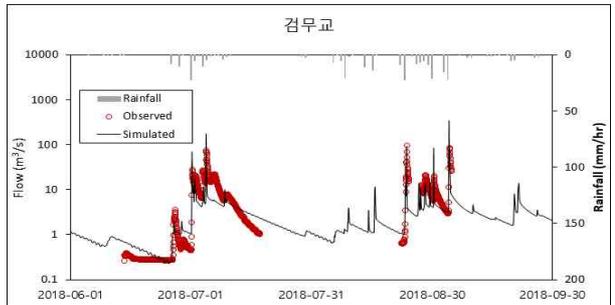
(b) 실측 : 보정 (R^2)



(c) 수위-유량 곡선



(c) 연속자료 비교 (2017) : 검증



(d) 연속자료 비교 (2018) : 보정

<Fig. 2-132> 검무교 보정 및 검증 (단기 강우-유출 및 연속자료)

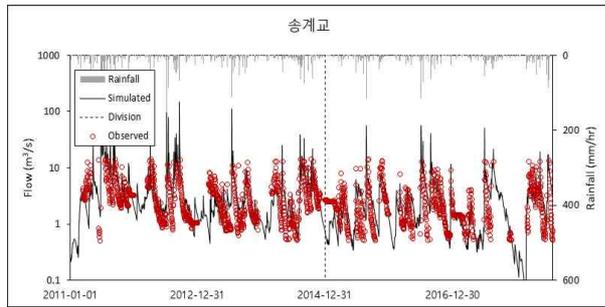
<Table 2-62> 모니터링 지점 (단기 강우-유출)의 보정 결과 및 평가

	실측 유량(1차 보정)				연속 자료(수위-유량)			
					보정		검증	
	%Diff	grade	R ²	grade	%Diff	grade	%Diff	grade
검무교	(-) 3.9%	Very Good	0.7974	Good	13.4%	Good	-12.6%	Good
관말교	3.1%	Very Good	0.9654	Very Good	6.6%	Very Good	1.8%	Very Good
태봉2교	2.6%	Very Good	0.9242	Very Good	9.2%	Very Good	1.8%	Very Good

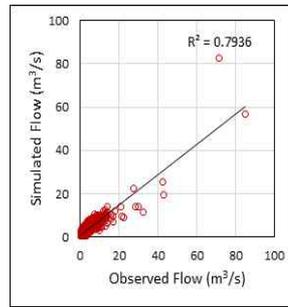
- 환경부 수위측정망 자료가 확보되는 송계교, 제1여량교의 경우 현재도 수위-유량 환산자료 취득하여 보정 및 검증을 수행하였으며, 제1~3관리지역 말단의 수위자료로부터 환산된 유량 자료를 활용하여 관리지역 보정 후, 상류로부터 하류 순으로 연계하여 수행됨
- 한편, 목표지점인 송계교(임계수위표) 지점의 경우, 동계기간과 하계 고유량기간 결측 및 동일수치가 지속되는 기간이 일부 발생함에 따라, 관측치의 유향검토를 통해 상-하위 10% 유량을 제거한 후 보정에 활용하였고, 관리유향구간이 10 ~ 30% 유향구간에 해당한다는 점에서도 합리적인 것으로 판단되며, 보조적 수단으로서 시행계획 상의 관리유향구간(4.191 ~ 9.005 m³/s)에 해당하는 시기를 별도로 추출하여 추가적인 보정을 수행하였음
- 이에 따라, 고유량 자료의 영향을 크게 받는 평가지표인 R²의 특성 상, 일부 지점의 검증 시기 다소 낮은 평가결과를 보였으나, US EPA에서 제안하고 있는 HSPF의 모형효율 결정계수인 %Difference를 함께 평가하기 때문에 무리가 없을 것으로 판단됨
- 장기간의 관측자료가 확보되는 송계교, 골지A 지점의 경우 2015 ~ 2018년(4년)을 보정, 2011 ~ 2014년(4년)을 검증기간으로 설정하였으나, 제1여량교는 수위측정망 자료가 2017년부터 제시되므로, 2018년을 보정, 2017년을 검증 기간으로 채택하여 수행하였음(Table 2-63, Fig. 2-133~Fig. 2-136).

<Table 2-63> 모니터링 지점 (환경부 수위측정망)의 보정결과 및 평가

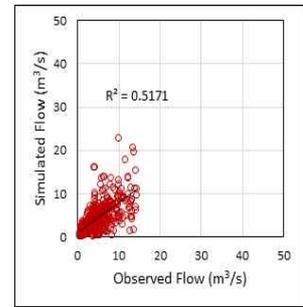
		%Difference				R ²			
		보정		검증		보정		검증	
		%Diff	grade	%Diff	grade	R ²	grade	R ²	grade
송계교	10~90%유향	(-)6.73%	V.Good	0.17%	V.Good	0.794	Good	0.517	Poor
	관리유향구간	9.40%	V.Good	11.07%	Good	-	-	-	-
제1여량교		13.77%	Good	(-)7.33%	V.Good	0.776	Good	0.700	Good
송천교		13.68%	Good	10.14%	Good	0.702	Good	0.581	Poor
골지A		(-)2.35%	V.Good	(-)11.83%	Good	0.795	Good	0.863	V.Good



(a) 보정 및 검증

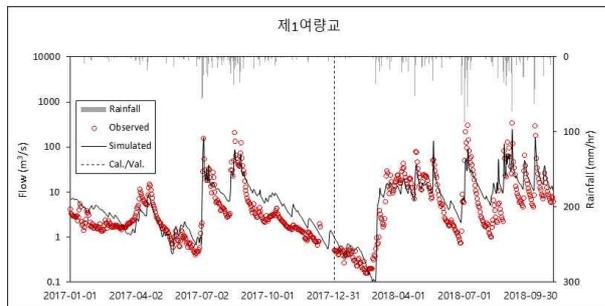


(b) 보정 (R^2)

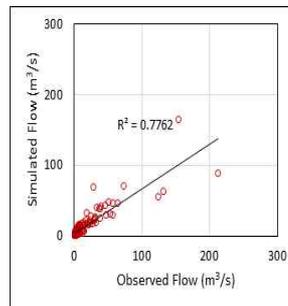


(c) 검증 (R^2)

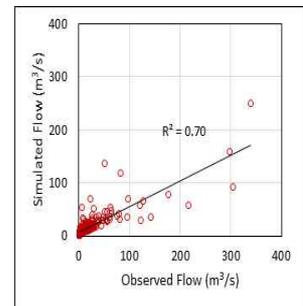
<Fig. 2-133> 송계교 지점 시계열 보·검증 수행



(a) 보정 및 검증

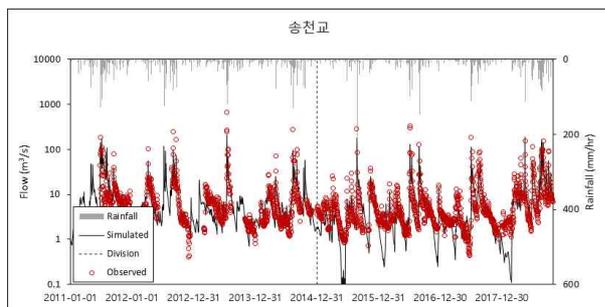


(b) 보정 (R^2)

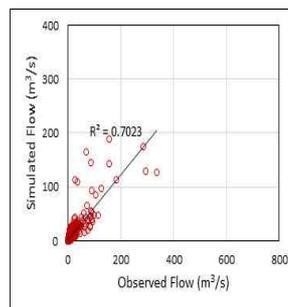


(c) 검증 (R^2)

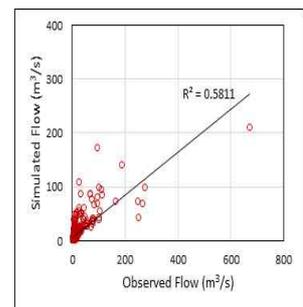
<Fig. 2-134> 제1여량교 지점 시계열 보·검증 수행



(a) 보정 및 검증

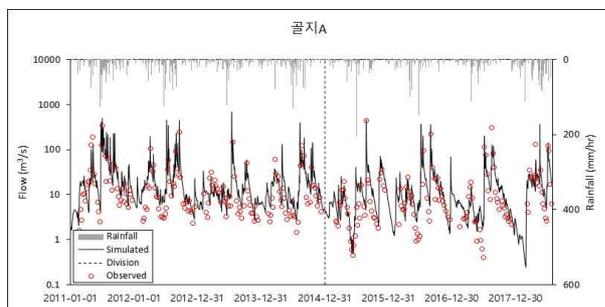


(b) 보정 (R^2)

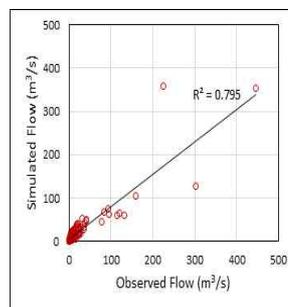


(c) 검증 (R^2)

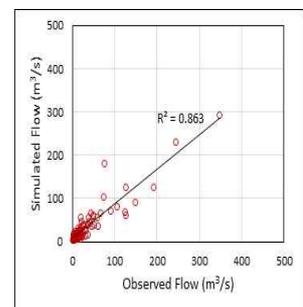
<Fig. 2-135> 송천교 지점 시계열 보·검증 수행



(a) 보정 및 검증



(b) 보정 (R^2)

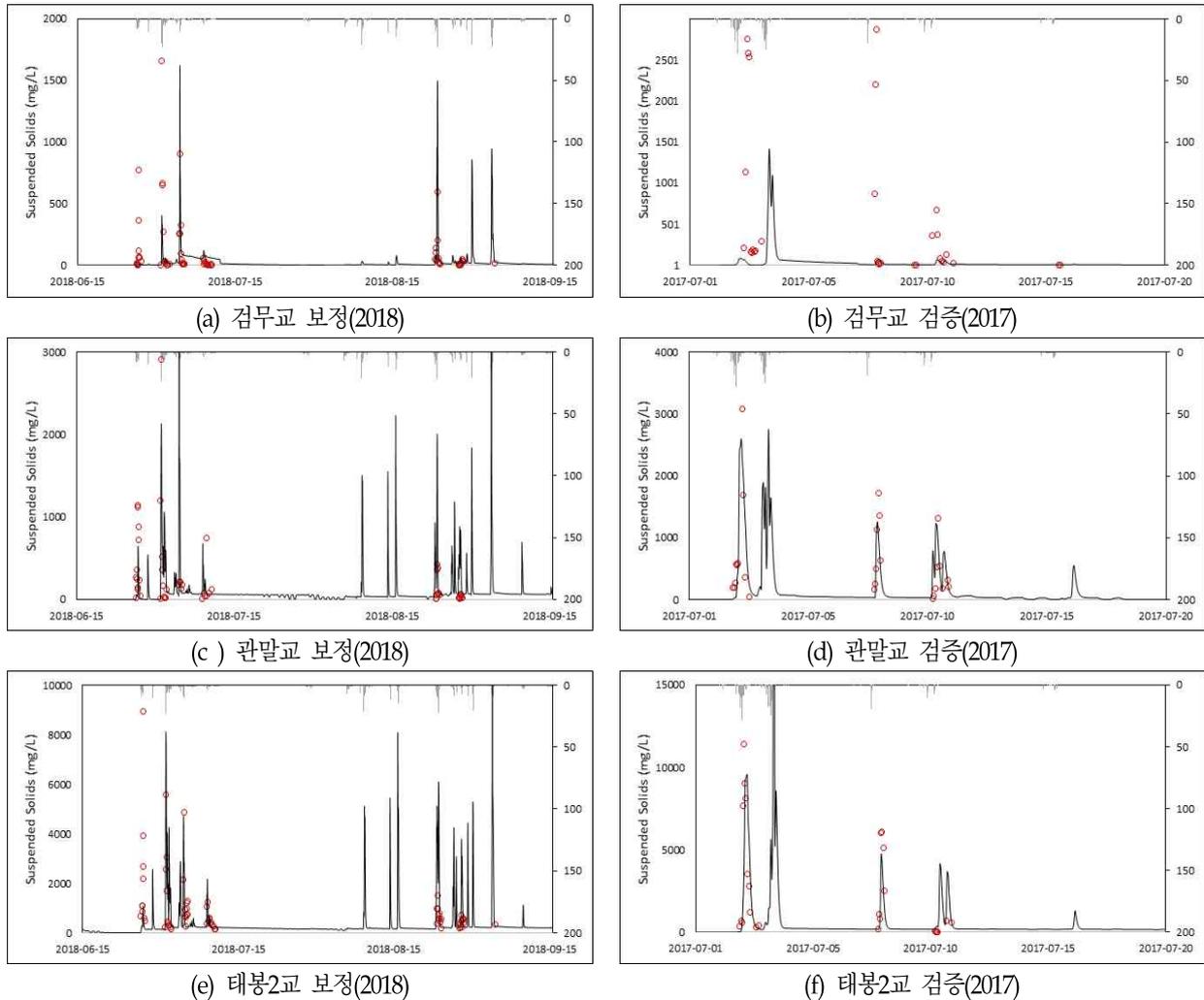


(c) 검증 (R^2)

<Fig. 2-136> 골지A 지점 시계열 보·검증 수행

다. 유역 모델의 수질 보정 및 검증

- 대상물질(SS)에 대한 수질 보정 및 검증은 모니터링이 수행된 5개 지점(검무교, 관말교, 태봉2교, 송계교, 제1여량교)과 골지A 지점에서 수행되었음(총 6개 지점)
- 골지천 유역의 대상물질인 SS에 대하여 유역모형의 예측결과를 검·보정하였으며, 그 결과는 <Table 2-64>와 <Fig. 2-137~Fig. 2-139>에 나타난 바와 같음

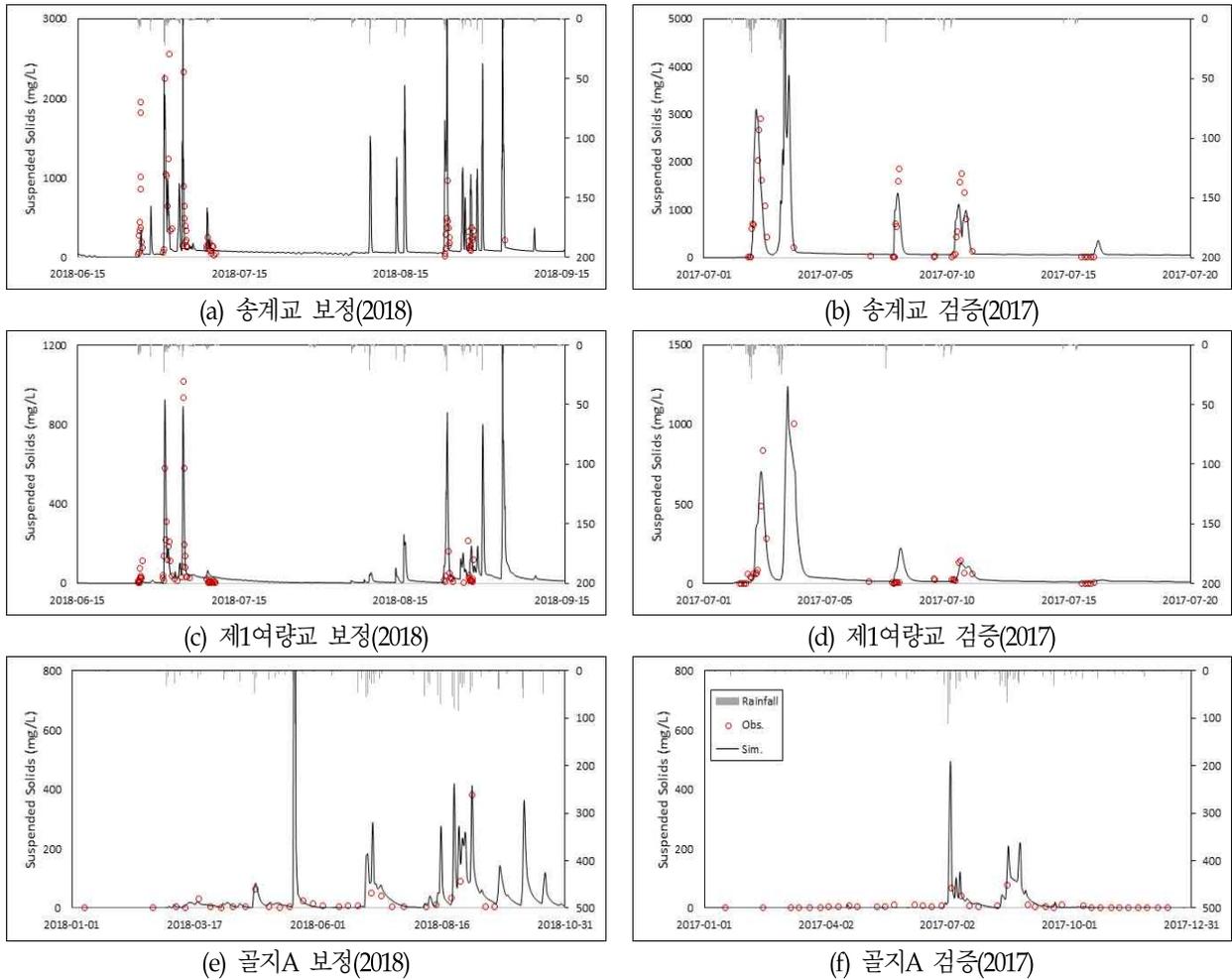


<Fig. 2-137> 상류 우선관리지역 말단지점 시계열 보·검증

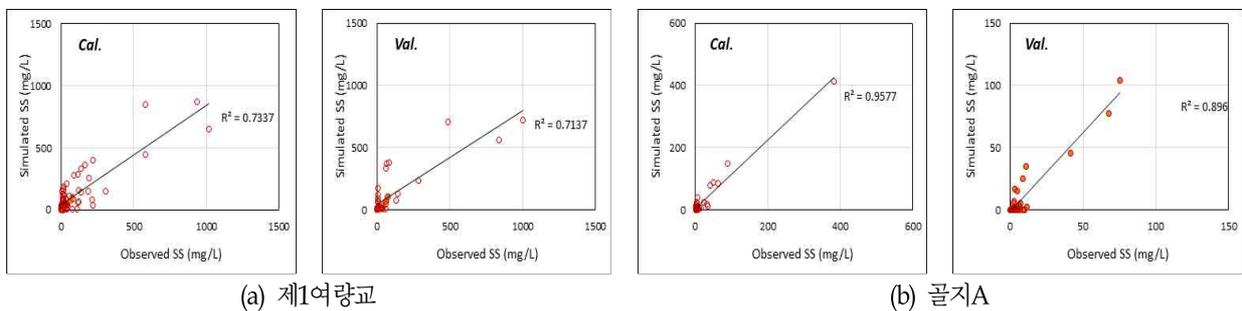
- 모니터링 현장의 일부 지역에서 특정 시기 수확작업 및 공사 등 인위적 활동으로 인해 토양유실에 직접적인 영향을 미치는 경우가 있었으며, 이러한 경우 예측치가 관측치를 반영하는데 한계가 있었던 것으로 판단됨
- 한편, 대상지역의 지형특성 상 도상거리가 매우 근접한 경우라도 산세로 인해 강우의 국지적 차이가 뚜렷하게 나타나기 때문에, ASOS(중관기상관측망)으로는 강우특성을 반영하기 어려운 것으로 판단되며, AWS(방재기상관측망) 자료로 보완하더라도 그 밀도가 낮아 한계가 있는 것으로 사

료됨

- 특히, 티센 방법은 산악효과를 고려하지 못하는 것으로 보고되고 있으며(이재수, 2015), 이러한 지역에서 예측의 정밀도와 신뢰성을 향상시키기 위해서는 지형에 따라 적정밀도의 현장 강우량계의 조밀한 설치가 요구됨



<Fig. 2-138> 목표지점 및 단위유역(골지A) 말단지점의 시계열 보·검증



<Fig. 2-139> 목표지점 및 단위유역(골지A) 말단지점의 보·검증(R^2)

<Table 2-64> 모니터링 지점의 수질 보장결과 및 평가

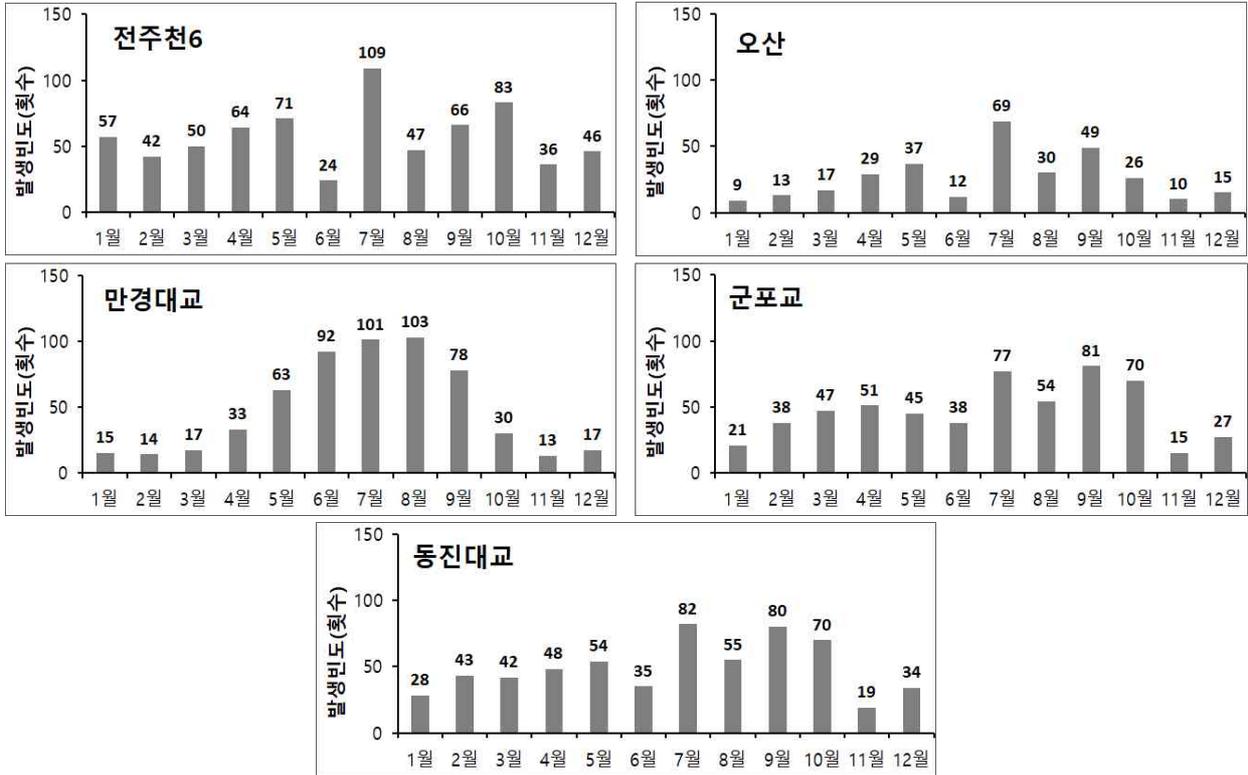
	%Difference				R ²			
	보정		검증		보정		검증	
	%Diff	grade	%Diff	grade	R ²	grade	R ²	grade
검무교	(-)17.9%	V.Good	-	-	-	-	-	-
관말교	(-)26.8%	V.Good	20.6%	Good	-	-	-	-
태봉2교	(-)13.9%	V.Good	11.8%	V.Good	-	-	-	-
송계교	20.5%	Good	(-)15.7%	V.Good	-	-	-	-
제1여량교	(-)28.1%	Good	-24.7%	Good	0.734	Good	0.714	Poor
콜지A	(-)27.5%	Good	(-)8.1%	V.Good	0.958	Good	0.896	V.Good

4. 모델결과를 이용한 유역 최적모니터링 시기 도출

가. 새만금 유역

(1) 관리유량 발생빈도 분석

- 비점오염 최적 모니터링 시기를 도출하기 위해 새만금 유역 비점오염원관리지역 지정 시점을 기준으로 본 연구에서 재현성 검토가 완료된 모델 결과로부터 일 유량자료(2015년 1월 1일~2018년 12월 31까지)를 추출하여 관리지점별로 관리유량구간(5~50%)에 해당되는 유량이 발생한 횟수를 월별로 분석함
- 분석 기간 동안 관리유량 발생빈도는 전주천6 지점이 695회로 가장 높았으며, 만경대교, 군포교, 동진대교 지점은 각각 576회, 564회, 590회로 유사하게 나타났고, 오산 지점은 316회로 가장 낮은 발생빈도를 보임
- 월별로 보면, 전주천6 지점은 7월, 오산 지점은 7월, 만경대교 지점은 8월, 군포교 지점은 9월, 동진대교 지점은 7월이 가장 높은 발생빈도를 보임
 - 관리유량구간 발생빈도는 만경강 유역의 전주천6 지점은 5월, 7월, 10월에 높고, 오산 지점은 5월, 7월 9월에 높으며, 만경대교 지점은 6월~8월에 높게 나타남
 - 동진강 유역의 군포교, 동진대교 지점에서는 7월, 9월, 10월에 관리유량구간 발생빈도가 높게 나타남



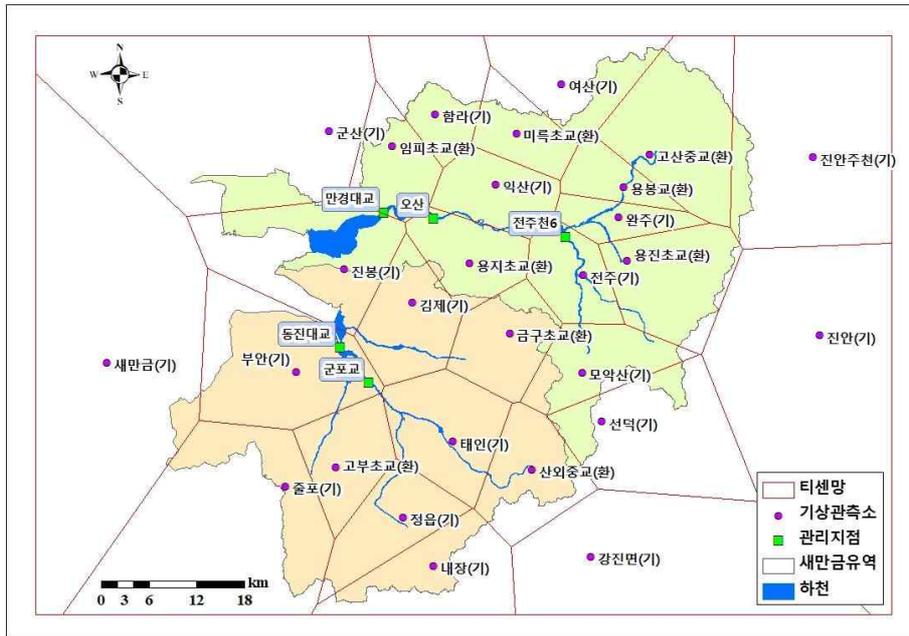
<Fig. 2-140> 새만금 유역 비점오염원 관리지점별 관리유량구간 발생빈도

(2) 관리유량구간의 강우량 분포

(가) 유역 평균 강우량 산정

- 새만금유역 및 주변유역의 기상관측소를 바탕으로 티센망을 구성하고, 비점오염원 관리지점(전주천6, 오산, 만경대교, 군포교, 동진대교)에 해당되는 유역 평균 강우량을 산정함
 - 전주천6 유역권의 티센망에 포함되는 기상관측소는 선덕, 모악산, 산외중교, 금구초교, 완주, 용진초교, 전주 관측소이며, 이 중 관측소의 지배면적이 유역의 10% 이상을 차지하는 지점은 모악산(40.2%), 전주(24.0%), 용진초교(16.8%), 선덕(16.3%) 임
 - 오산 유역권의 티센망에 포함되는 기상관측소는 선덕, 고산중교, 익산, 여산, 모악산, 산외, 금구초교, 진안주천, 완주, 용진초교, 용봉교, 김제, 함라, 전주, 미륵초교, 용지초교, 임피초교 관측소이며, 이 중 관측소의 지배면적이 유역의 10% 이상을 차지하는 지점은 고산중교(19.9%), 용진(15.5%) 임
 - 만경대교 유역권의 티센망에 포함되는 기상관측소는 선덕, 고산중교, 익산, 여산, 모악산, 산외중교, 금구초교, 진안주천, 완주, 용진초교, 용봉교, 김제, 함라, 전주, 미륵초교, 용지초교, 임피초교, 진봉 관측소이며, 이 중 관측소의 지배면적이 유역의 10% 이상을 차지하는 지점은 고산중교(16.6%), 용진초교(12.9%) 임

- 군포교 유역권의 티센망에 포함되는 기상관측소는 태인, 선덕, 부안, 고부초교, 내장산, 정읍, 산외중교, 김제 관측소이며, 이 중 관측소의 지배면적이 유역의 10% 이상을 차지하는 지점은 태인(29.3%), 정읍(24.1%), 산외중교(19.4%), 내장산(16.2%) 임
- 동진대교 유역권의 티센망에 포함되는 기상관측소는 태인, 선덕, 부안, 고부초교, 내장산, 정읍, 산외중교, 김제, 줄포 관측소이며, 이 중 관측소의 지배면적이 유역의 10% 이상을 차지하는 지점은 태인(19.0%), 정읍(18.1%), 고부초교(17.1%), 산외중교(12.6%), 내장산(10.5%) 임



<Fig. 2-141> 새만금유역 티센망

(나) 관리유량 구간의 강우량 분포

- 새만금유역 티센망을 바탕으로 2015년 1월 1일~2018년 11월 30까지 각 관리지점의 유역 평균 강우량을 산정하고, 각 관리지점별 관리유량 구간(5~50%)에 포함되는 유역 평균 강우량 구간을 도출함

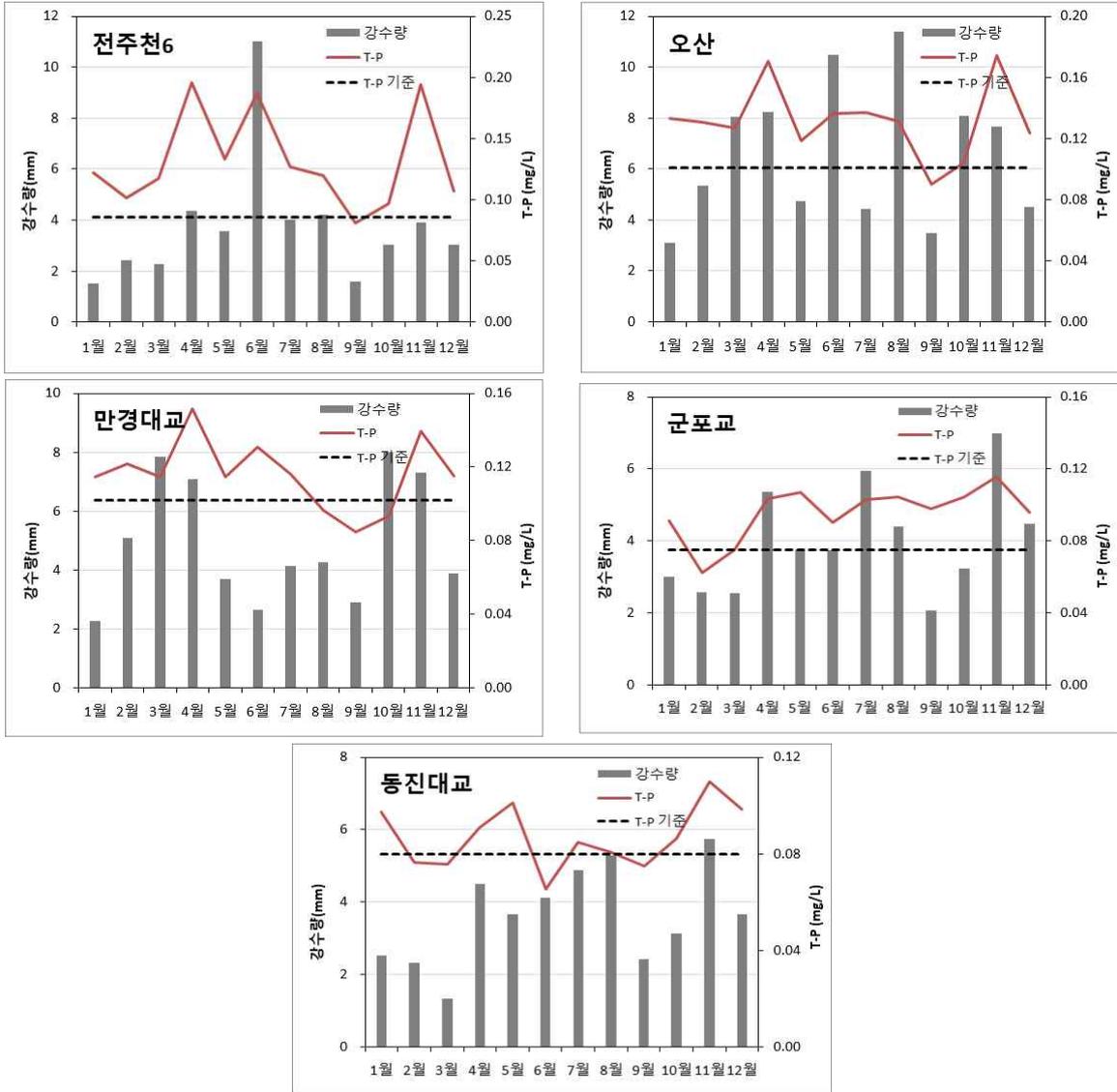
- 전주천6 유역: 0.00~73.99mm, 오산 유역: 0.00~107.04, 만경대교 유역: 0.00~107.20, 군포교 유역: 0.00~61.61mm, 동진대교 유역: 0.00~74.18mm

<Table 2-65> 새만금유역 비점오염관리지역 유역 평균 강우량 범위

지 점	관리 유량 구간 내 유역 평균 강우량 범위(mm)	전체 유역 평균 강우량 평균(mm)	강우시 유역 평균 강우량 평균(mm)
전주천6 유역	0.00 ~ 73.99	3.41±7.69	7.66±10.02
오산 유역	0.00 ~ 107.04	6.15±11.47	9.67±13.15
만경대교 유역	0.00 ~ 107.20	4.22±9.44	7.30±11.48
군포교 유역	0.00 ~ 61.61	3.86±8.07	7.91±10.07
동진대교 유역	0.00 ~ 74.18	3.59±8.20	7.51±10.55

(3) 관리유량구간의 강수량 및 T-P 농도

- 재현성 검토가 완료된 모델로부터 2015년 1월 1일~2018년 12월 31까지 관리유량구간에 해당되는 강수량과 T-P 농도를 월별로 평균하여 분석함
- 만경강 유역의 경우 관리유량구간에 해당되는 강수량의 월평균 분포는 지점별로 다른 특성을 보이고 있으며, T-P의 월평균 농도는 4월과 11월에 높았음
 - 전주천6 지점의 강수량은 6월에 가장 높았으며, T-P 농도는 4월, 6월, 11월에 높게 나타났고, 9월을 제외하면 LDC T-P 기준 농도 보다 높은 농도를 보임
 - 오산 지점의 강수량은 6월과 8월에 높았으며, T-P 농도는 4월, 11월에 높게 나타났고, 9월을 제외하면 LDC T-P 기준 농도 보다 높은 농도를 보임
 - 만경대교 지점의 강수량은 3월, 4월, 10월, 11월에 높았으며, T-P 농도는 4월, 6월 11월에 높게 나타났고, 8월~10월을 제외하면 LDC T-P 기준 농도 보다 높은 농도를 보임
- 동진강 유역의 경우 관리유량구간에 해당되는 강수량의 월평균 분포는 지점별로 유사한 특징 보이고 있으며, T-P의 월평균 농도는 5월과 11월에 높았음
 - 군포교 지점의 강수량은 4월, 7월, 11월에 높았으며, T-P 농도는 4월부터 11월까지 증가하는 경향을 보였고, 2월을 제외하면 LDC T-P 기준 농도 보다 높은 농도를 보임
 - 동진대교 지점의 강수량은 4월, 7월, 8월, 11월에 높았으며, T-P 농도는 5월과 11월에 높게 나타났고, 2월과 3월, 6월, 9월을 제외하면 LDC T-P 기준 농도 보다 높은 농도를 보임
- 전반적으로 관리유량구간의 강수량이 증가할수록 T-P 농도는 증가하는 경향을 보이고 있으며, 특히 봄철 강우시와 가을철 강우시에 T-P 농도가 높게 나타나고 있음
- 이러한 특성은 관리구간유량의 발생빈도가 높은 하계에는 유량 증가로 인하여 T-P 농도가 희석되지만, 봄철과 가을철 강우시에는 비점오염 유출로 인한 영향이 반영되기 때문으로 보임
- 따라서 새만금 유역에서 비점오염의 영향을 파악하기 위해서는 관리유량구간의 유량 발생빈도가 높은 시기보다는 T-P의 농도가 높은 봄철과 가을철에 집중적으로 모니터링을 수행하는 것이 타당할 것으로 판단됨



구분		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
전주천6	강수량(mm)	1.5	2.4	2.3	4.4	3.6	11.0	4.0	4.2	1.6	3.0	3.9	3.0
	T-P(mg/L)	0.122	0.101	0.118	0.196	0.133	0.187	0.127	0.120	0.081	0.097	0.194	0.107
오산	강수량(mm)	3.1	5.3	8.0	8.2	4.7	10.5	4.4	11.4	3.5	8.1	7.7	4.5
	T-P(mg/L)	0.133	0.130	0.127	0.170	0.118	0.136	0.137	0.131	0.090	0.104	0.174	0.124
만경대교	강수량(mm)	2.3	5.1	7.8	7.1	3.7	2.6	4.1	4.3	2.9	8.0	7.3	3.9
	T-P(mg/L)	0.115	0.122	0.115	0.152	0.114	0.131	0.116	0.096	0.085	0.094	0.140	0.115
군포교	강수량(mm)	3.0	2.6	2.6	5.4	3.7	3.7	6.0	4.4	2.1	3.2	7.0	4.5
	T-P(mg/L)	0.091	0.062	0.075	0.103	0.107	0.090	0.103	0.105	0.098	0.104	0.116	0.096
동진대교	강수량(mm)	2.5	2.3	1.3	4.5	3.6	4.1	4.9	5.3	2.4	3.1	5.7	3.7
	T-P(mg/L)	0.097	0.076	0.076	0.091	0.101	0.065	0.085	0.081	0.075	0.087	0.110	0.099

<Fig. 2-142> 새만금 유역 비점오염원 관리지점별 관리유량구간의 강수량 및 T-P 농도

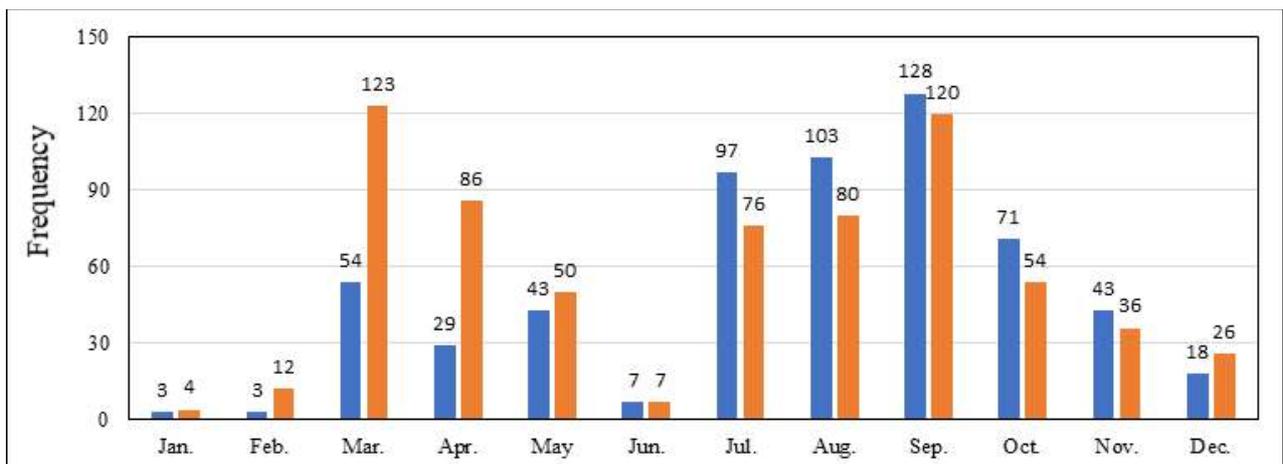
나. 골지천 유역

(1) 골지천 유역 최적 모니터링 시기 도출

- 최근 10년 간(2008 ~ 2017년) 시행계획 상 10 ~ 30% 유향구간에 해당하는 관리유량이 발생한 빈도를 월별로 분석하면, 송계교는 9월, 제1여량교 3월에 가장 빈번하게 발생한 것으로 나타났으며, 송계교는 7 ~ 9월, 제1여량교는 3 ~ 4월과 8 ~ 9월 집중되는 것으로 분석됨
- 송계교와 제1여량교 모두 최근 10년 간 송계교 지점은 7 ~ 9월 동안 관리유량이 328회 관측되었으며, 이는 연중 총 발생 횟수의 54.8%에 해당함
- 한편, 제1여량교는 같은 시기(7 ~ 9월) 대상유량이 연중 대비 약 40.9% 가량 발생하는 것으로 나타남
- 따라서, 과거 유향자료와 강우량 분석결과로부터 7 ~ 9월 10.0 mm 수준의 강우가 발생할 때, 두 지점에서 공통적으로 대상유량의 관측확률이 가장 높을 것으로 판단됨

<Table 2-66> 최근 10년(2008~2017) 간 대상유량 월별 발생횟수

	10년간 대상유량 발생횟수											
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
송계교	3	3	54	29	43	7	97	103	128	71	43	18
제1여량교	4	12	123	86	50	7	76	80	120	54	36	26

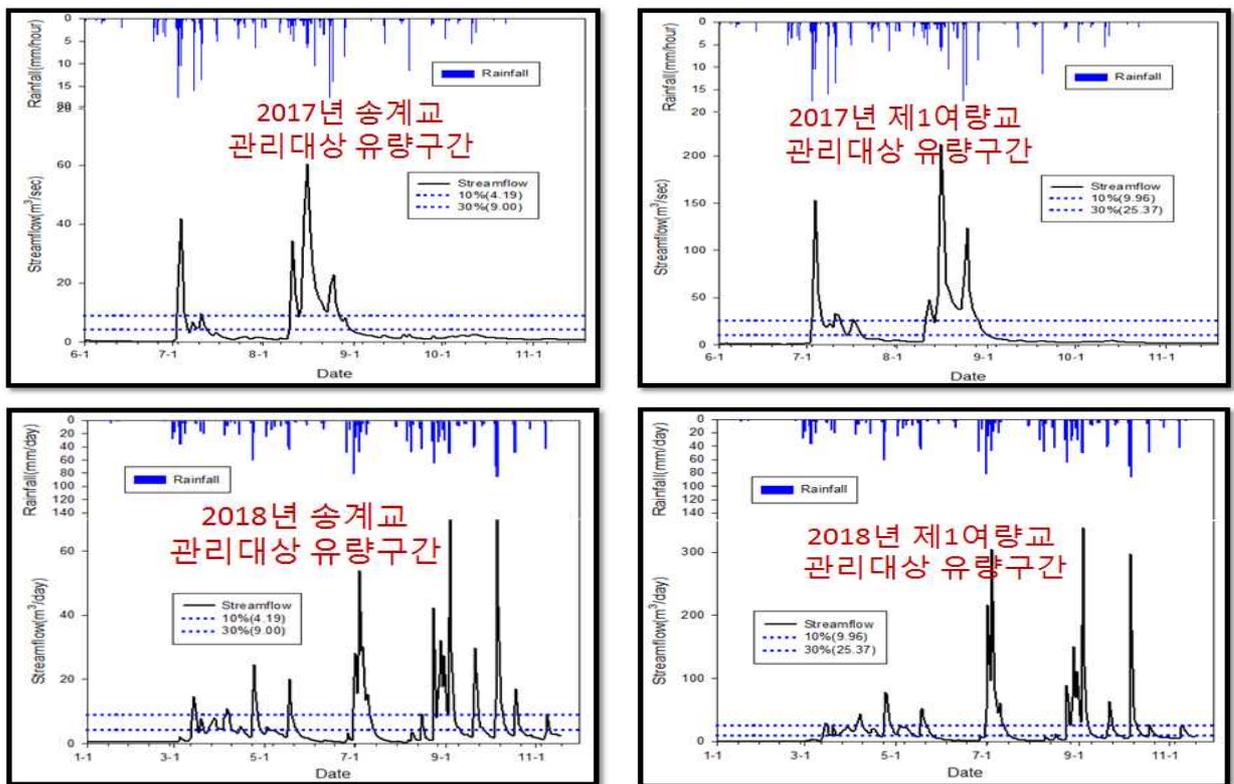


<Fig. 2-143> 대상유량 월별 발생빈도 (2008 ~ 2017)

- 그러나, 2018년도의 송계교의 한강홍수통제소 유량자료를 분석한 결과 실제 강우가 발생하지 않은 날부터 46 mm(평균 3.1 mm)의 강우가 발생한 시점에서 관리유량구간(4.191~9.005 m³/s)에 해당하는 유량이 55일간 발생한 것으로 나타남. 또한 제1여량교의 한강홍수통제소 유량자료에서

는 강우가 발생하지 않은 날부터 52.5 mm(평균 3.0 mm)의 강우가 발생한 시점에서 관리유량구간(9.996~25.372 m³/s)이 연간 74일간 발생한 것으로 나타남.

- 실측 분석자료와 같이 유출량은 선행강우와 강우지속시간에 따라 변화하고, 강우예보 또한 정확치 않기 때문에 관리유량구간에서 모니터링을 채수하기 어려운 현실임. 따라서, 과거 10년간의 결과를 분석한 모델링 결과와 같이 10 mm 이상의 강우예보가 있을 경우 연간 5회 이상의 모니터링을 실시하여 모델링의 보. 검증 값으로 활용해야 할 것으로 판단됨.
- 또한, 목표수질 달성도를 평가하는 방법에는 관리유량 구간 내 수질을 평가하는 방법과 50~100 mm 강우가 발생할 경우 임계수위표 지점에서 SS 침투농도가 20% 저감되는지 평가하는 부목표 판단 방법이 있기 때문에 50 mm의 많은 예보가 발생할 경우에도 모니터링을 실시해야 할 것으로 판단됨.
- 따라서, 연간 5회 이상의 모니터링을 실시하되 10 mm 이상의 강우가 예보될 경우와 장마철 많은 양의 예보가 있을 경우에 실시하여 모델링의 입력자료와 부목표 달성여부 분석을 통해 목표수질 달성도를 평가하여야 할 것으로 판단됨.



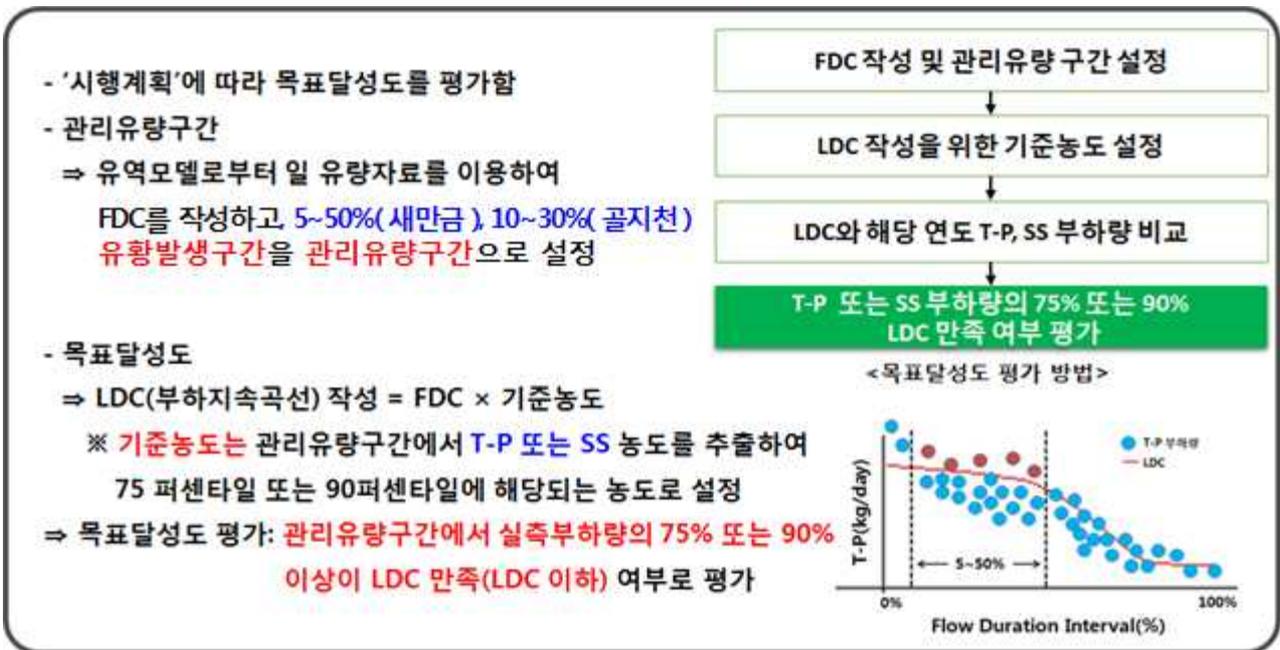
<Fig. 2-144> 홍수통제소의 관리대상 유량구간 분석(2017 ~ 2018)

제 4 절 목표수질 달성도 평가

1. 목표수질 달성도 평가방법

가. 관리유량구간 및 목표달성도 평가방법

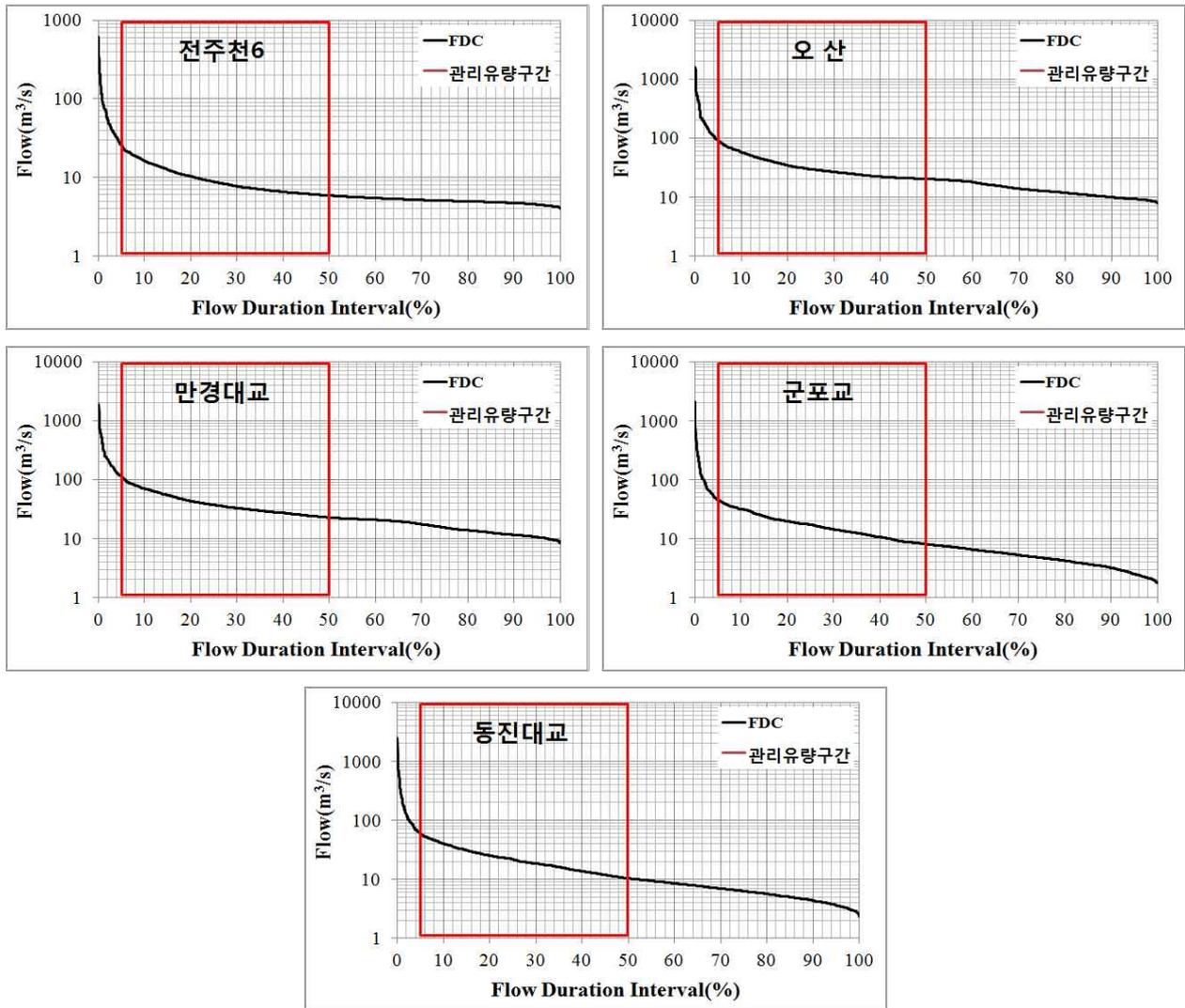
- '비점오염원 관리지역' 지정에 따라 각 지역별로 시행계획이 수립되었으며, 시행계획 수립에 따라 관리대상물질과 관리목표, 목표수질(부목표)이 설정됨.
- 관리지역마다 관리대상물질과 관리목표, 목표수질 등이 상이하나 목표달성 평가방법은 동일한 방법으로 평가함



<Fig. 2-145> LDC를 이용한 목표달성도 평가방법

(1) 새만금 유역

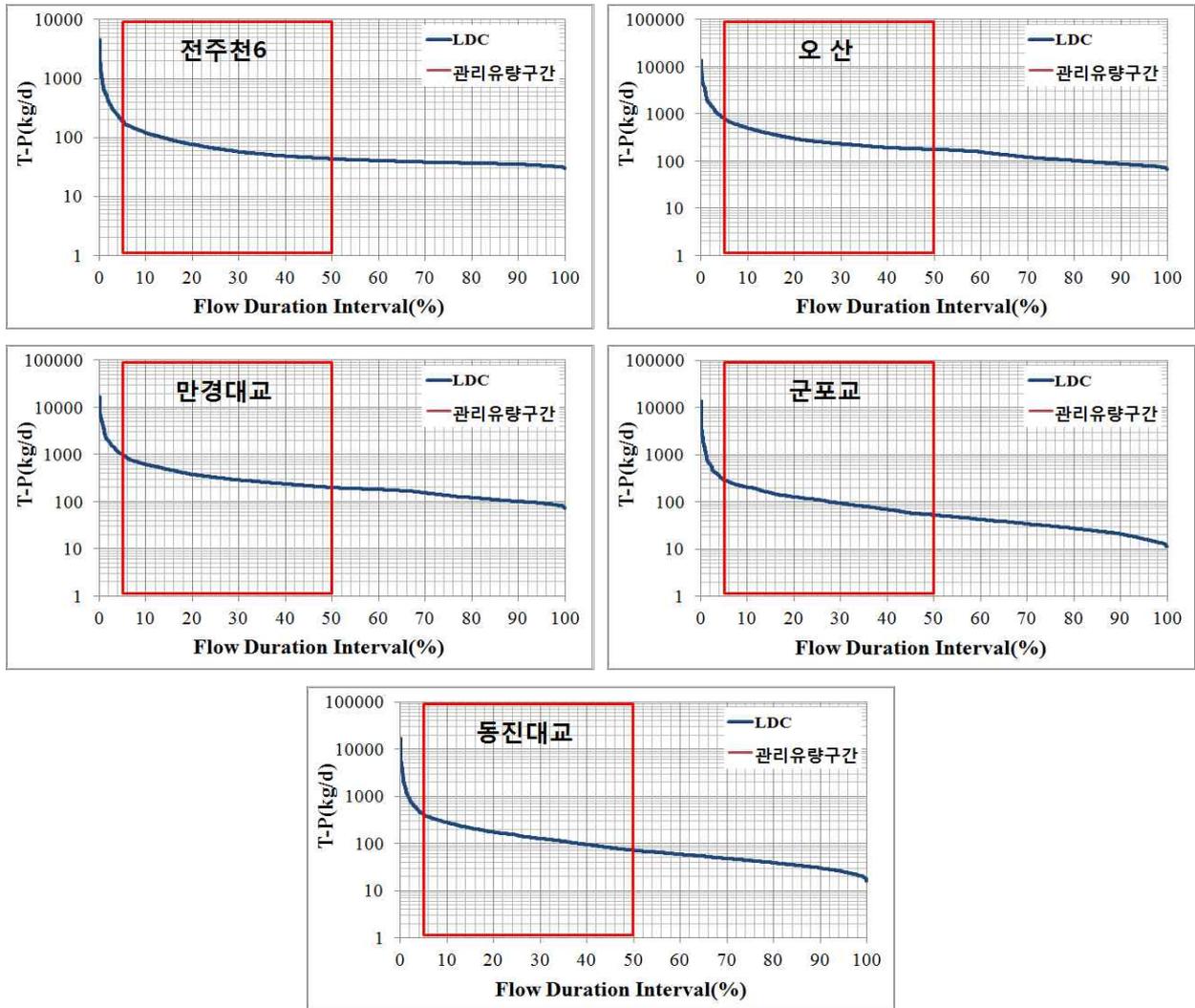
- 새만금 유역의 목표달성도 평가는 시행계획(전라북도, 2017)에 따라 평가함
- (관리대상 물질) T-P
- (관리목표) 관리유황구간(5~50%)에서 목표수질 만족
 - 관리유황구간(5~50%)은 2008년 ~ 2013년도까지 보·검증된 모델로부터 각 관리지점별로 시행계획에 따른 관리대책이 모두 시행되었을 때에 발생하는 일 유량자료를 추출하여 유량지속곡선(FDC; Flow Duration Curve)을 작성한 후 관리유황구간 5 ~ 50% 구간의 유량 범위를 설정함
- (목표수질) 전주천6: 0.086 mg/L, 오산: 0.101 mg/L, 만경대교: 0.102 mg/L, 군포교: 0.07 5mg/L, 동진대교: 0.080 mg/L
 - 관리목표는 기준년도(2013년, 평수년)의 일 유량자료를 이용하여 FDC를 작성하고, 관리유황구간(5 ~ 50%)에 포함되는 T-P 부하량을 추출하여 75퍼센타일에 해당되는 T-P 농도로 설정함



유역	지점	관리유량구간(m³/s)
만경강 유역	전주천6	5.85~25.52
	오산	20.12~91.72
	만경대교	22.63~114.37
동진강 유역	군포교	8.08~45.67
	동진대교	10.36~58.50

<Fig. 2-146> 새만금 유역 비점오염 관리지점별 유량지속곡선(FDC) 및 관리유량 구간

- (목표달성 평가방법) 기존 FDC에 목표수질을 곁하여 부하지속곡선(LDC; Load Duration Curve)을 작성하고, 관리유량구간에서 최근 3년간 실측 T-P 농도 및 부하량의 75%가 LDC를 2회 연속 만족시 관리목표를 달성하는 것으로 평가함
 - 100개의 실측농도 중 작은수부터 나열할 때 75번째 값이 목표수질을 초과하지 않아야 목표 달성
 - 또는 실측 부하량이 LDC 이하로 75% 이상이 만족할 경우 목표 달성



<Fig. 2-147> 새만금 유역 비점오염 관리지점별 부하량지속곡선(LDC)

(2) 골지천 유역

- 골지천 유역의 목표달성도 평가는 시행계획(강원도, 2017)에 따라 평가함
- (관리대상 물질) 탁수유발물질(SS)
- (관리목표) 관리유량구간(10~30%)*에서 목표수질 만족
- * 과거 10년간 일평균 유량자료를 기준으로 상위 10~30%에 해당하는 유량구간을 의미하며, 1차 관리 지점(임계수위표 지점) 4.19~9.03 m³/sec, 2차 관리지점(골지천2 지점) 10.00~25.54 m³/sec에 해당
- (목표수질) 임계수위표지점 22.6 mg/L, 골지천2지점 8.7 mg/L
- (부목표) 임계수위표 지점에서의 SS 침투농도가 현재 750 mg/L*에서 20% 저감
- * 강우량 50~100mm 구간에서 측정된 침투농도 평균값
- ※ 단, 부목표는 강우시 비점오염저감사업 실시에 따른 효과평가 시 참고자료로만 활용하며, 향후 2~3년간 이행모니터링을 통해 합리적인 목표값 재검토
- (목표달성 평가방법) 최근 3년간 측정된 농도값으로 평가, 2회 연속 만족시 달성한 것으로 평가
- (관리목표 달성여부) 관리유량 구간(10~30%)에서 측정된 SS 농도의 90퍼센타일 값이 목표수질을 만족하는지 여부로 판단
- * 100개의 실측농도 중 작은수부터 나열할 때 90번째 값이 목표수질을 초과하지 않아야 목표 달성
- (부목표 달성여부) 임계수위표 지점에서 강우시 측정된 SS 침투농도의 평균값으로 평가
- ※ 단, 시행초기는 가용한 자료로 평가하며, 향후 부목표 재검토시 강우량 등 상세 평가방법도 재설정

2. 목표수질 달성도 평가결과

가. 새만금 유역

(1) 1차년도 목표달성 평가

- 1차년도(국립환경과학원, 2017)에서는 이행평가지 목표달성도 평가를 위해 현장조사 결과 및 모델 결과를 이용하여 3가지 방법으로 관리목표 달성 여부를 검토함
 - ① 본 과업에서 수행된 강우시 조사 자료를 이용하는 방법
 - ② 환경부 수질오염총량 측정망 자료를 이용하는 방법
 - ③ 재현성 검토가 완료된 최신 모델 자료를 이용하는 방법
- 평가결과는 다음과 같음 :
 - 현장 강우유출수 자료(전주천6 제외)의 경우 개별자료, EMC, 일평균, 자료 분할 등의 다양한 방법을 적용하였으나, 모두 관리목표 달성이 75% 이상으로 목표를 달성한 것으로 나타남

- 이는 현장조사 결과가 다양한 강우 특성을 반영하기 어려웠고 특히, 비점오염 유출이 높은 이벤트가 부재한 데서 기인한 것으로 판단됨
- 총량측정망의 경우 측정자료 확보가 가능한 전주천6와 군포교를 대상으로 분석하였으며, 각각 관리목표 달성이 42%와 35%로 목표를 미달성한 것으로 나타남
- 모델을 이용한 경우(다양한 강우 특성을 포함한 모의 결과)는 관리목표 달성에 미치지 못하였으며, 동진강(군포교, 동진대교)이 만경강(전주천6, 오산, 만경대교) 대비 상대적으로 높은 것으로 나타남

<Table 2-67> 새만금 유역의 2017년 목표달성도 평가 결과

2017년도 강우유출수 자료, 총량자료, 모델 자료를 이용한 평가 방법 검토			
접근 방법		사용 자료	분석 절차
1. 강우유출수 자료	개별	2017년 5회 강우이벤트 자료 사용	관리유량구간5~50%에포함되는 부하량추출 ↓ 기존 LDC와비교 ↓ 각 접근 방법들 간 LDC 만족율(75%) 비교
	EMC		
	일 평균		
	자료 분할 및 그룹화		
2. 총량 자료		2015.1~2017.9	각 접근 방법들 간 LDC 만족율(75%) 비교
3. 모델 자료		2015.1~2017.10	

목표달성도 평가(75% 이상이면 목표 달성)						
구분		전주천6	오산	만경대교	군포교	동진대교
1. 강우유출수 자료	개별	22%	83%	98%	82%	84%
	EMC	0%	75%	100%	100%	100%
	일평균(날짜 기준)	18%	78%	100%	89%	89%
	자료 분할 및 그룹화(6개)	29%	88%	100%	91%	80%
2. 총량자료		42%	-	-	35%	-
3. 모델 자료		22%	24%	44%	47%	60%

(2) 1차년도 연구 목표달성도 평가방법의 한계

- 1차년도 연구 결과에서 실측자료를 이용하여 다양한 방법으로 분석하였으나 모두 목표수질을 이미 달성한 것으로 나타나고 있어 실측자료를 이용한 평가는 다음과 같은 한계가 있는 것으로 판단됨
 - 실측자료가 다양한 강우이벤트를 반영하고 있지 못 함
 - LDC 평가를 위한 자료 개수 부족
 - 실측자료가 당해 연도 전체 비점유출 중 어느 정도를 반영하고 있는지 파악하기 어려움
- 또한 목표달성도 평가를 위한 지점 위치의 적정성 및 개소의 한계가 있음
 - 분류 하류로 내려갈수록 전체 유역에 대한 평가가 가능하나 점 + 비점이 혼합되어 비점저감 노력 평가가 난해함
 - 지류로 올라갈수록 비점에 대한 평가는 가능하나 유역 전체에 대한 평가는 어려움
 - 이상적으로 17개 소유역을 모두 평가하는 것이 바람직하나 물리적으로 평가 어려움

- 따라서 새만금 유역의 비점오염원관리지역의 목표달성도 평가는 전체 유역에서 모든 강우사상을 포함할 수 있는 보·검증된 모델을 바탕으로 한 LDC 평가 방법의 도입이 요구됨
- 그러나 새만금 유역에서 모델을 이용한 목표달성도 평가 방법을 위해 다음과 같은 문제점을 해결하여야 함
 - 모델 구축방법 및 매개변수 등 모델러에 따라 유량 및 수질 결과가 달라질 수 있음
 - 매개변수 범위 도출 후 참고문헌자료와 적정성 검토
 - ※ 참고문헌 : HSPF Technical Note(US EPA, 2000), HSPF manual(Bicknell, 2001) 등
 - 다양한 비점오염관리대책 반영시 기존 소유역의 추가 세분화가 필요할 수 있음
 - 거버넌스 효과 등 비점오염관리대책별 반영방법 및 정량화 방안 정립필요
 - 모델 적용시 기존 수질개선 대책 평가와 유사하게 기준년도 설정 후 적용방안 검토 필요

(3) 유역모델을 이용한 목표수질 달성도 평가

- 본 연구에서 보·검증이 완료된 모델 결과를 이용하여 해당년도(2017년 ~ 2018년)의 FDC(Flow Duration Curve; 유량지속곡선) 및 LDC(Flow Duration Curve; 부하지속곡선)을 도출한 뒤, FDC로부터 시행계획 상의 관리유량구간의 초과유량백분율을 도출함
 - 시행계획 상 관리유량구간은 보·검증이 완료된 모델로부터 과거 6년(2008~2013년)자료를 바탕으로 5 ~ 50% 유량시기로 제시하고 있으나, 연도별 강우특성에 따라 유량분석 결과가 상대적으로 달라질 수 있고 이에 따라 관리유량구간 5 ~ 50% 구간의 유량 범위가 시행계획 상에서 제시된 수치와 차이를 보일 수 있음
- 목표수질 달성도 평가는 해당년도의 FDC로부터 도출된 관리유량구간(5 ~ 50%)에 해당되는 T-P 부하량을 추출하여 시행계획에서 작성된 LDC와 함께 도시한 후 T-P 부하량이 LDC 대비 75% 이상일 때 목표수질을 달성한 것으로 평가함
- 목표수질 달성도 평가를 위한 모델 자료는 시행계획에 따라 3년간 자료('15년 ~ '17년, '16년 ~ '18년)를 이용하여 3년 연속 2회 달성여부를 평가함

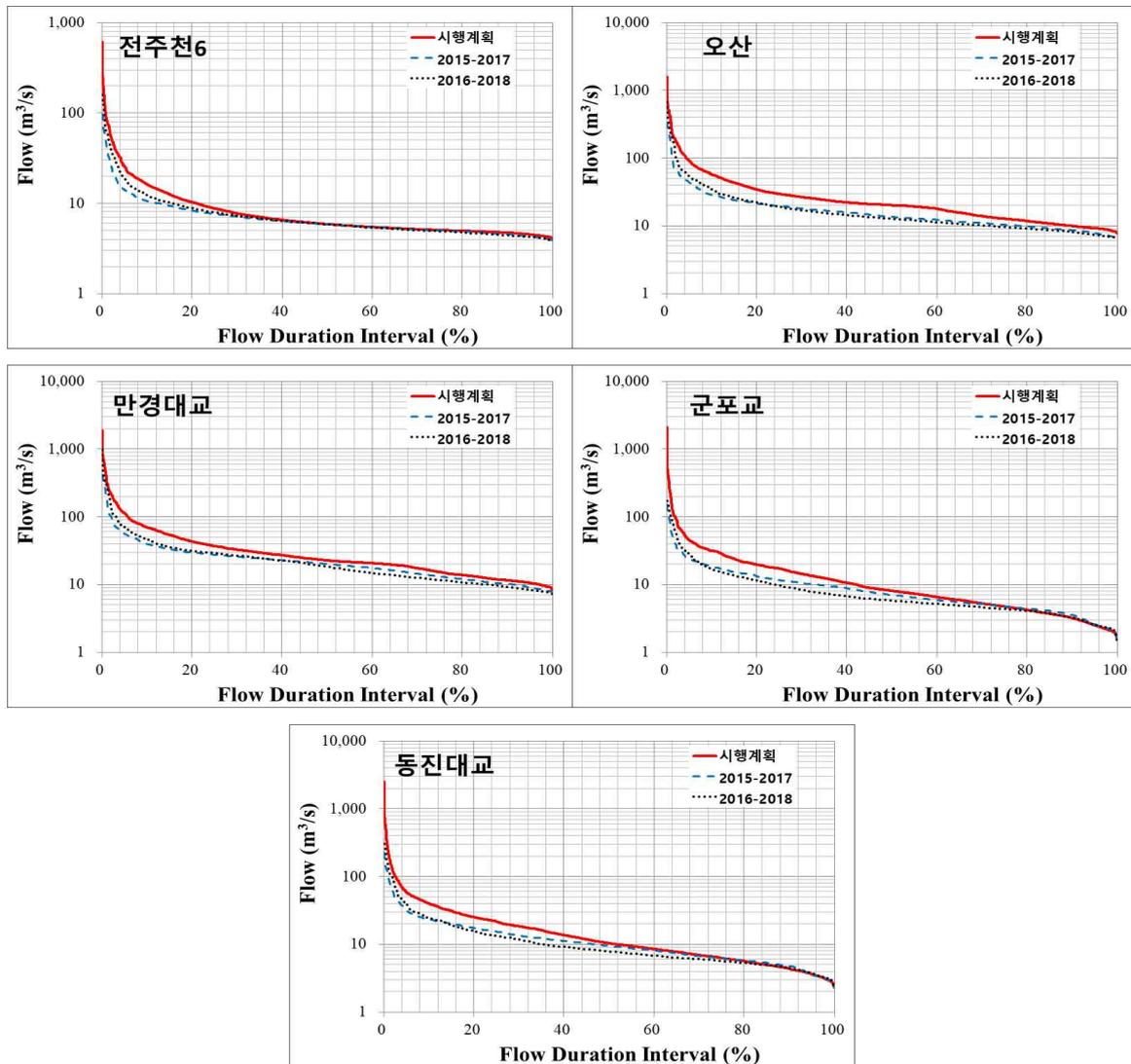
(가) 유량지속곡선(FDC; Flow duration curve) 분석

- 보·검증된 모델의 일 유량자료를 이용하여 유량지속곡선을 작성하여 시행계획에서 제시했던 유량지속곡선과 비교·분석하였으며, 평가기간인 2015년 이후 자료를 2015년 ~ 2017년, 2016년 ~ 2018년으로 나누어 각 3년간 자료로 유량지속곡선을 도출함
- 분석결과, 모든 관리지점에서 시행계획(2008년 ~ 2013년)의 유량지속곡선 보다 2015년 ~ 2017년, 2016년 ~ 2018년의 유량지속곡선이 고유량에서 낮은 수준을 나타내고 있으며, 특히 오산과 만경대교 지점은 전반적으로 시행계획 보다 낮은 유량을 보였음
- 관리유량구간(5 ~ 50%)의 유량 범위는 <Table 2-68>과 같음

<Table 2-68> 새만금 유역 분석기간별 관리유량구간의 유량(m³/s) 범위

지 점	2008~2013(시행계획)	2015~2017	2016~2018
전주천6	5.85~25.52	5.82~14.14	5.86~19.35
오산	20.12~91.72	13.47~43.65	12.65~53.83
만경대교	22.63~114.37	20.05~56.33	18.30~70.55
군포교	8.08~45.67	7.01~24.21	5.80~27.51
동진대교	10.36~58.50	9.39~31.19	7.84~39.55

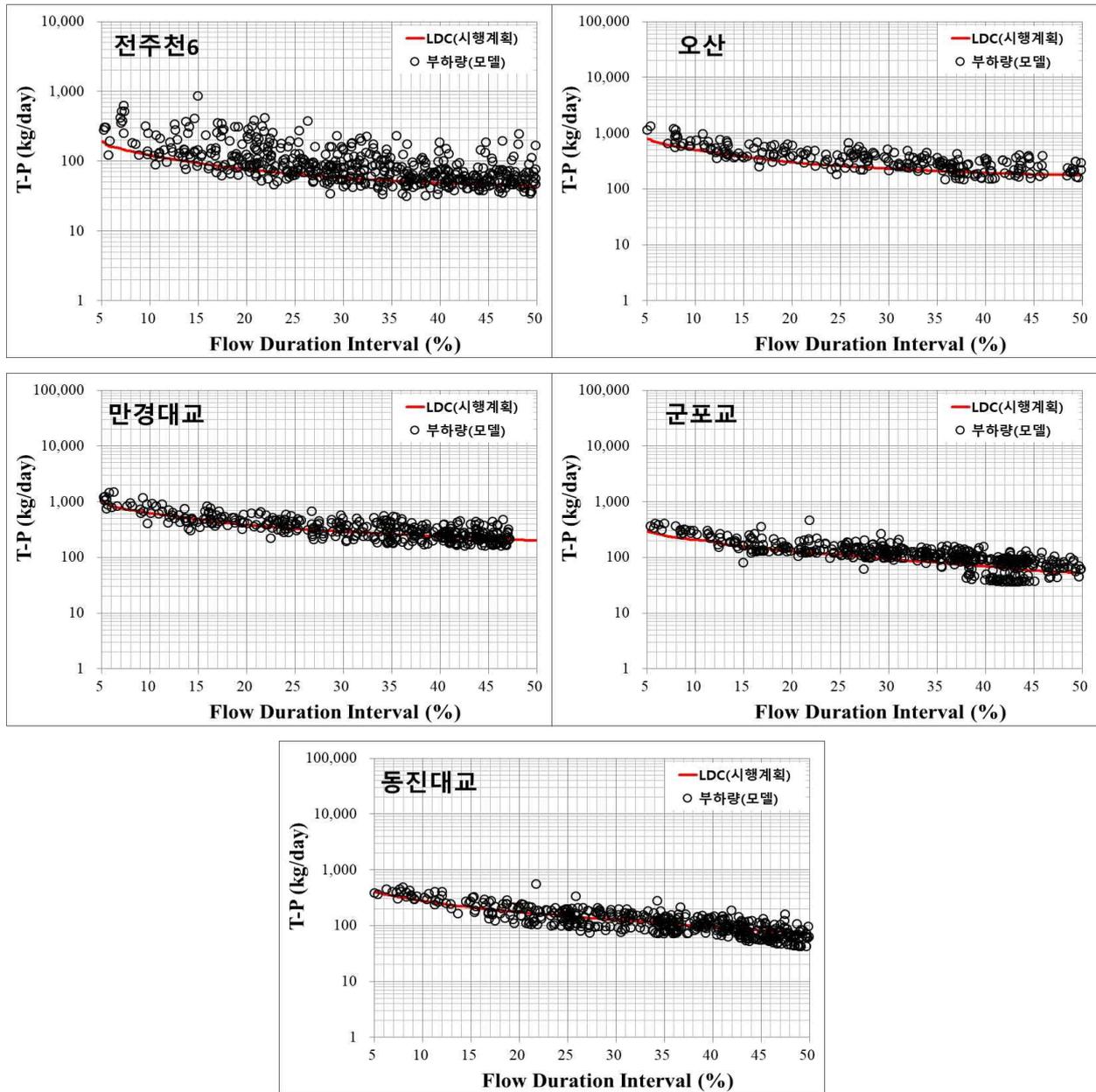
- 시행계획과 2015년 ~ 2017년, 2016년 ~ 2018년의 유량지속곡선의 차이는 강수량의 차이로 인한 결과로 판단됨
- 만경대교 유역의 경우 연평균 누적강수량이 시행계획 기간에는 1,245 mm 이었으나, 2015년 ~ 2017년에는 967 mm였고, 2016년 ~ 2018년에는 1,142 mm를 보였음



<Fig. 2-148> 새만금 유역 평가지점의 유량지속곡선 도출

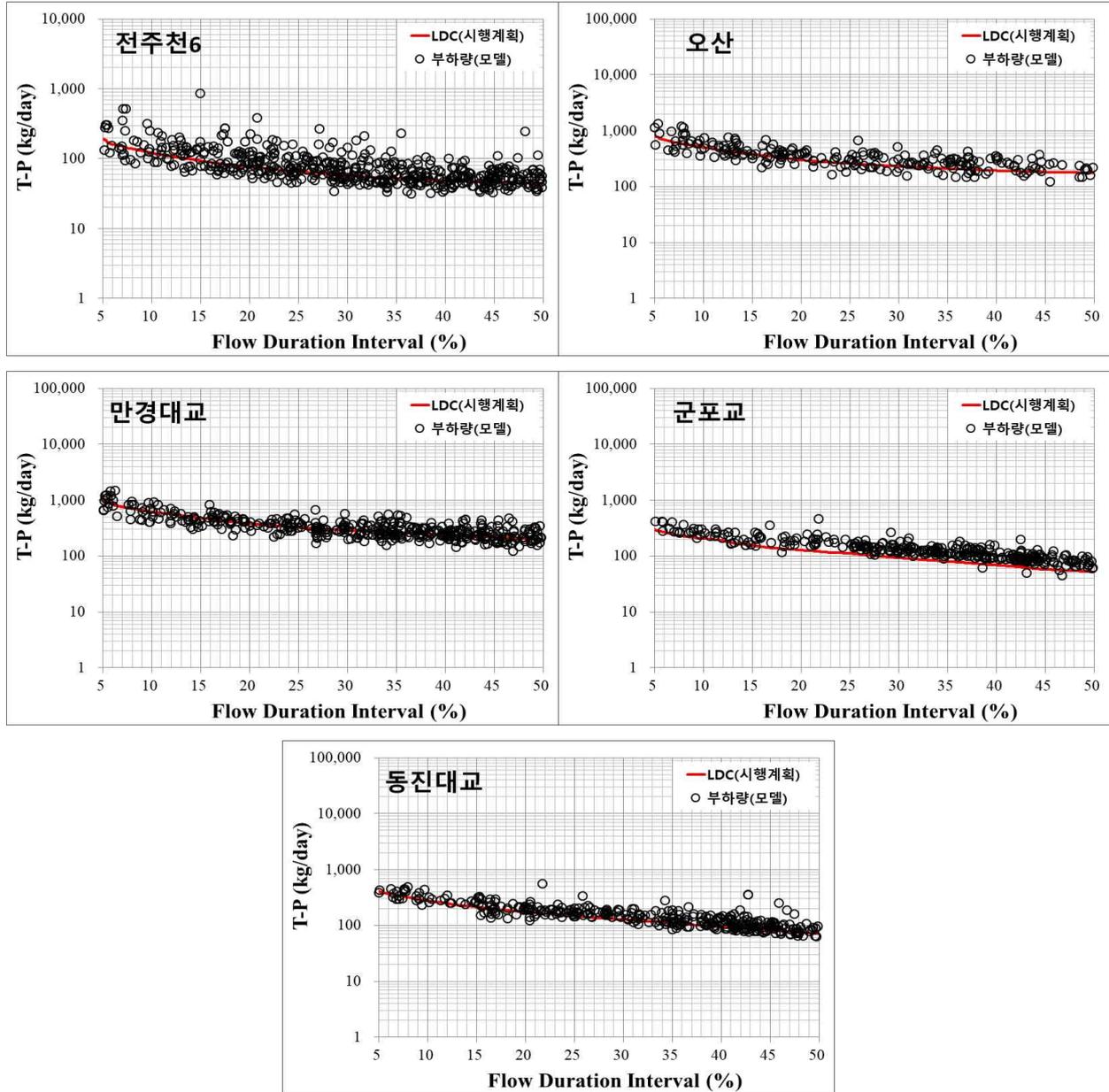
(나) 부하지속곡선(LDC; Load duration curve) 분석

- 본 연구에서 재현성 검토가 완료된 HSPF 모델로부터 2015년 ~ 2017년, 2016년 ~ 2018년으로 각 3년간 자료로 나누어 관리지점에서 유량 및 T-P 농도 일 자료를 추출하여 T-P 부하량과 시행계획에서 제시한 LDC와 비교·분석함
- 2015년 ~ 2017년(3년) 기간 동안 각 관리지점에서 관리유량구간에 포함되는 T-P 부하량의 LDC 만족율은 다음과 같음
 - 전주천6 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.148 mg/L로 목표수질인 0.086 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 22%로 목표 미달성으로 나타남
 - 오산 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.160 mg/L로 목표수질인 0.101 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 21%로 목표 미달성으로 나타남
 - 만경대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.134 mg/L로 목표수질인 0.102 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 39%로 목표 미달성으로 나타남
 - 군포교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.109 mg/L로 목표수질인 0.075 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 21%로 목표 미달성으로 나타남
 - 동진대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.097 mg/L로 목표수질인 0.080 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 50%로 목표 미달성으로 나타남
- 2016년 ~ 2018년(3년) 기간 동안 각 관리지점에서 관리유량구간에 포함되는 T-P 부하량의 LDC 만족율은 다음과 같음
 - 전주천6 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.125 mg/L로 목표수질인 0.086 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 38%로 목표 미달성으로 나타남
 - 오산 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.139 mg/L로 목표수질인 0.101 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 31%로 목표 미달성으로 나타남
 - 만경대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 관리목표 달성은 LDC 만족율은 46%로 목표 미달성으로 나타남
 - 군포교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.119 mg/L로 목표수질인 0.075 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 3%로 목표 미달성으로 나타남
 - 동진대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 0.105 mg/L로 목표수질인 0.080 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 27%로 목표 미달성으로 나타남
- 보·검증된 모델자료를 이용하여 2015년 ~ 2017년, 2016년 ~ 2018년으로 각 3년간 자료로 LDC 분석결과 현재까지 모든 지점에서 2회 연속 목표수질은 미달성 한 것으로 평가됨



구분	자료개수		목표수질(T-P) 농도 (mg/L)	관리유량구간 내 75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율 (75% 이상이면 달성)
	전체	관리유량구간 내			
전주천6	1,096	521	0.086	0.148	22%(미달성)
오산	1,096	239	0.101	0.160	21%(미달성)
만경대교	1,096	392	0.102	0.134	39%(미달성)
군포교	1,096	456	0.075	0.109	21%(미달성)
동진대교	1,096	468	0.080	0.097	50%(미달성)

<Fig. 2-149> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 모델 T-P 부하량(2015~2017)



구분	자료개수		목표수질(T-P) 농도 (mg/L)	관리유량구간 내 75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율 (75% 이상이면 달성)
	전체	관리유량구간 내			
전주천6	1,096	514	0.086	0.125	38%(미달성)
오산	1,096	224	0.101	0.139	31%(미달성)
만경대교	1,096	416	0.102	0.125	46%(미달성)
군포교	1,096	315	0.075	0.119	3%(미달성)
동진대교	1,096	339	0.080	0.105	27%(미달성)

<Fig. 2-150> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 모델 T-P 부하량(2016~2018)

(4) 실측자료를 이용한 목표수질 달성도 평가

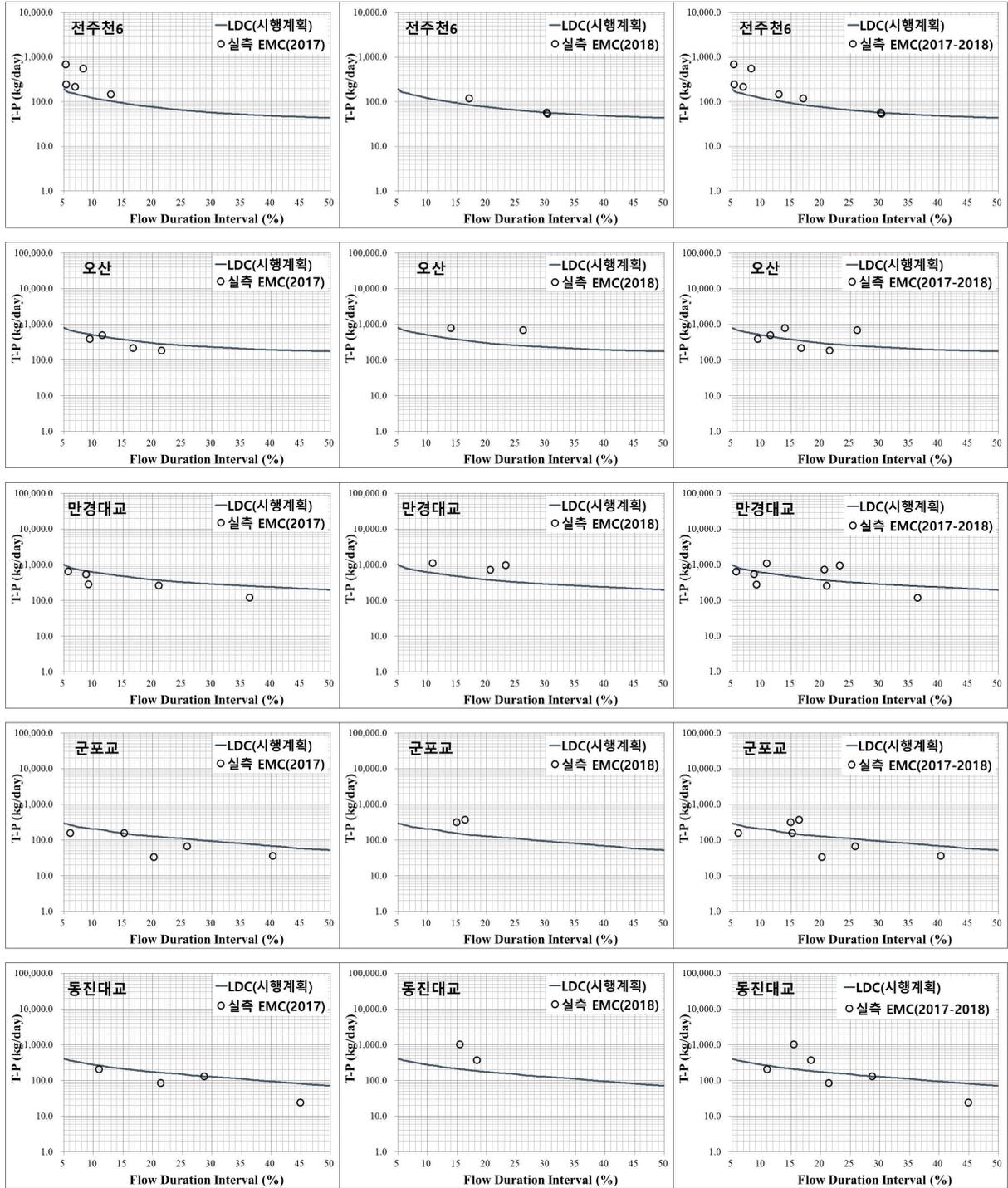
(가) EMC 자료

- 1차년도(2017년)와 본 연구(2018년)의 현장조사 결과를 이용하여 각 강우이벤트별로 EMC를 산정하여 LDC 평가를 수행함
- LDC 평가는 각 현장 조사 기간의 EMC를 산출한 후 2017년, 2018년, 2017년~2018년으로 나누어 수행함
- 각 평가지점별로 EMC를 이용한 관리목표 달성 평가는 다음과 같음
 - 전주천6 지점(비점오염물질 측정망 자료1)에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 EMC T-P 농도는 2017년에 0.280 mg/L, 2018년에 0.094 mg/L로 목표수질인 0.086 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 0%, 2018년에 67%, 2017년~2018년에 25%로 미달성으로 나타남
 - 오산 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 EMC T-P 농도는 2017년에 0.074 mg/L, 2018년에 0.233 mg/L로 목표수질인 0.101 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 75%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 50%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 만경대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 EMC T-P 농도는 2017년에 0.073 mg/L, 2018년에 0.216 mg/L로 목표수질인 0.102 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 100%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 63%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 군포교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 EMC T-P 농도는 2017년에 0.045 mg/L, 2018년에 0.169 mg/L로 목표수질인 0.075 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 80%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 57%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 동진대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 EMC T-P 농도는 2017년에 0.061 mg/L, 2018년에 0.272 mg/L로 목표수질인 0.080 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 100%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 67%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남

1) 전주천6 지점의 실측자료는 2017년 8회(1차년도 보고서 참조, 국립환경과학원, 2017) 관측 자료와 2018년도에 4회(2018.9.3. 17:40 ~ 2018.5.17. 17:40, 2018.9.21. 8:20 ~ 2018.9.23. 17:20, 2018.10.26. 15:40 ~ 2018.10.27. 18:40, 2018.11.8. 10:00 ~ 2018.11.9. 13:00) 관측 자료를 사용함

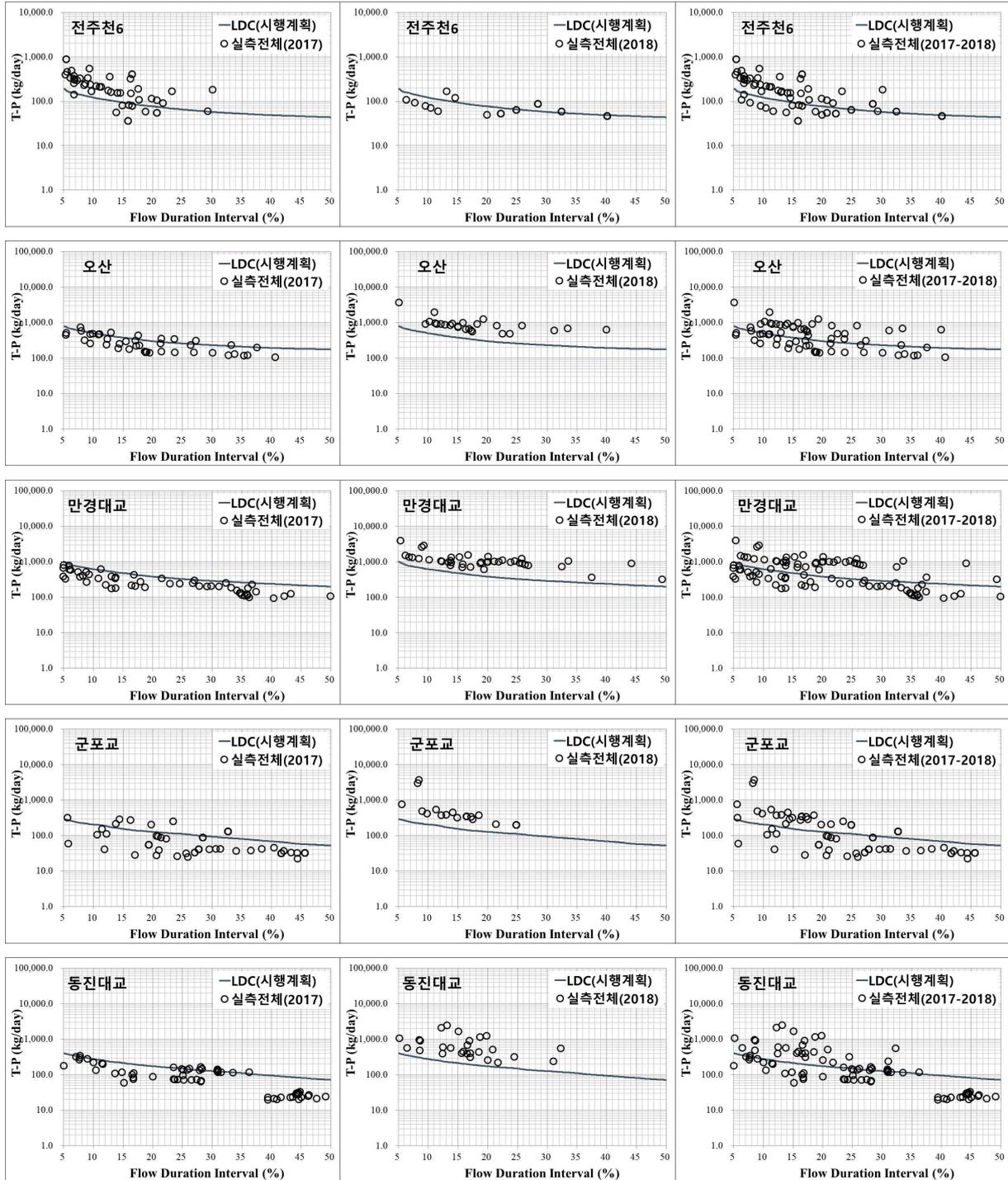
(나) 전체 자료

- 1차년도(2017년)와 본 연구(2018년)의 현장조사를 통해 수집된 전체 자료를 이용하여 LDC 평가를 수행함
- LDC 평가는 EMC를 이용한 평가와 동일하게 2017년, 2018년, 2017년~2018년으로 나누어 수행함
- 각 평가지점별로 전체 자료를 이용한 LDC 평가 결과는 다음과 같음
 - 전주천6 지점(비점오염물질 측정망 자료)에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 2017년에 0.200 mg/L, 2018년에 0.089 mg/L로 목표수질인 0.086 mg/L를 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 22%, 2018년에 72%, 2017년~2018년에 41%로 미달성으로 나타남
 - 오산 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 2017년에 0.097 mg/L, 2018년에 0.291 mg/L로 목표수질인 0.101 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 83%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 51%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 만경대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 2017년에 0.073 mg/L, 2018년에 0.289 mg/L로 목표수질인 0.102 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 98%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 55%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 군포교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 2017년에 0.056mg/L, 2018년에 0.189 mg/L로 목표수질인 0.075 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 82%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 60%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남
 - 동진대교 지점에서 관리유량구간 내 75%ile에 해당되는 T-P 농도는 2017년에 0.075 mg/L, 2018년에 0.291 mg/L로 목표수질인 0.080 mg/L를 2017년에는 만족하였으나, 2018년에는 초과하는 것으로 나타났고, 관리목표 달성은 2017년에 84%, 2018년에 0%, 2017년~2018년에 59%로 2017년에는 달성했으나, 2018년과 2017년~2018년에는 미달성으로 나타남



구분	2017년		2018년		2017년~2018년	
	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율
전주천6	0.280	0%(미달성)	0.094	67%(미달성)	0.122	25%(미달성)
오산	0.074	75%(달성)	0.233	0%(미달성)	0.113	50%(미달성)
만경대교	0.073	100%(달성)	0.216	0%(미달성)	0.185	63%(미달성)
군포교	0.045	80%(달성)	0.169	0%(미달성)	0.094	57%(미달성)
동진대교	0.061	100%(달성)	0.272	0%(미달성)	0.118	67%(미달성)

<Fig. 2-151> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 강우시 EMC 자료를 이용한 T-P 부하량



구분	2017년		2018년		2017년~2018년	
	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율	75%ile T-P 농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율
전주천6	0.200	22%(미달성)	0.089	72%(미달성)	0.164	41%(미달성)
오산	0.097	83%(달성)	0.291	0%(미달성)	0.198	51%(미달성)
만경대교	0.073	98%(달성)	0.289	0%(미달성)	0.222	55%(미달성)
군포교	0.056	82%(달성)	0.189	0%(미달성)	0.130	60%(미달성)
동진대교	0.075	84%(달성)	0.291	0%(미달성)	0.126	59%(미달성)

<Fig. 2-152> 새만금 유역 관리유량구간 내 LDC와 강우시 전체 자료를 이용한 T-P 부하량

나. 골지천 유역

(1) 1차년도 목표달성 평가

- 1차년도(국립환경과학원, 2017)에서는 이행평가지 목표달성도 평가를 위해 현장조사 결과 및 모델 결과를 이용하여 3가지 방법으로 관리목표 달성 여부를 검토함
 - ① 강우시 조사결과를 통해 산출된 EMC 값을 1개의 값으로 입력하고, 유량은 조사기간 내 측정된 값의 평균값을 이용하는 방법
 - ② 강우시 조사결과를 통해 조사된 농도를 날짜(24시)를 기준으로 구분하여 각각의 산술평균값을 활용하고, 유량도 조사 시작부터 24시를 기준으로 구분하여 구간 내 평균값을 활용하는 방법
 - ③ 모니터링 시작시점부터 24시간을 기준으로 구분하고, 유량도 모니터링 시작시점부터 24시간을 기준으로 구분하여 평균값을 활용하는 방법
 - ④ 환경부 수위관측소에서 제공하는 10분 단위 유량자료를 활용하고, 수질시료를 채수한 시간의 유량 값을 확인하여 평가
- 평가결과는 다음과 같음
 - 4가지 방법을 이용하여 임계수위표와 골지천2 지점의 목표수질 달성도를 분석한 결과 달성도를 평가하기에 자료수가 매우 부족한 것으로 나타났으며, 두 지점에서 모두 목표수질을 달성하지 못한 것으로 나타남

<Table 2-69> 골지천 유역의 2017년 목표달성도 평가 결과

2017년도 강우유출수 자료를 이용한 평가 방법 검토				
접근 방법		사용 자료	분석 절차	
강우유출수 자료	EMC	2017년 5회 강우이벤트 자료 사용	관리유량구간(10~30%)에 포함되는 부하량추출 ↓ 기존 LDC와 비교 ↓ 각 접근 방법들 간 LDC 만족율(90%ile) 비교	
	날짜(24시간) 기준			
	조사 시점부터 24시간			
	수위관측소 및 조사자료			
목표달성도 평가(90% 이상이면 목표 달성)				
구분		목표수질(SS, mg/L)	임계수위표	골지천2
			관리유량구간 내 90%ile 농도, 달성비율	
강우유출수 자료	EMC	임계수위표 : 22.6 골지천 2 : 8.7	901.3(미달성), 0%	484.2(미달성), 0%
	날짜(24시간) 기준		637.0(미달성), 0%	39.9(미달성), 40.0%
	조사 시점부터 24시간		726.1(미달성), 0%	139.1(미달성), 33.3%
	수위관측소 및 조사자료		89.3(미달성), 90%	60.5(미달성), 64.3%

(2) 1차년도 연구 목표달성도 평가방법의 한계

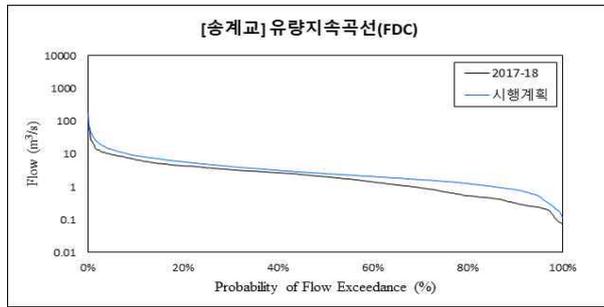
- 1차년도 연구 결과에서 실측자료를 이용하여 4가지 방법으로 분석하였으나, 모두 목표수질을 달성하지 못하는 것으로 나타났으며, 실측자료를 이용한 평가는 다음과 같은 한계가 있는 것으로 판단됨
 - 실측자료가 연간 발생하는 다양한 강우이벤트를 반영하지 못함
 - LDC 목표수질 달성도 평가를 위한 관리유량구간 내 자료 부족
 - 실측자료가 당해 연도 전체 비점유출 중 어느 정도를 반영하고 있는지 파악하기 어려움
 - 실측 모니터링 시 채수빈도 및 시기에 따라 분석결과의 편차가 큼
 - 다양한 강우 및 강우강도에 따른 오염물질의 변화를 반영하기 어려움
- 따라서, 골지천 유역의 비점오염원관리지역의 목표달성도 평가는 새만금 유역과 동일하게 모든 강우사상을 포함할 수 있는 보·검증된 모델을 바탕으로 한 LDC 평가 방법의 도입이 요구됨
- 그러나, 모델 구축방법, 자료, 매개변수 등과 모델러에 따라 유량 및 수질 결과가 달라질 수 있는 한계가 있기 때문에 이에 대한 해결방안이 필요함

(3) 유역모델을 이용한 목표수질 달성도 평가

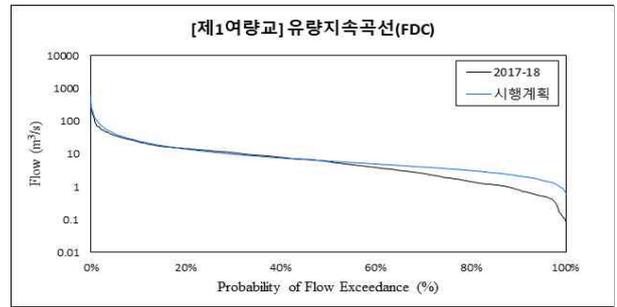
- 보정 및 검증된 유역모형의 예측결과를 이용하여 해당년도(2017 ~ 2018년)의 FDC(Flow Duration Curve; 유량지속곡선) 및 LDC(Flow Duration Curve; 부하지속곡선)을 도출한 뒤, FDC로부터 시행계획 상의 관리유량구간의 초과유량백분율을 도출함
 - 시행계획 상 관리유량구간은 보정 및 검증된 모형의 과거 10년(2005 ~ 2014년) 모의결과를 바탕으로 10 ~ 30% 유행시기로 제시되어 있으며, 그 유량(송계교 : 4.191 ~ 9.005 m³/s, 제1여량교 : 9.996 ~ 25.372 m³/s)도 함께 제시되어 있음
 - 다만 과거 10년간(3,652일)의 자료를 바탕으로 분석된 결과는 비교적 안정적 형태의 유행곡선을 보이고 있으나, 연도별 강우특성에 따라 유행분석 결과가 상대적으로 특이성을 나타낼 수 있을 것으로 판단되며, 특히 해당되는 초과유량백분율의 구간인 10 ~ 30%를 추출하였을 때, 시행계획 상에 제시된 유량 수치와는 차이를 보일 수 있음
- ⊕ 평가 방법은 해당년도의 FDC로부터 도출된 관리유량에 해당하는 초과유량백분율 구간을 LDC에 표기한 후, 365일 간의 부하량 중 관리 구간에서 목표수질의 부하량 지속곡선(LDC) 대비 90% 이상일 경우 목표수질을 달성한 것으로 평가함
- 한편, 적합한 FDC 및 LDC를 도출하기 위해서는 연중 자료가 필요하나, 현 시점에서 연구기간을 고려할 때 2018년 연말을 포함하여 분석하는 것은 불가능하므로, x축이 왜곡되는 것을 방지하기 위하여, 2016년 11월 1일로부터 2017년 10월 31일을 1차년도로, 2017년 11월 1일로부터 2018년 10월 31일까지를 2차년도로 설정하여 평가에 활용하였음

(가) 유량지속곡선(FDC; Flow duration curve) 분석

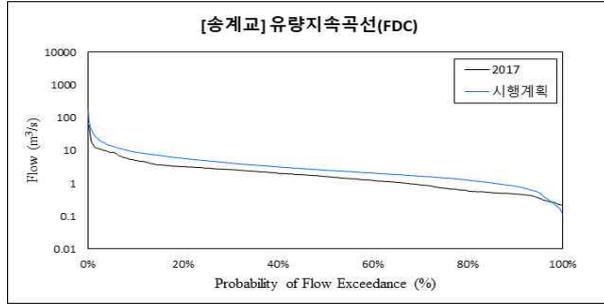
- 보정 및 검증된 유역모형의 유역 유출량을 바탕으로 유량지속곡선을 도출하였으며, 평가기간인 1차년(2017)과 2차년(2018) 결과를 먼저 분석한 뒤, 2개년을 취합하여 최종적인 유량지속곡선을 도출하였음(Fig. 2-153).
- 분석결과, 송계교와 제1여량교 모두 2017년 전반적으로 시행계획(2005 ~ 2014년)의 유량지속곡선에 비하여 다소 낮은 수준을 나타내고 있으며, 유량지속곡선이 반대수곡선이라는 점을 감안할 때, 실제 유량의 차이는 그래프 상에 보이는 것보다 매우 클 것으로 판단할 수 있음
- 한편, 2018년의 경우, 특징적으로 고유량 시기로부터 평수시기까지 전반적으로 유량이 높은 것으로 나타났으나, 평수기 이후(60% 이하 : 저수기 ~ 갈수기) 유량이 크게 떨어지는 것을 볼 수 있음
- 즉 2017년은 전반적으로 하천 유량이 낮았고, 2018년은 고유량과 저유량이 크게 변동되며 마치 인위적 조절이 이루어지는 대형 수리구조물(댐)의 유출곡선 특성과 유사하게 나타남에 따라 하천 유량의 변동성을 나타내는 하상계수가 매우 높고 수리·수문학적으로 불안정한 해인 것으로 판단됨
- 유량지속곡선으로부터 대상유량구간(10 ~ 30%)을 도출하면, 송계교의 경우 3.426 ~ 7.023 m³/s 수준으로 시행계획 상 제시된 관리유량(4.191 ~ 9.005 m³/s)에 비해 다소 낮은 것을 확인할 수 있으며, 제1여량교의 경우 10.987 ~ 23.560 m³/s로서 시행계획 상 유량(9.996 ~ 25.372 m³/s)보다 유량구간이 확장(9.3 ~ 32.3%)된 것을 알 수 있음



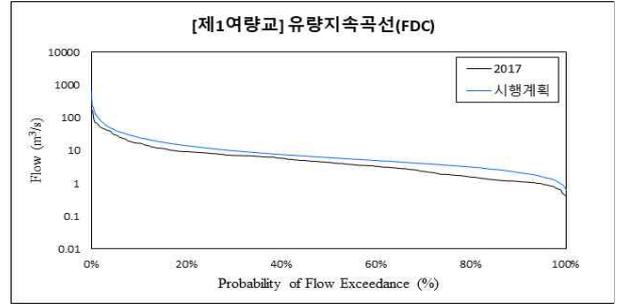
(a) 송계교 (2개년)



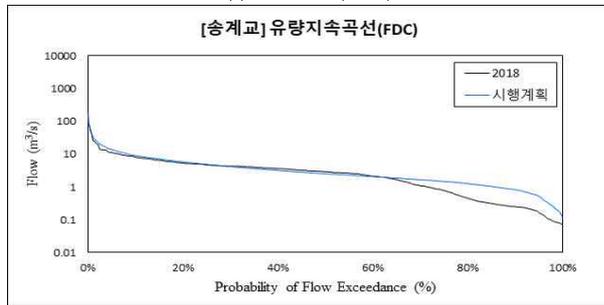
(b) 제1여량교 (2개년)



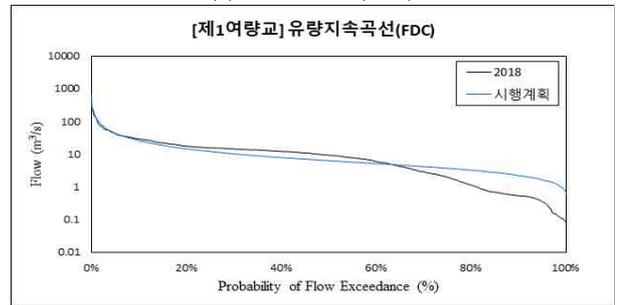
(c) 송계교 (2017)



(d) 제1여량교 (2017)



(e) 송계교 (2018)

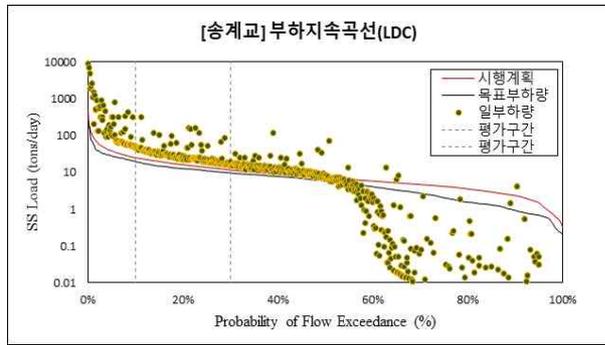


(f) 제1여량교 (2018)

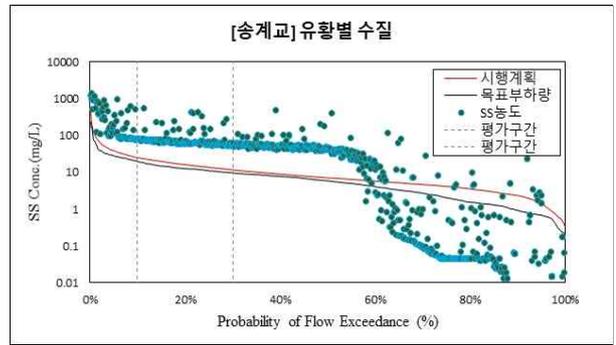
<Fig. 2-153> 평가지점의 유량지속곡선 도출

(나) 부하지속곡선(LDC; Load duration curve) 분석

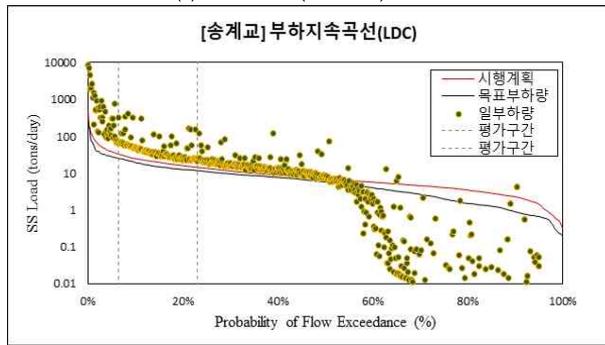
- 유량지속곡선과 같은 기간 동안 평가 지점의 일별 유량과 수질(SS)을 도출하여 일별 부하량을 산정한 뒤, 아래와 같은 절차에 따라 대상지점의 부하지속곡선을 도출하였음
 - 초과유량백분율(x축)에 따라 유량별 일별 부하량(y축, SS Load)을 도시; 부하지속곡선(LDC)
 - 평가기간 유험구간(초과유량백분율)별 유량에 목표수질을 곱하여 목표수질의 부하지속곡선(LDC)를 도시; 2017-2018
 - 시행계획의 유량지속곡선 유량과 목표수질을 통해 시행계획 상 목표수질의 부하지속곡선(LDC) 도시; 시행계획



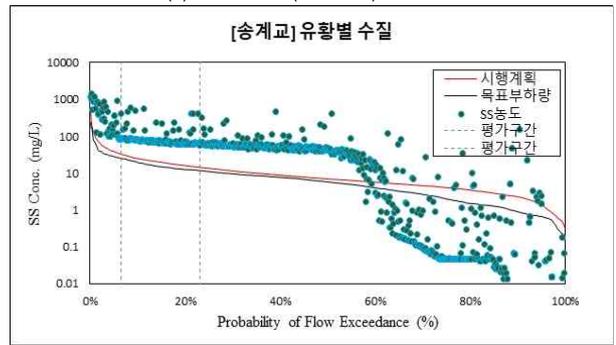
(a) 유황구간(10~30%) LDC



(b) 유황구간(10~30%)별 수질

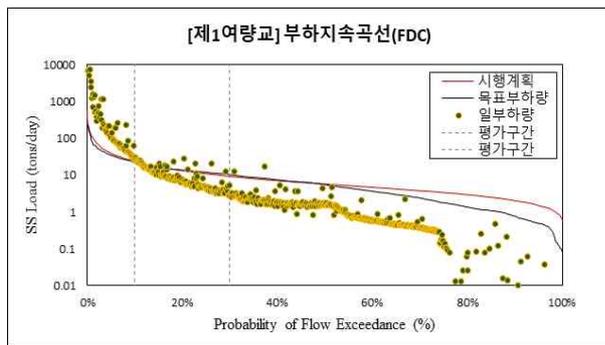


(c) 관리유량(4.191~9.005 m³/s) LDC

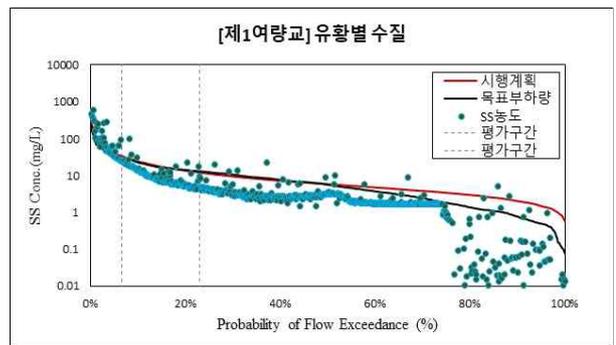


(d) 관리유량(4.191~9.005 m³/s)의 수질

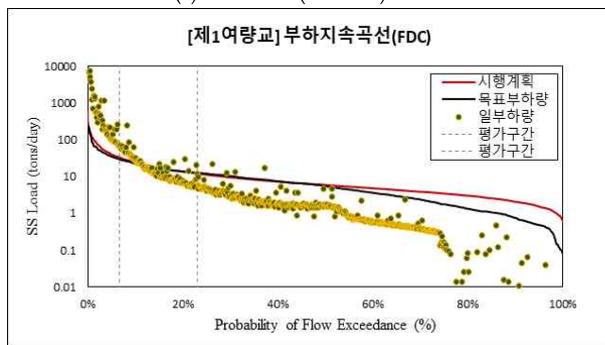
<Fig. 2-154> 송계교의 평가기간(2개년) 부하지속곡선



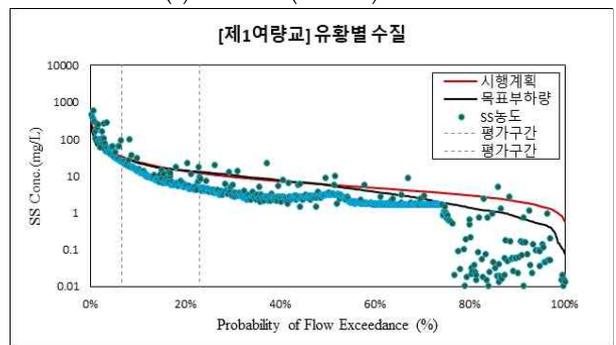
(a) 유황구간(10~30%) LDC



(b) 유황구간(10~30%)별 수질

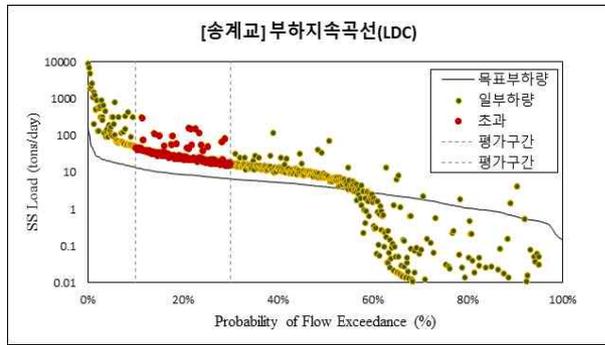


(c) 관리유량(9.996~25.372 m³/s) LDC

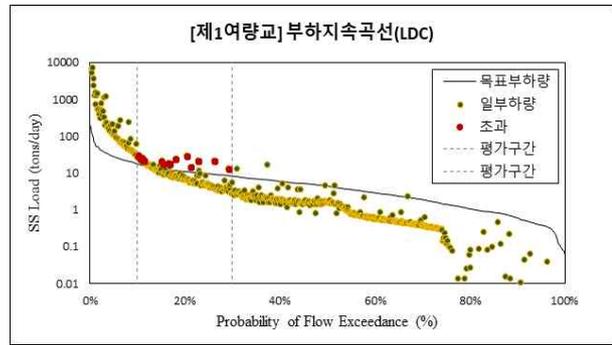


(d) 관리유량(9.996~25.372 m³/s)의 수질

<Fig. 2-155> 제1여량교의 평가기간(2개년) 부하지속곡선



(a) 송계교



(b) 제1여량교

<Fig. 2-156> 부하지속곡선을 이용한 관리유황구간(10~30%)의 목표수질 달성도 평가

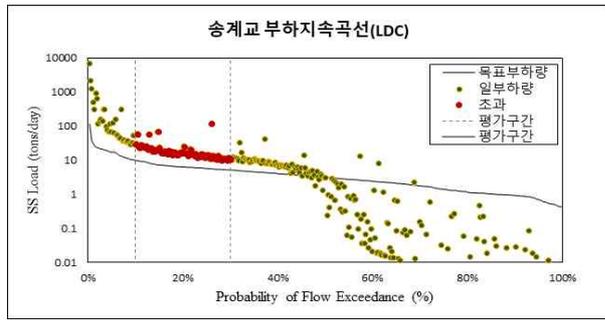
- 부하지속곡선(LDC)을 통해 분석한 결과, 송계교 지점과 제1여량교 지점 모두 2개년(2017년 ~ 2018년)동안 평가구간(관리구간) 내에서 초과빈도가 10%를 상회하여, 목표수질을 달성하지 못한 것으로 평가됨

<Table 2-70> LDC 분석을 통한 평가지점의 목표수질 달성여부 평가

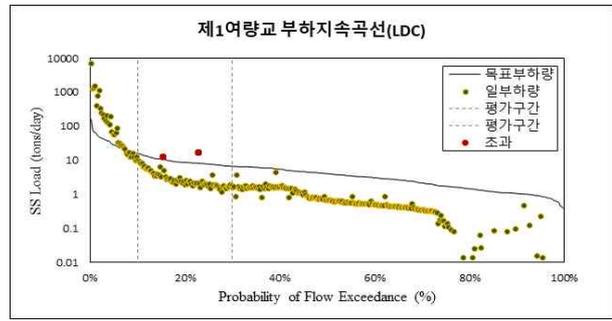
	대상유황(10~30%)		관리유량(시행계획 제시)	
	달성률	평가	달성률	평가
송계교	100.0%	미달성	100.0%	미달성
제1여량교	74.1%	미달성	83.6%	미달성

※ 달성률 90%이상(초과율 10%미만) : 달성

- 한편, 2017년과 2018년의 부하지속곡선(LDC)를 각각 도출하여 별도로 평가할 경우, 앞서 도출된 유량지속곡선과 같이 강우특성에 따른 유역수문현상과 인간활동의 시계열 차이가 있기 때문에 앞서 평가된 2개년의 결과와는 일부 차이가 있을 수 있으므로, 각각의 연도에 따른 부하지속곡선(LDC)을 도출하고, 이에 따른 목표수질 달성도 평가를 수행하였음
- 분석결과에 따르면, 송계교의 경우 2018년이 2017년에 비해 상대적으로 부하량이 높게 나타났으며, 초과율이 모두 100.0% 이상으로서 목표수질을 달성하지 못하는 것으로 나타났음
- 이는 시행계획 수립 당시 대상기간인 10년(2015 ~ 2014)과 기후특성 및 영농특성, 인위적 오염(토양유실) 등에 변화가 있을 수 있으며, 최근 강우일수는 감소하되 강우강도가 증가하는 기후 추세(국립환경과학원, 2008)와도 연계하여 검토할 필요가 있을 것으로 판단됨
- 한편, 제1여량교의 경우, 유량지속곡선이 상대적으로 낮았던 2017년에는 대상유황(10~30%)으로 평가할 때, 부하량 초과율 2.7%로서 10%보다 낮기 때문에 목표수질을 일시적으로 달성했던 것으로 평가되었으나, 2018년 다시 초과율이 52.1%에 달하여 2개년 평가기간동안 LDC 대비 25.9%가 초과하므로 관리목표는 미달성 한 것으로 평가되었음

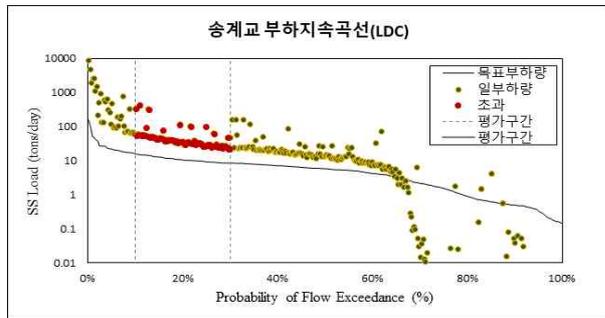


(a) 송계교

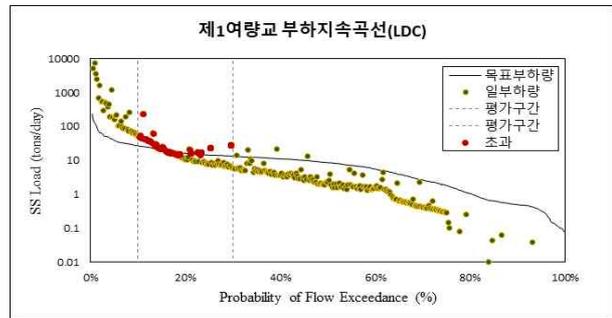


(b) 제1여량교

<Fig. 2-157> 골지천 유역의 평가지점별 2017년 부하지속곡선



(a) 송계교



(b) 제1여량교

<Fig. 2-158> 골지천 유역의 평가지점별 2018년 부하지속곡선

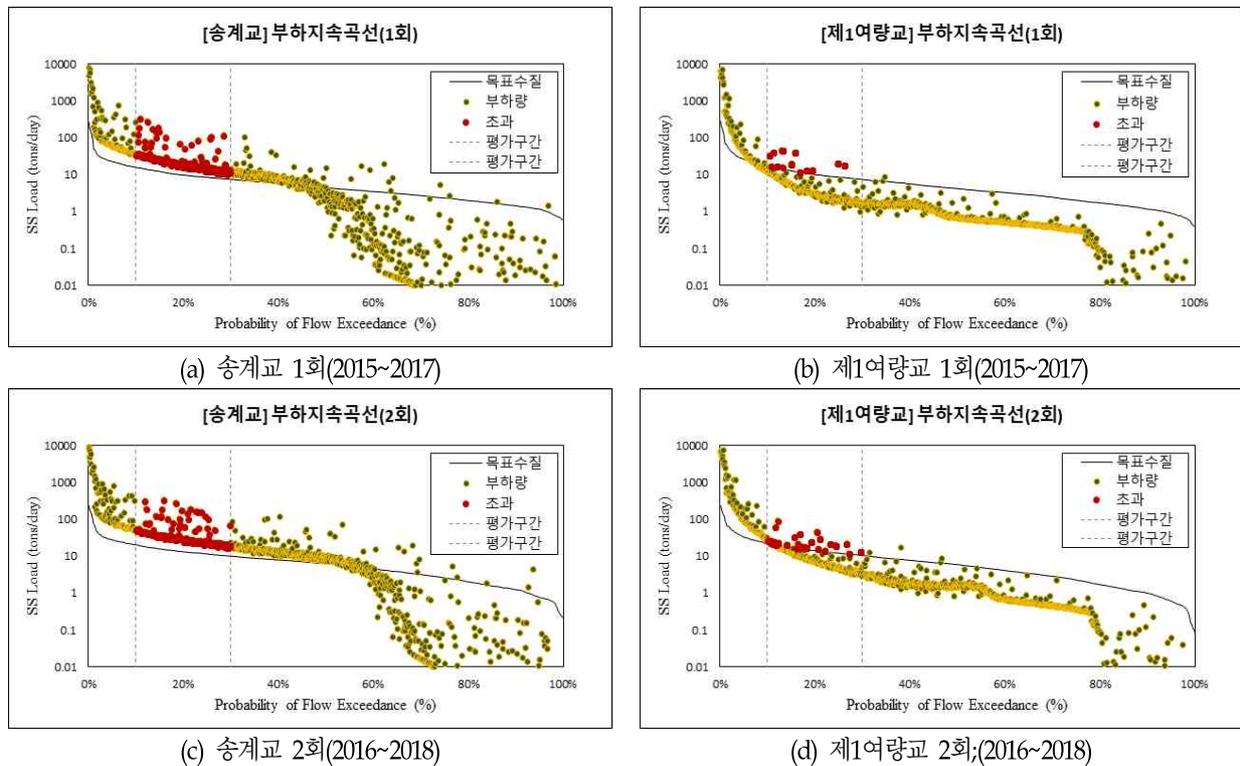
<Table 2-71> LDC 분석을 통한 평가지점의 연도별 목표수질 달성여부 평가

평가년도	송계교		제1여량교	
	달성률	평가	달성률	평가
2017	0.0%	미달성	97.3%	달성
2018	0.0%	미달성	47.9%	미달성
2017 ~ 2018	0.0%	미달성	74.1%	미달성

- 한편, 현행 수질오염총량관리에서 목표수질 달성도 평가 방법을 차용하여, 3개년을 1회로 2회 연속 평가하였으며, 이 때 1회의 시간적 범위는 2015년에서 2017년, 2회는 2016년에서 2018년까지 해당됨
- 이에 따라, 1회와 2회에 대한 각 지점에서 부하지속곡선(LDC) 도출을 통해 목표수질에 대한 부하량 초과빈도를 분석하면, 송계교의 경우 관리유량구간(10 ~ 30%)에서 1~2회 모두 100% 초과한 것으로 평가되었으며, 제1여량교의 경우 1회에는 관리유량구간 내 90퍼센타일 농도가 8.4 mg/L (초과율 9%)으로 만족하였으나, 2회에는 90퍼센타일 농도가 12.5 mg/L(32% 초과)로 나타나 목표수질을 달성하지 못한 것으로 평가되었음

<Table 2-72> LDC 분석을 통한 관리유량구간(10~30%)의 2회 연속 목표수질 달성도 평가

구분	지점	자료개수		목표수질(SS) 농도 (mg/L)	관리유량구간 내 90%ile SS농도(mg/L)	LDC 이하 부하량 비율 (90% 이상이면 달성)
		전체	관리유량구간 내			
1회	송계교	1,096	219	22.6	143.6	0%(미달성)
	제1여량교	1,096	219	8.7	8.4	91%(달성)
2회	송계교	1,096	219	22.6	162.2	0%(미달성)
	제1여량교	1,096	219	8.7	12.5	68%(미달성)



<Fig. 2-159> 부하지속곡선을 이용한 관리유량구간(10~30%)의 목표수질 달성도 평가

(4) 실측자료를 이용한 목표수질 달성도 평가결과

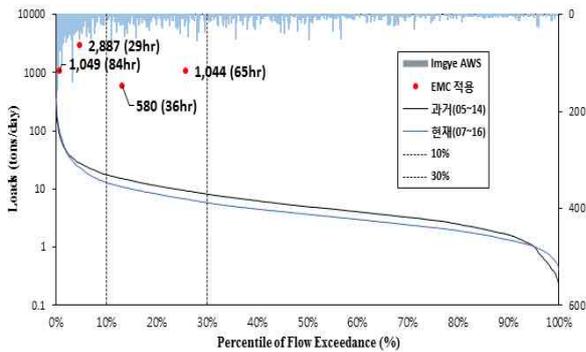
- 2017~2018년도 실측 모니터링 자료를 이용하여 목표수질 달성도 여부를 평가하기 위하여 각 강우사상별 EMC 농도 산정결과를 이용하여 2017, 2018, 2017~2018 등 3개 구간으로 나눠 평가함
- (2017) 임계수위표 지점에서 강우시 조사된 EMC 값은 총 4개이며, 이 중 관리유량구간에 포함되는 자료 개수는 2개임
 - 관리유량구간 내에 해당되는 SS 항목의 EMC는 579.8~937.0 mg/L이며, 90퍼센타일에 해당하는 SS 농도는 901.3 mg/L로 목표수질인 22.6 mg/L를 초과하는 것으로 평가됨
- 골지천2 지점에서 강우시 조사된 EMC 값은 총 4개이며, 이 중 관리유량구간에 포함되는 자료 개수는 3개임
 - 관리유량구간 내에 해당되는 SS 항목의 EMC는 14.3~587.7 mg/L이며, 90퍼센타일에 해당하는 SS 농도는 484.2 mg/L로 목표수질인 8.7 mg/L를 초과하는 것으로 평가됨
- (2018) 임계수위표와 골지천2 지점에서 각각 6번의 모니터링을 수행한 결과 10~30% 유량구간 내에 해당하는 EMC 농도 결과가 없는 것으로 나타남. 5번은 0~10% 관리유량구간 내에 해당하며 나머지 1회 조사는 30% 보다 낮은 유량구간에 해당하는 것으로 나타남. 따라서, 강우시 조사한 결과는 침투농도를 이용하여 부목표를 평가하는데 활용해야 되는 것으로 나타났으며, 실측 모니

터링 자료를 이용하여 목표수질을 평가하는데 발생하는 한계로 보여짐

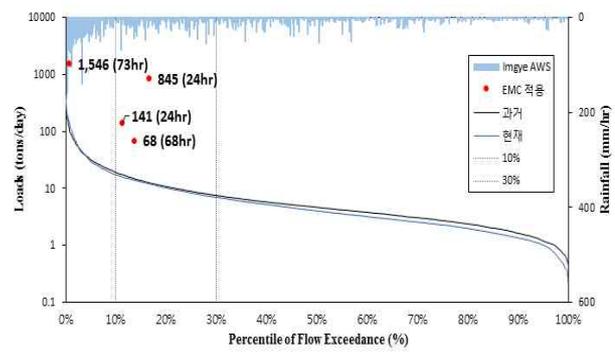
- (2017~2018) 2018년도 모니터링 자료가 관리유량구간 내 해당하지 않기 때문에 2017년도 자료만 이용하여 목표수질 달성도 여부를 분석한 결과와 동일하게 나타남.

<Table 2-73> 강우시 EMC 값을 이용한 목표달성도 평가 결과

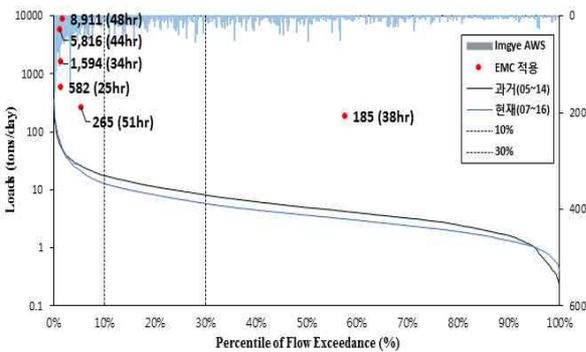
구분	자료개수(2017~2018)		목표수질 (SS, mg/L)	관리유량구간 내 90%ile 농도 (SS, mg/L)	목표수질 달성비율
	전체	관리유량구간 내			
임계수위표	10	2	22.6	901.3(미달성)	0%
골지천2	10	3	8.7	484.2(미달성)	0%



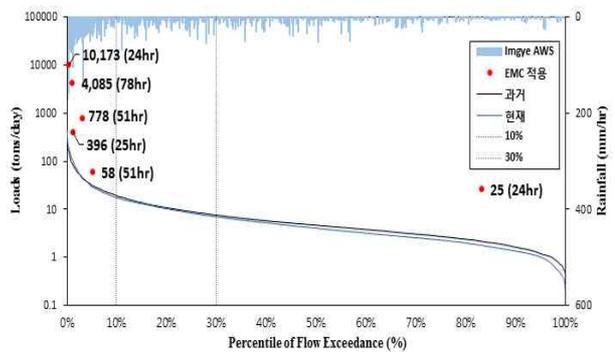
(a) 임계수위표 (2017)



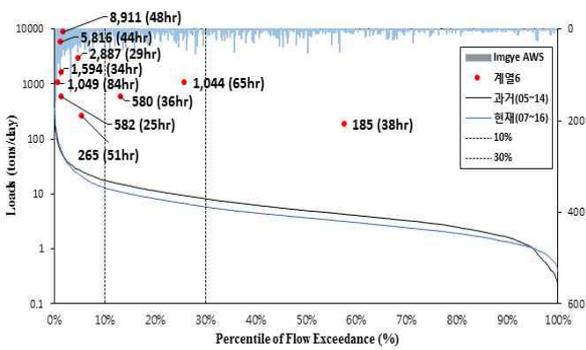
(b) 골지천2 (2017)



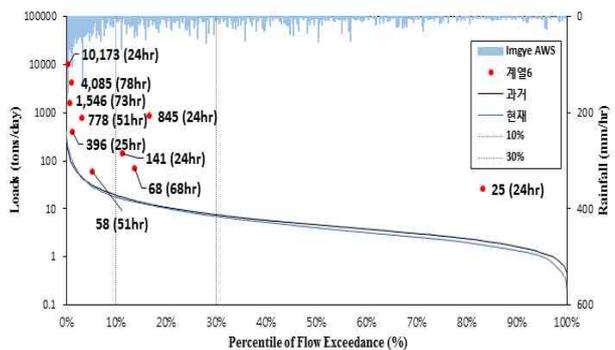
(c) 임계수위표 (2018)



(d) 골지천2 (2018)



(e) 임계수위표 (2017~2018)



(f) 골지천2 (2017~2018)

<Fig. 2-160> EMC값을 이용한 목표달성도 평가

(5) 부목표 달성도 평가

- 임계수위표 지점의 강우량 50~100mm 구간에서 측정된 SS 침투농도의 평균값을 이용하여 침투농도 750 mg/L에서 20% 저감이 됐는지 부목표를 평가함. 평가기간은 모니터링이 수행된 2017년도와 2018년도를 2017, 2018, 2017~2018 등 3개로 구분
- (2017) 임계수위표 지점에서 4회 모니터링 결과 중 50~100 mm 강우량 구간에 해당하는 1차와 5차 조사 결과 SS 침투농도는 각각 4,800.0 mg/L, 362.0 mg/L으로 평균값은 2,581.0 mg/L이며, 부목표인 600 mg/L(750 mg/L에서 20% 저감)를 미달성
- (2018) 임계수위표 지점에서 총 6회의 모니터링 결과 중 50~100 mm 강우량 구간에 해당하는 1차, 3차, 5차 조사 결과 SS 침투농도는 각각 1,950.0 mg/L, 6,031.0 mg/L, 966.0 mg/L로 평균값은 2,982.30 mg/L으로 부목표인 600 mg/L를 미달성
- (2017~2018) 2017년도와 2018년도 모니터링 결과를 이용하여 50~100 mm 강우량 구간에 해당하는 SS 침투농도의 평균값을 산정한 결과 평균 2,821.8 mg/L로 나타나 부목표인 600 mg/L를 미달성 한 것으로 나타남. 2년간 조사결과와 같이 부목표 농도보다 매우 높은 것으로 나타나, 향후 부목표 재검토를 통한 재설정이 필요한 것으로 보여짐

<Table 2-74> 2017년 임계수위표 지점의 강우시 SS 침투농도 분석결과

구 분	1차	2차	3차	5차	강우량 50~100 mm 발생시 SS 침투농도 평균	부목표 달성여부
SS 침투농도 (mg/L)	4,800.0	1,850.0	1,750.0	362.0	2,581.0	미달성
강우량(mm)	75.6	27.0	34.6	70.0	72.8	-

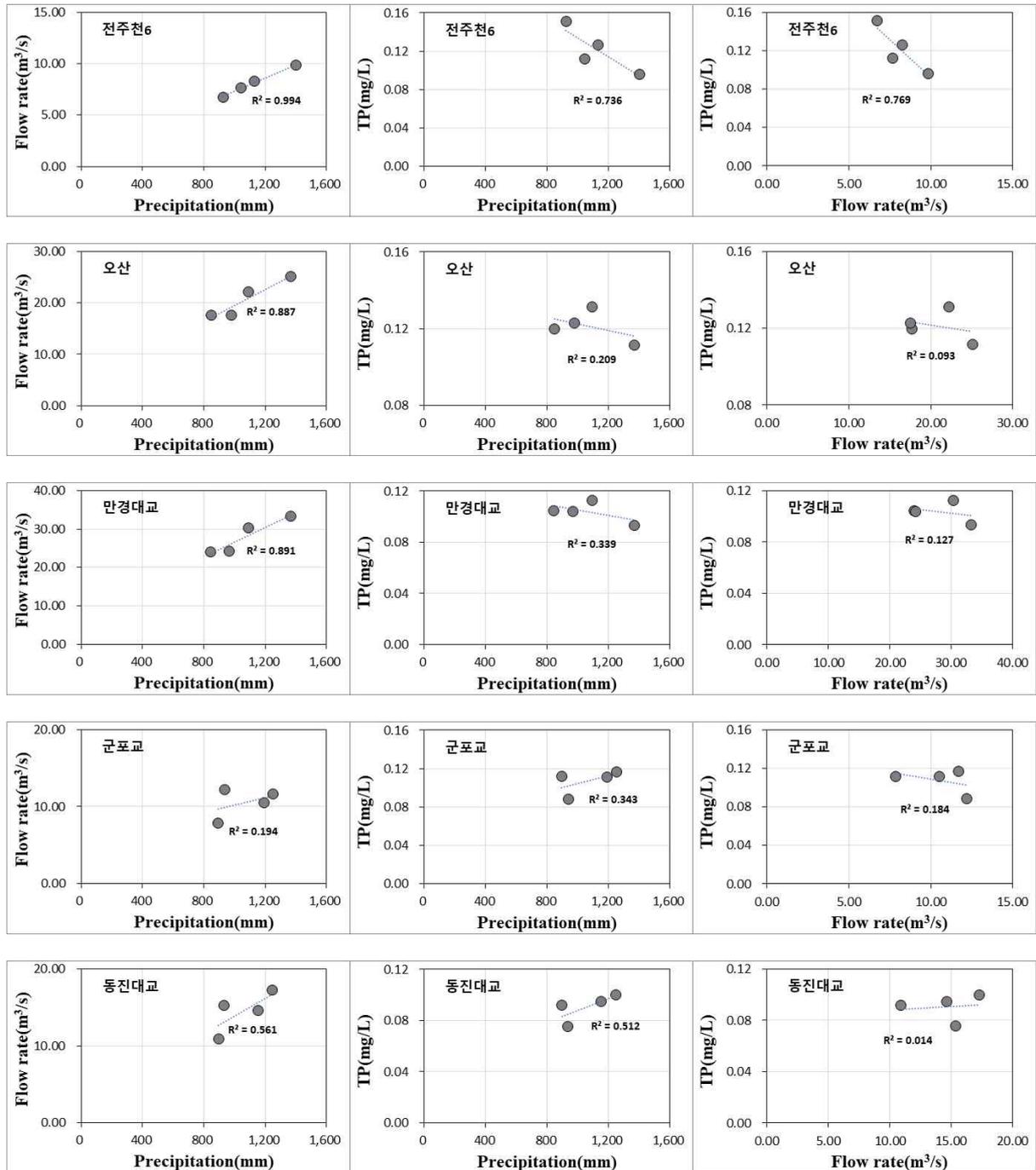
<Table 2-75> 2018년 임계수위표 지점의 강우시 SS 침투농도 분석결과

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차	강우량 50~100 mm 발생시 SS 침투농도 평균	부목표 달성여부
SS 침투농도 (mg/L)	1,950.0	13,360.0	6,031.0	248.7	966.0	373.3	2,982.3	미달성
강우량(mm)	51.0	116.0	81.5	25.0	54.0	32.0	62.2	-

3. 타 수질관리 계획 추진 등에 따른 수질변화 평가

(1) 새만금 유역

- 새만금 유역에서 비점오염관리지역의 시행계획 수립 이후 비점오염 및 점오염 대책들이 현재까지 추가적으로 추진되고 있지 않음
- 따라서 타 수질관리 대책에 따른 수질 변화는 향후 대책 이행 후에 평가해야 할 것으로 판단되며, 본 연구에서는 비점오염원관리지역의 지정 이후 기상 조건에 따른 수질 변화를 파악하고자 2015년부터 현재(2018년)까지 관리지점별로 유량과 해당 유역의 강수량 변화에 따른 관리항목인 T-P 농도 변화를 분석함
 - 새만금 유역의 공공하수처리시설의 총인처리시설이 2015년 초에 완료됨에 따라 2015년부터 하천의 T-P 농도가 감소하여(Fig. 2-5, Fig. 2-6 참고), 이러한 영향을 제외하고자 자료의 분석 기간은 2015년부터 현재(2018년)까지로 설정함
 - 관리지점별로 유량과 T-P 농도는 보·검증된 모델로부터 일 자료를 추출하여 사용하였으며, 강수량 자료는 해당 지점의 유역에 위치한 기상관측소들의 일 자료를 이용하여 유역평균강수량을 산출하여 사용하였고, 모든 자료는 연평균하여 상관관계를 분석함
- 관리지점별로 강수량 및 유량과 T-P의 농도에 대한 상관관계 분석을 수행한 결과는 다음과 같음
 - 전주천6 지점에서 강수량과 T-P 농도는 음의 상관관계를 보였고, 유량과 T-P 농도는 음의 상관성을 보여 강수량과 유량이 증가할수록 T-P의 농도는 낮아지는 것으로 나타남. 이러한 결과는 전주천6 지점의 인근에 있는 전주하수처리장 방류수의 영향이 상류 유역의 강수량 및 유량 증가에 따라 희석되기 때문으로 판단됨
 - 오산과 만경대교 지점에서 강수량과 T-P 농도는 음의 상관관계를 보였으나 전주천6 지점보다 상관관계가 더 낮았으며, 유량과 T-P 농도는 상관관계가 매우 낮게 나타남. 이러한 결과는 이들 지점에서 강수량이 높을 때 희석에 의한 효과가 더 강하게 나타나고, 상류의 제수문 등의 영향으로 강수량과 유량의 상관관계가 전주천6 지점보다는 상대적으로 낮기 때문으로 판단됨
 - 군포교와 동진대교 지점에서 강수량과 T-P 농도는 양의 상관관계를 보였고, 유량과 T-P 농도는 상관관계가 매우 낮게 나타남. 이러한 결과는 이 지점들은 오산과 만경대교와는 다르게 유역의 공공하수처리장의 영향을 상대적으로 적게 받고 있어 강수량 증가와 함께 유역의 비점 유출로 인한 영향이 반영되었기 때문으로 판단되며, 유량과 T-P 농도의 상관관계가 매우 낮게 나타난 것은 오산과 만경대교와 같이 제수문 등의 영향으로 강수량과 유량의 상관관계가 상대적으로 낮기 때문으로 판단됨



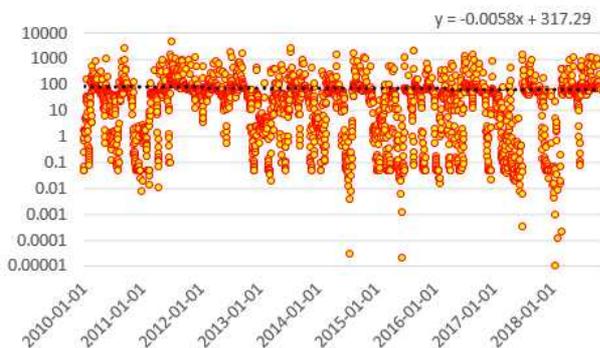
<Fig. 2-161> 새만금 유역 평가지점별 강수량 및 유량과 T-P 농도 관계

(2) 골지천 유역

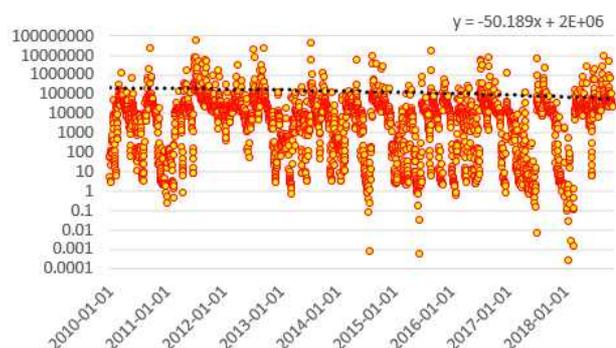
- 비점오염관리지역의 시행계획 수립 이후 비점오염물질 저감을 위한 저감시설 중 침사지가 설치되어 2018년도 후반기부터 가동을 준비하고 있으며, 이외 골지천 유역을 대상으로 경작지 시계열 분석, 우수계통분석, 절개지 변화분석, 임의(불법) 경작지를 분석하기 위한 '골지천 유역 비점오염원관리지역 고랭지밭 GIS 구축 사업'이 진행된 바 있음.
- 그러나, 아직까지 저감시설의 가동으로 인한 수질개선 효과가 나타나지 않은 상황이며, 추후 추가적인 저감시설의 설치와 운영에 따라 수질변화를 예측해야 할 것으로 보여짐.
- 기상에 따른 수질 변화는 본 연구에서 구축된 HSPF 모형의 2010년 ~ 2018년 10월 31일까지 송계교 지점과 제1여량교 지점의 일간격 SS 수질자료를 통해 분석함
- 동일 기간 골지천 유역의 임계지점에서 측정된 강수는 2011년 1,723 mm로 가장 많은 강수량을 기록하였으나, 2017년 745 mm 로 2010년 이후 가장 적은 강수량을 기록할 정도로 강수 발생이 감소하였으며, 2018년에는 1,310 mm로 강수량이 다시 증가된 것으로 나타남
- HSPF 모델 외에 수질변화의 경향을 분석하기 위해 ①추세분석, ②곡선추세(locally weighted scatter plot smoother, LOWESS)을 이용함

(가) 추세분석

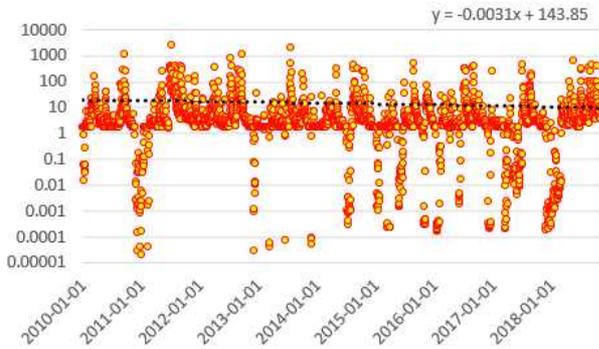
- 추세분석은 간단한 시계열 자료의 경향을 식별하는 방법으로 음의 기울기는 감소 경향, 양의 기울기는 증가 경향을 의미함
- 송계교와 제1여량교의 SS 수질 추세 분석에서 유의수준 90% 신뢰구간 $\alpha=0.1$ 기준에 귀무가설 ($H_0 = \text{no trend}$)을 기각하여 경향성이 있다는 대립가설이 수용됨
- 분석 결과 2018년 강수량 증가에 따라 SS도 고농도, 고부하량에 집중되어 있는 것으로 나타났지만, 송계교와 제1여량교 모두 기울기가 음의 값으로 SS 농도 및 부하량이 감소하는 경향으로 나타나 골지천 유역의 비점오염발생에 강수특성이 미치는 영향이 큰 것으로 판단됨



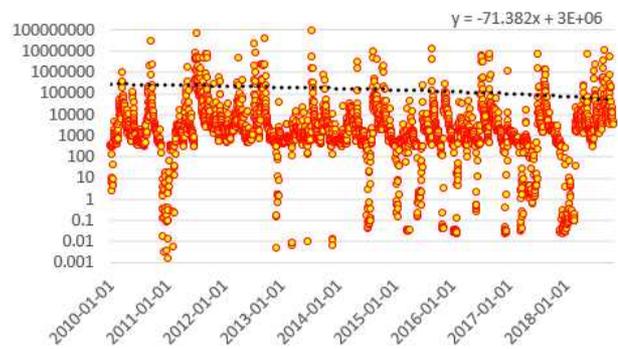
(a) 송계교-농도



(b) 송계교-부하량



(c) 제1여량교-농도

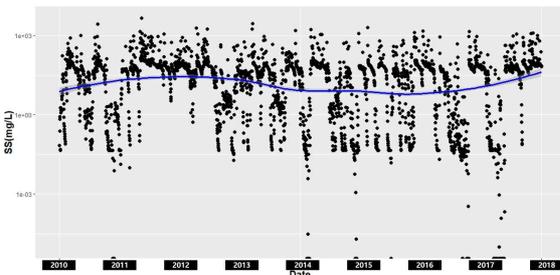


(d) 제1여량교-부하량

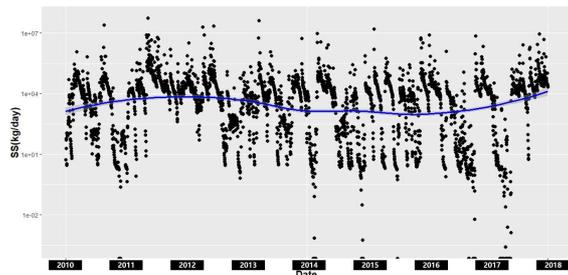
<Fig. 2-162> 송계교와 제1여량교 추세분석 결과

(나) LOWESS 추세분석

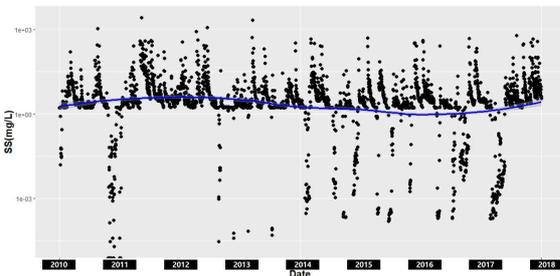
- LOWESS 추세분석은 시계열데이터에 평활곡선들(smoothing curves)을 적합시켜 시계열 변동 특성을 표현함으로써 경향을 식별하는 곡선형 추세분석 방법으로 직선형 추세분석의 단점을 보완한 방법임
- 분석 결과 송계교는 SS 농도 및 부하량 모두 2010년 ~ 2012년 증가, 2013년 ~ 2015년 감소, 2016년 ~ 2018년 증가하는 경향을 보였고, 제1여량교 또한 송계교와 동일한 증가·감소 경향을 보임
- 이러한 결과는 골지천 유역의 연간 강수량 발생 경향과 매우 비슷한 경향을 보이는 것으로 골지천 유역의 비점오염의 발생은 자연적인 기상의 영향이 매우 크다고 판단됨
- 하지만 2018년 강수량 증가 대비 SS 농도는 부하량이 크게 증가된 것으로 나타나고 있어 향후 비점오염 발생 저감 대책 시행시 강우유출수에 의한 비점오염저감대책 뿐만 아니라 인위적 농업 행위 등에 의한 대책 마련도 중요할 것으로 판단됨



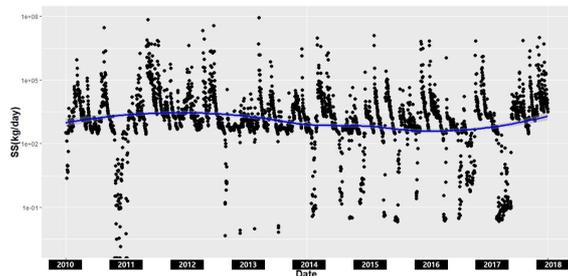
(a) 송계교-농도



(b) 송계교-부하량



(c) 제1여량교-농도



(d) 제1여량교-부하량

<Fig. 2-163> 송계교와 제1여량교 LOWESS 결과

결론

IV

■ 결론

IV. 결 론

본 연구는 불환경보전법 제54조 비점오염관리지역으로 지정·고시된 새만금·골지천 유역을 대상으로 모니터링 및 유역모델 현행화(~18년)를 통해 각 유역의 시행계획 관리 목표달성도를 평가하고 모니터링 및 관리목표 평가방안 등을 연구하여 제도의 성공적 시행에 기여하고자 함

1. 새만금 유역

- 새만금 유역 비점오염원관리지역에서 비점오염물질 유출특성을 파악하고, 목표달성도 및 관리효과 평가를 위하여 관리지점 중 오산, 만경대교, 군포교, 동진대교 지점과 지류하천 2개 지점(무명천, 금구천)을 포함한 총 6개 지점에서 6차에 걸쳐 강우시 모니터링을 수행함
 - 유역의 상류에 위치한 무명천과 금구천의 수질 변화는 강우에 따른 유량변화와 농업배수의 변화에 의한 영향을 크게 받으며, 유역의 하류에 위치한 오산, 만경대교, 군포교, 동진대교 지점의 수질 변화는 유역 내 농경지 및 초본지대에서 완충작용과 제수문 조작 등으로 인하여 강우에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않는 것으로 판단됨
- 유역모델은 기존에 구축된 HSPF모델을 2018년까지 입력 자료를 최신자료로 갱신하는 현행화를 통해 확장 구축함
 - 유량 및 수질 보정 결과는 모델 효율(%Difference)이 Very Good ~ Fair로 나타나 모의치가 실측치를 적정수준으로 반영하는 것으로 평가되었고, 수질 보정의 경우 강우유출수 현장조사의 시단위 자료를 이용하여 추가적으로 보정을 수행하였으나 제수문 운영 등 유역의 특성으로 인하여 5회~6회 측정 자료를 이용한 시단위 모델의 보정은 한계가 있으며, 장기적인 모니터링 자료가 요구됨
- 새만금 유역 비점오염원관리지역의 관리(평가)지점을 대상으로 모델과 실측자료를 이용하여 목표달성도 여부를 평가함
 - 모델의 일유량과 T-P 자료를 이용하여 2015년~2017년과 2016년~2018년으로 나누어 3년간 2회 목표달성도를 평가한 결과, 각 평가지점에서 2회 모두 T-P 부하량이 LDC 대비 75% 이하로 평가되어 목표를 미달성한 것으로 나타남
 - 2017년~2018년 실측자료를 이용하여 각 강우이벤트별 T-P EMC와 전체 T-P 자료를 이용하여 목표달성도를 평가한 결과, 각 평가지점에서 모두 T-P 부하량이 LDC 대비 75% 이하로 평가되어 목표를 미달성한 것으로 나타남
- 새만금 유역의 관리(평가)지점에 대한 강우유출수 현장조사 결과는 이들 지점이 유역의 하류에 위치하고 있어 유역 면적이 넓고, 상류의 농경지와 관개시설 등으로 인하여 뚜렷하게 일관된 비점유출 특성을 보이지 않는 것으로 나타났으며, 선행무강우일수, 강우강도, 강우지속시간 등 강우이벤트별로 유출특성이 다르게 나타나 관리(평가)지점에서 부하지속곡선(LDC)를 적용한 목표달성도 평가는 보·검증된 모델 자료를 이용하는 방안의 검토가 필요함

- 2018년까지 확장하여 구축된 모델을 이용하여 목표달성도를 평가한 결과에서는 현재까지 모든 관리(평가)지점의 관리유량구간에서 LDC 이하 T-P 부하량 비율이 75% 이하로 목표를 미달성한 것으로 평가됨

2. 골지천 유역

- 골지천 유역 비점오염원관리지역에서 비점오염물질 유출특성을 파악하고, 목표달성도 평가를 위하여 우선관리지역 3개 지점(태봉2교, 관말교, 검무교)과 관리대상지역(송계교, 제1여량교) 2개 지점 등 총 5개 지점에서 6차에 걸쳐 강우시 모니터링을 수행함
- SS 항목의 EMC 농도는 지점별 발생한 강우량의 영향뿐만 아니라 상류의 농경지 영농활동이나 인위적인 영향 등으로 인해 큰 편차가 있는 것으로 보여짐.
- EMC 농도는 태봉2교가 가장 큰 것으로 나타났으며, 최대강우강도와 선행무강우일수 그리고 농경지의 영농활동에 의한 영향 등에 따라 상이하며, 강우량 만의 상대적인 크기는 뚜렷하게 나타나지 않음.
- 유역모델은 기존에 구축된 HSPF모델을 2018년까지 입력 자료를 최신자료로 갱신하는 현행화를 통해 확장 구축함
- 유량 및 수질 보정 결과 모니터링 일부 지역에서 특정 시기 농작물 수확 및 공사 등 인위적 활동으로 인해 토양유실에 직접적인 영향을 미치는 경우가 있었으며, 예측치가 관측치를 반영하는데 한계가 있었음. 또한, 강우의 국지성 호우에 따라 강우특성을 반영하기 어려운 것으로 나타남. 그러나, 모델 효율은 GOOD 이상으로 나타나 모의치가 실측치를 적정수준으로 반영하는 것으로 평가되었음.
- 지역특성에 따라 변화하는 강우량과 수질변화를 반영하기 위해서는 강우량이나 수질 등의 추가적인 모니터링을 통해 모델의 한계를 보완해야 할 것으로 판단됨
- 골지천 유역 비점오염원관리지역의 관리지점을 대상으로 모델과 실측자료를 이용하여 목표달성도 여부를 평가함
- 각 지점에서 부하지속곡선(LDC) 도출을 통해 목표수질에 대한 LDC 목표달성율을 분석한 결과 송계교의 경우 관리유량구간(10 ~ 30%)에서 2015~2017년과 2016~2018년 모두 100% 초과한 것으로 평가되었으며, 제1여량교의 경우 2015~2017년에는 관리유량구간 내 90퍼센타일 농도가 8.4 mg/L(초과빈도 10% 미만, 초과율 9%)으로 만족하였으나, 2016~2018년에는 90퍼센타일 농도가 12.5 mg/L(32% 초과)로 나타나 목표수질을 달성하지 못한 것으로 평가되었음
- 2017년~2018년 실측 모니터링 자료를 이용하여 목표수질 달성도 여부를 평가하기 위하여 각 강우사상별 EMC 농도 산정결과를 이용하여 2017, 2018, 2017~2018 등 3개 구간으로 나눠 평가한 결과 3가지 방법에서 모두 목표수질을 초과하는 것으로 평가됨.
- 임계수위표 지점의 강우량 50~100mm 구간에서 측정된 SS 침투농도의 부목표를 평가한 결과

모두 부목표인 600 mg/L를 미달성 한 것으로 평가됨.

- 따라서, 골지천 유역의 비점오염물질 저감과 목표수질 달성도 평가를 위하여 국지성 호우에 따른 지역별 편차를 줄이기 위한 추가 강우분석과 특정 시기 영농활동 및 하천공사 등 인위적 활동으로 인한 모델의 한계를 보완하기 위한 추가적인 모니터링이 수행되어야 할 것으로 판단됨

참 고 문 헌



■ 참고문헌

V. 참고문헌

- 강원도, 2017. 골지천 유역 비점오염원 관리대책 시행계획
- 국립환경과학원, 2007. 비점오염부하량 평가기법 연구(2) - 강우유출수 조사방법(안)을 중심으로
- 국립환경과학원, 2012~2015. 전국오염원 조사
- 국립환경과학원, 2014a. 골지천 유역 비점오염원 관리대책 마련(안)
- 국립환경과학원, 2014b. 새만금 유역 비점오염원 관리대책 마련(안)
- 국립환경과학원, 2015. 새만금 수질개선효과 정량화 모델구축(III)
- 국토교통부 국가수자원관리종합정보시스템, <http://www.wamis.go.kr/>
- 국토교통부 한강홍수통제소, <http://www.hrfco.go.kr>
- 기상청 (2017), <http://www.kma.go.kr/>
- 새만금지방환경청, 새만금유역통합환경관리시스템, <https://www.eariul.go.kr/>
- 이승창, 신동철, 2009. 부재 최적화 설계에서 유전자 알고리즘과 시행착오법의 성능 비교, 대한건축학회 논문집, 25(10), pp. 3-10. (Lee, S. C., Shin, D. C. (2009) Performance comparison of genetic algorithm and trial-and-error method in the member size optimization, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, 25(10), pp. 3-10. [Korean Literature])
- 이재수, 2015. 수문학, 구미서관
- 한국하천정보시스템(K-river), <http://river.kwater.or.kr/garam/>
- 환경부, 물환경정보시스템 국가수질측정망 측정자료, <http://water.nier.go.kr/>
- 환경부, 2014a. 골지천 유역 비점오염원 관리대책
- 환경부, 2014b. 수질오염공정시험기준
- 환경부, 2015. 새만금 수질개선효과 정량화를 위한 오염원 및 부하량 산정연구
- 환경부, 2017. 물환경측정망 운영계획
- 환경부, 2017. 수질오염공정시험기준
- 새만금지방환경청, 2016. 새만금 유역 수질개선을 위한 물이용체계 분석 및 제도개선 연구(만경강 유역)
- 새만금지방환경청, 2017. 새만금 유역 수질개선을 위한 물이용체계 분석 및 제도개선 연구(동진강 유역)
- 전라북도, 2011. 전라북도 수자원장기종합개발계획
- 전라북도, 2015. 전라북도 3단계 금강수계 오염총량관리기본계획
- 전라북도, 2017. 새만금 유역 비점오염원 관리대책 시행계획

- Bicknell, B.R., J.C. Imhoff, J.L. Kittle, T.H. Jobs and A.S. Donigian, 2001, HSPF Version 12 User's Manual, AQUA TERRA Consultants Mountain View, California, USA
- Donigian, A. S., 2000. Lecture #19, Calibration and Verification Issues, HSPF Training Workshop Handbook and CD, Office of Science and Technology, US EPA, pp. 19-22
- Donigian, A. S., 2002. Watershed Model Calibration and Validation: The HSPF Experience, Proceedings of the Water Environment Federation, National TMDL Science and Policy 2002, pp. 44-73.
- Lee, Sae-Bom (2011). BASINS/HSPF-LID Development for Watershed Management in Korea, Doctoral Thesis, Konkuk University.
- US EPA, 2000, EPA BASINS Technical Note 6, Estimating Hydrology and Hydraulic Parameters for HSPF(EPA-823-R00-0.12)
- US EPA, 2007. EPA BASINS Technical Note 9, Web-based HSPF Toolkit to Support Low Impact Development (LID) and Other Urban Stormwater Modeling Applications, Office of Water 4305, United States Environmental Protection Agency.
- US EPA, 2011. Lecture #15, Watershed Model Calibration and Validation : Issues and Procedures, <https://www3.epa.gov/ceampubl/basins/training/b4lec15.pdf>, pp. 11.
- US EPA, 2015. BASINS 4.1 (Better Assessment Science Integrating point & Non-point Sources) Modeling Framework, National Exposure Research Laboratory, RTP, North Carolina.

부 록



 부 록

VI. 부 록

새만금 및 골지천 유역은 비점오염원 관리대책 시행계획에 따라 이행평가가 현재 진행 중이며 각 유역의 비점오염 저감을 위한 정량화 방안과 모델을 이용한 BMP 적용 방안을 제시함

제 1 절 새만금 유역의 비점오염 관리대책 정량화 방안

1. 비점오염 저감방안 방향설정

- 새만금 유역 비점오염 관리대책 시행계획(전라북도, 2017)에서는 아래와 같은 비점오염 저감방안 방향을 설정하였음
- 새만금유역 비점오염관리지역의 17개 소유역을 도시, 농촌(토지), 농촌(축산)의 3가지 유형으로 분류하여, 각 소유역에 맞는 저감대책을 수립
- 비점오염저감시설의 경우 토지이용형태별로 도시지역의 경우에는 초기우수 여과시설, 생태유수지, 그린빗물 인프라시설, 농촌지역의 경우에는 인공습지, 생태둑병, 축산지역의 경우에는 고효율 인공습지 등을 적용
- 구조적인 시설의 경우 도시지역은 장치형 시설 및 LID, 농촌(토지)지역은 자연형 시설, 농촌(축산) 지역은 장치형 및 자연형 시설을 적용
- 비구조적인 대책은 거버넌스 구축을 통한 교육, 홍보, 실천사업을 계획하고, 소유역의 유형별로 도시지역은 도로청소, 하수관거 준설, 농촌(토지) 지역은 물꼬관리, 녹비작물, 농촌(축산) 지역은 퇴액비 유통관리, 무단배출 단속 등을 적용
- 구조적 대책은 단계별로 진행하고 비구조적 대책은 전 소유역을 대상으로 확산 적용

2. 저감 가능량 산정 및 정량화 방안

가. 인공습지 및 장치형시설 설치

- 발생 후 관리는 발생원 관리를 잘 하여도 상당량의 비점오염물질이 배출될 수밖에 없으므로 농경지에서 배출되는 비점오염원을 배수로, 침사지 등의 구조적 저감시설을 이용하여 관리하는 방법임
- 우리나라에서 적용되고 있는 비점오염원 최적관리기법은 주로 배수로, 우회수로, 인공습지, 침사지와 같은 구조적인 비점오염 저감시설을 설치하는 사업으로, 발생원 관리가 아닌 발생 후 적용되는 관리기술을 중심으로 적용되고 있음

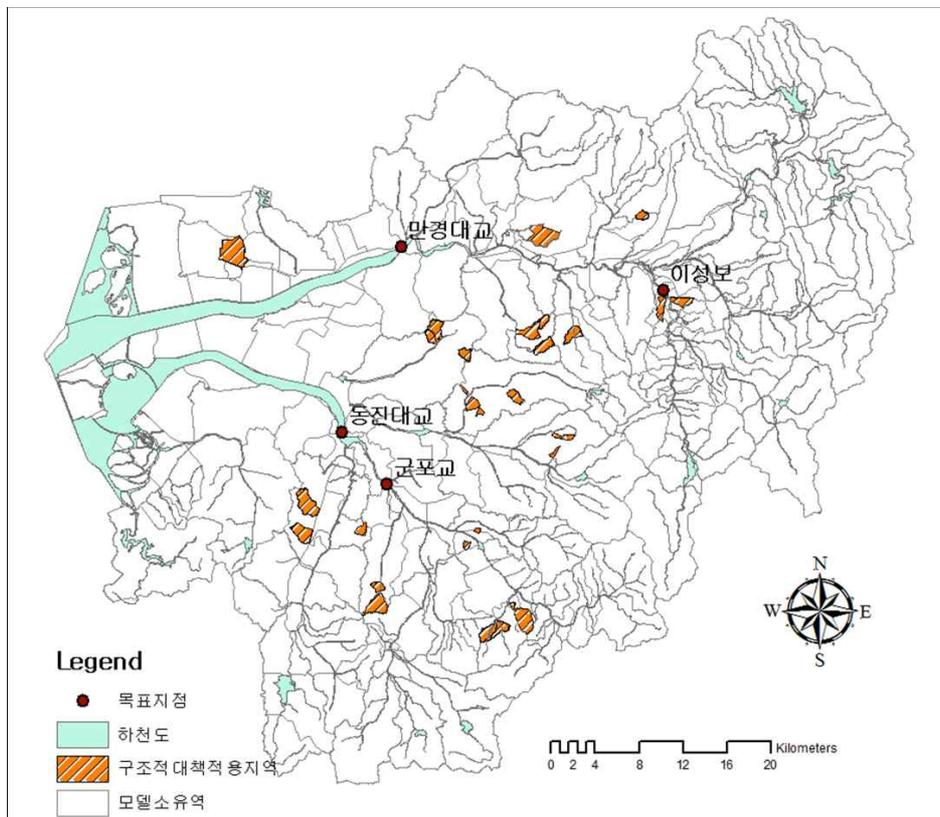
① 사업내용

- 구조적대책으로 선정된 인공습지 및 장치형 시설의 적용유역은 다음 그림과 같이 25개소를 선정

하였음

② 정량화 방법

- 구조적대책을 적용하기 위해 선정된 지점을 중심으로 소유역을 분할하였으며, 유역에서 배출되는 오염물질이 인공습지를 통해 수질이 개선되는 것으로 평가할 수 있음
- 비점오염 저감시설의 저감효율은 실측자료를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 평균저감 효율을 산정하는 것을 원칙으로 하나, 시설물의 처리효율이 제시되기 전에는 수질오염총량관리기술지침(환경부, 2016)에서 인공습지의 처리효율로 제시한 BOD 53%, T-N 37%, T-P 60%를 저감하는 것으로 가정하여 평가를 실시할 계획임



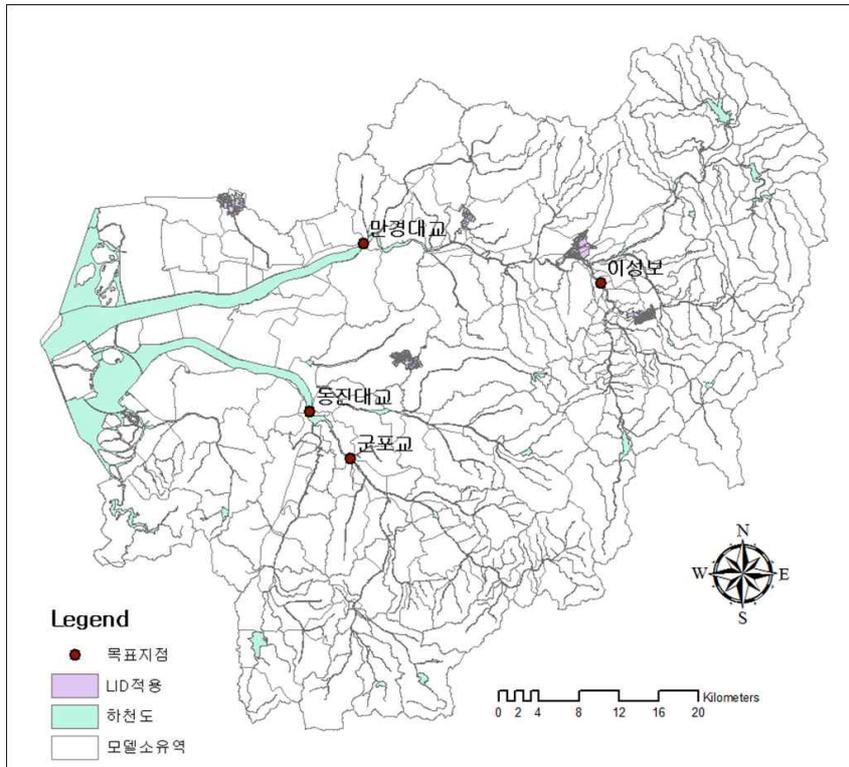
<Fig. 3-1> 새만금 유역의 구조적 대책 적용

나. LID 적용

- 최근들어 도시화에 따른 유출량과 비점오염부하량 증가를 효율적으로 저감시키기 위한 저영향개발(Low Impact Development: LID)에 대한 관심이 높아지고 있음
- LID는 도시개발에 있어서 콘크리트 및 아스팔트 등 불투수층을 설치하는 대신 투수층의 비율을 높이고 물을 충분히 저류할 수 있는 공간을 확보하여 침투율을 증가시키는데 목적이 있음
- 또한, 강우 유출수를 발생 후 처리하는 기존의 우수처리시설과 비교하여 LID는 도시에서의 강우 유출수 발생 자체를 억제시킨다는 장점을 가지고 있음

① 사업내용

- LID 적용구역은 다음 그림과 같이, 전주시의 금암동, 인후동 2가, 우아동 3가, 익산시의 중앙동 1가~3가, 모현동 1가, 창인동 1가, 주현동, 갈산동, 인화동 1가, 군산시의 미룡동, 김제시의 검산동, 요촌동, 신평동, 서암동, 그리고 완주군의 후정리와 삼례리를 대상으로 평가할 계획임
- LID 적용시 수질개선효과를 평가하기 위해 HSPF 구역내 별도의 소유역을 구분하여 평가에 활용할 수 있음



<Fig. 3-2> 새만금 유역의 구조적 대책 적용 2

② 정량화 방법

- LID기법을 적용하기 위해 기존 구축된 모형의 도시지역 투수 및 불투수 면적을 변화 시켜 효과를 평가함. 현재 기 계획되어 있는 LID 적용지역의 경우 세부 실시설계 자료를 이용하여 불투수 면적을 투수면적으로 변환된다고 가정하여 그 효과를 평가할 계획임

다. 도로청소

- 도로청소는 노면에 축적된 오염물질을 제거하고, 강우유출수를 통해 수계로 유입하는 오염물질을 저감하기 위한 방법 중 하나임. 도로청소에 대한 활용도가 증가함에 따라 이와 관련된 연구는 꾸준히 지속되어져 왔으며, 도로청소를 통한 오염물질 저감방안은 오랜 역사를 지닌 도시청결정책으로 다양한 청소장비가 개발되어 운영되고 있음

- 국내 주요 도시에서는 도로청소 계획 수립시 청소방법 및 청소주기를 설정하기위해 도로 도로폭, 교통량, 유동인구, 상업지역의 규모, 교통유발시설의 유무, 단위면적당 폐기물발생량, 토지이용, 주거밀도 등을 고려하여 등급별로 청소를 실시하고 있음
- 도로 비점오염물질의 축적과정은 무강우일수에 대한 시간의 함수로 표현되며, 비점오염물질은 무강우일수에 따라 선형적으로 증가하지는 않음
- 도로특성 및 주변의 토지이용 형태에 따라 비선형적으로 증가하며, 노면에 축적되는 오염물질의 최대축적량은 기후조건과 도로특성에 따라 결정됨

① 사업내용

- 기존 시행계획에서는 비점오염관리지역으로 지정된 전 유역을 대상으로 물꼬를 높여서 관리하는 것으로 가정하였음

② 정량화 방법

- 비점오염관리지역의 현재 HSPF-PADDY 모듈의 논둑 높이를 10cm에서 12cm로 높여 적용하여 모의 하고자 하며, 물꼬 높이기 사업이 시행된 지역을 대상으로 적용·평가할 계획임
- 관행 물꼬 높이를 12cm로 높여 적용할 경우 관행 대비 T-N은 24%, T-P는 34% 저감되는 것으로 보고됨(한국농어촌공사, 2016)

라. 물꼬관리

- 일반적으로 논은 재배기간 중에는 짧은 낙수기간을 제외하고는 일정 높이로 담수되고 논토양은 포화상태를 유지하고 있으며, 생육기별 적정한 담수심을 유지하기 위해 물꼬의 높이를 조절하며 강우 또는 낙수 등에 의해 논 표면수는 유출됨
- 이때 논에서 배출되는 오염부하량은 하천입장에서 오염물질로 작용하여 수질을 악화시키는 원인이 됨
- 최근 물꼬를 높여서 관리하여 오염배출량을 줄이는 연구가 진행중에 있으며, 물꼬를 높여서 최대한 논에 담수된 물이 적게 수체로 유입되게 하는 효과와 더불어 관개용수량을 줄일 수 있는 장점이 있는 대책임

① 사업내용

- 물꼬 유역은 현재 비점오염관리지역으로 지정된 전 유역을 대상으로 삭감되는 것으로 가정하였으며, 물꼬를 높여서 관리하는 것으로 가정하였음

② 정량화 방법

- 비점오염관리지역의 현재 HSPF-PADDY 모듈의 논뚝 높이를 10cm에서 12cm로 높여 적용하여 모의 하고자 함

마. 비료저감

- 최근 들어 점오염원에 대한 처리시설이 상당부분 정비되면서 논이나 밭과 같은 농지에서 발생되는 비점오염원에 대한 관심도 높아지고 있는 실정으로 화학비료에 의한 환경부하 저감방안을 마련하기 위해서 녹비작물을 심어 관리하거나 양분관리가 적극적으로 검토되고 있는 실정임
- 우리나라의 총 오염부하 중 농경지로부터 질소·인의 유출이 큰 비중을 차지하고 있으며, 논으로부터의 비점오염은 비료성분이나 유사의 유출에 의하여 발생되고, 논·밭의 경작 방법에 따라 배출양상이 다양하게 나타남
- 시비관리를 통해 비점오염을 저감이 필요하다. 비점오염원 부하 저감은 농경지내 발생원 관리가 가장 효과적으로 알려져 시비관리(시비량, 시비시기, 비료의 종류) 등을 통한 비점오염원 발생 저감 방안이 필요함

① 사업내용

- 기존 시행계획에서는 비점오염관리지역으로 지정된 전 유역을 대상으로 삭감되는 것으로 가정하였으며, 총 비료량의 25%, 50%, 100%가 저감하는 것으로 적용함

② 정량화 방법

- HSPF의 SPEC-ACTION 모듈내 논과 밭에 시비량을 반영하고 있으며, 비점오염관리지역의 토양 검증시비 및 완효성 비료 적용 지역을 대상으로 적용·평가할 계획임
- 토양검증시비를 적용하여 관리할 경우 비료성분인 T-N은 17%, T-P는 15% 저감되며, 완효성 비료 적용시 논·밭의 경우 관행대비 SS는 4%, T-N 22%, T-P 22%가 저감되는 것으로 보고됨(한국농어촌공사, 2016)

바. 축산분뇨관리

- 가축분뇨는 적정하게 관리되고 자원화되면 유익한 비료로 기능하여 친환경산물생산과 토양개량에 기여할 수 있음
- 하지만 축산의 경우 밀집되어 사육되고 있으며, 축산농가의 영세함과 지역주민들의 반발에 의해 적절하게 관리되지 못하고 있는 실정이며, 가축분뇨는 수계로 유입될 경우 큰 영향을 미치며 수질오염에 주요한 원인이 되고 있음
- 또한 최근 소규모 축사들이 우후죽순으로 늘어나 범망을 피해감으로써 가축분뇨에 의한 오염사례가 자주 나타나고 있는 실정임

① 사업내용

- 기존 시행계획에서는 비점오염관리지역으로 지정된 전 유역을 대상으로 총 축산분뇨중 20%, 30%, 50% 저감하는 것에 대해 평가함

② 정량화 방법

- 비점오염관리지역의 경우 발생하는 가축분뇨의 저감을 위해 배수로 준설 및 단속강화를 통해 축산계 오염부하량을 20%~50% 저감하는 것으로 가정하여 모델에 반영하고 평가할 계획임

사. 거버넌스 구축

- 농업비점오염원 저감기술과 관련 정책의 개발에도 불구하고 농업비점오염원 저감은 실제 농업인들이 영농현장에서 저감 활동에 참여하지 않으면 제어되기 어려운 특징을 갖고 있음
- 그러나, 현재 농촌지역은 농업인의 고령화, 농촌의 쇠퇴, 환경 인식의 부족, 지원제도의 미흡 등으로 농업비점오염을 효과적으로 관리하기 어려운 실정이며, 특히 농업비점오염원 관리에 필요한 정보가 전달되지 못하고 있는 상황임
- 특히, 농업비점오염 저감기법을 현장에 적용 및 전파하기 위해서는 농업인주체를 발굴 및 역량강화, 계층별·분야별 그리고 행정·전문가·농업인이 참여하는 실행 거버넌스를 구축할 필요가 있음
- 이와 같이 농업비점오염 관리를 위한 거버넌스 체계를 구축하고 유역적 특성을 반영하여 구체적이고 다양한 거버넌스 모델을 개발하여 현장에 시범 적용하여 그 성과를 정확하게 평가함으로써 농업비점오염 관리를 효과적으로 대응해 나갈 수 있음

① 사업내용

- 기존 시행계획에서는 거버넌스 구축을 통한 수질개선효과는 다양한 형태로 발생할 수 있어, 유역내 총 부하량의 5%와 10%가 저감된다고 가정하여 평가하고자 함

② 정량화 방법

- 거버넌스로 인해 발생하는 효과를 총 부하량의 5%~10%를 가정하여 평가하고자 함

<Table 3-1> 비점오염 관리대책별 모델 반영방법

비점오염 관리대책	모델 적용방법	HSPF 모델 적용모듈	비고
인공습지 및 장치형시설	인공습지 설치유역은 해당 소유역을 분리하고 저감효율 적용	SCHMETIC MASS-LINK	
LID	LID 시설면적 불투수지역을 투수지역으로 변경 LID 시설별 저감효율 적용	SCHMETIC MASS-LINK	
도로청소	교통지역 면적산정 후 청소면적을 30% 가정 불투수면적의 오염물질 발생량 저감효율 반영	NQUALS (BUILD UP)	
물꼬관리	비점오염 관리지역내 물꼬높이 수정반영 (HSPF-PADDY모듈)	HSPF-PADDY	
비료저감	비점오염 관리지역의 비료저감량 반영	SPEC-ACTION	
가축분뇨 관리	축산계 오염부하량 저감하여 반영	-	
거버넌스 운영	거버넌스에 의해 발생하는 효과 총부하량에서 삭감반영	-	

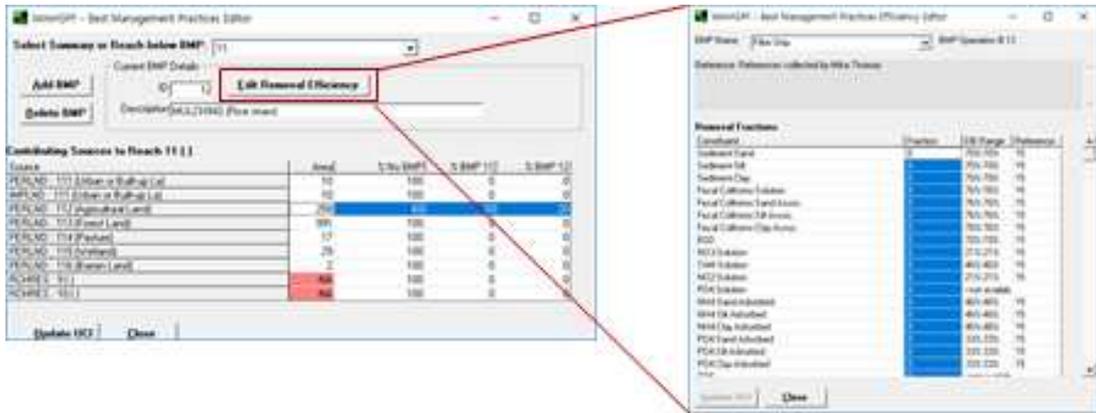
제 2 절 골지천 유역의 유역모델을 이용한 최적관리기법 적용 방안

1. 비점오염 저감대책을 위한 장래 예측방안

가. 유역 토지의 최적관리기법(BMPs)

(1) 비구조적 BMPs

- 골지천 유역 내 농업지역의 토지 상 이루어질 수 있는 비구조적 BMPs는 대부분 영농기법 개선을 위주로 하며, 이러한 기법은 강수가 직접 낙하하고, 유출의 초기 단계인 면상 흐름이 발생하는 지표에 적용하는 것이 합리적임
- 따라서 단순 적용면적비로 반영되는 BMPRAC 모듈(HSPF 내장)을 활용하여 적용 가능함
 - BMPRAC은 총 31개의 BMPs에 대해 지원하고, 이에 대한 데이터베이스를 기본 내장하고 있으며, 이 외 면적에 기초하여 적용하는 성격의 별도 BMPs가 요구될 경우, 새로운 기법을 생성하고 문헌조사 등을 통해 취득한 처리효율을 적용할 수 있음



(a) BMPRAC 모듈을 활용한 BMPs 생성 및 저감효율 적용 예시



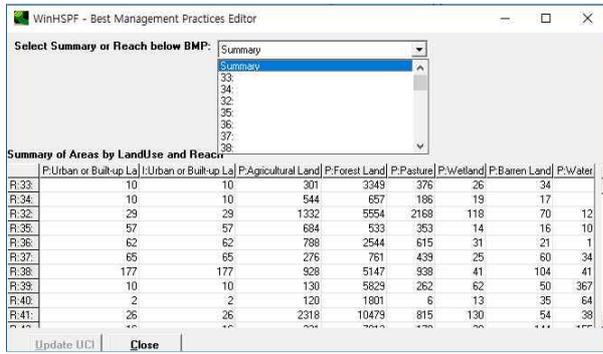
(b) 유역 토지의 기존 BMPRAC 적용개념

<Fig. 3-3> BMPRAC을 이용한 유역 토지에서 비구조적 BMPs 적용방안

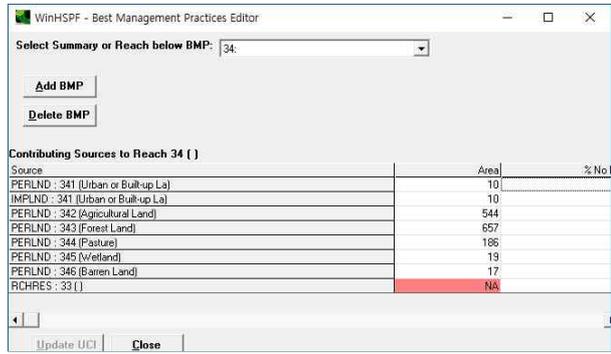
<Table 3-2> BMPRAC에서 기본 지원되는 최적관리기법

Best Management Practices in the BMPRAC		
Dry Detention	Water Quality Inlet	Downstream Defender
Wet Detention	Filter Strip	Infiltration Drainfields
Baffle Retention	Porous Pavement	StormTreat System (STS)
Baffle Box	Stormceptor®	Chlorine Disinfection
Water Quantity Pond	Voltechs™ System	Max Inline Storage
Sand & Grease Trap	Compost Storm Filter	CSO Retention Basins
Infiltration Basin	Catchbasin Inserts	Turf Reinforcement Mats
Infiltration Trench	Sedimentation Basin	Sewer Separation
Grassed Swale	Wet vault/tank	Gravel Filter
Constructed Wetland	Oil/Water Separator	Bioretention
Sand Filter	Other New BMPs	

- BMP Editor를 활성화시키고 적용 대상 소유역을 지정한 후 BMP를 추가(Add BMP)하면, 각 토지이용별 적용면적비를 결정할 수 있는데, 농업지역의 경우 Agricultural land를 선택하여 %BMP항에 계획면적비를 입력하면 자동적으로 면적이 계산되어 입력됨



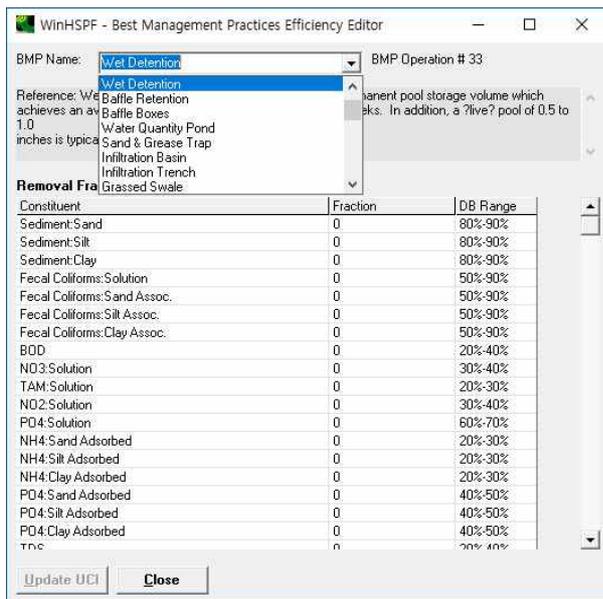
(a) 대상소유역 선정



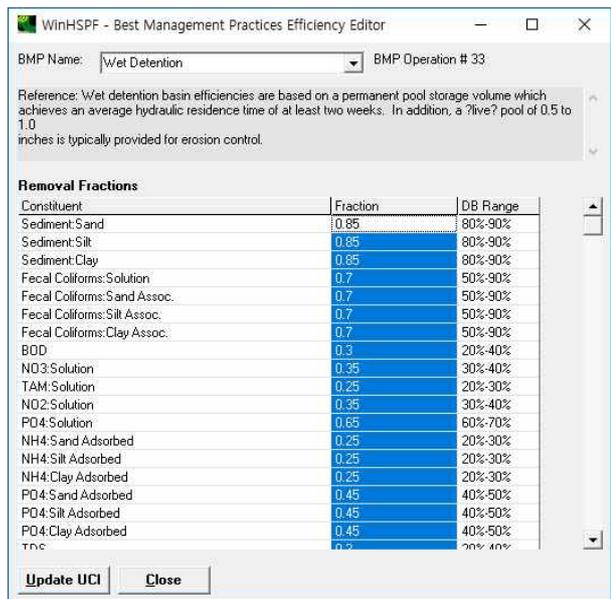
(b) 적용 토지이용 및 면적비 결정

<Fig. 3-4> BMPRAC의 지정방법

- BMP 종류의 선택은 Edit Efficiency기능을 통해, BMP Efficiency Editor 창을 열면, 이미 데이터베이스로 지원되고 있는 31개의 BMPs는 DB Range 항목에 참고문헌을 바탕으로 제시되는 저감효율의 범위가 제공되며, 이 범위 안에서 지정하거나, 혹은 사용자가 별도의 문헌조사를 통해 업데이트 가능함
- 한편, 데이터베이스로 제공되지 않는 새로운 BMP를 적용하고자 할 경우, Other New BMPs를 선택한 후, 설계효율이나 계획된 저감효율, 혹은 문헌조사를 통한 효율을 지정하고, 이 기법의 이름을 별도로 저장할 수 있음



(a) 계획 BMP 선택



(b) BMP 효율(문헌/설계-계획효율)

<Fig. 3-5> BMPRAC의 구성방법

- 한편, 기존 영농기법으로부터 개선되는 부분에 대해서는 유역모델의 보정/검증에 앞서 SPEC-ACTIONS 모듈을 통해, 미리 영농활동의 특성을 반영한 후, 시나리오의 하나로서 영농활동의 변화를 적용할 경우, 시비저감, 무경운 재배 등 영농개선에 대한 부분을 고려할 수 있음
- SPEC-ACTIONS 모듈을 적용하기 위해서는 HSPF의 해당 PERLND(Agricultural land)의 토양 함수(MSTLAY) 및 SS가 기본적으로 함께 모의되어야 하며, 이러한 부모모듈(Sub-modules)은 WinHSPF의 Control card에서 활성화 가능함
- SPEC-ACTIONS는 매년 유사한 시기에 반복적으로 수행하거나, 강우 시 조건 및 작업의 시간적 분포 등을 설정할 수 있는데, 예를 들면, 해당 소유역에서 모의하는 10년 동안 매년 4월 초 파종(Planting)을 수행하되, 10일 간 격일로 균등(fraction으로 분할)하게 실시하며, 강우가 발생할 경우 하루씩 순차적으로 지연시키는 등의 명령을 지정하는 것이 가능함

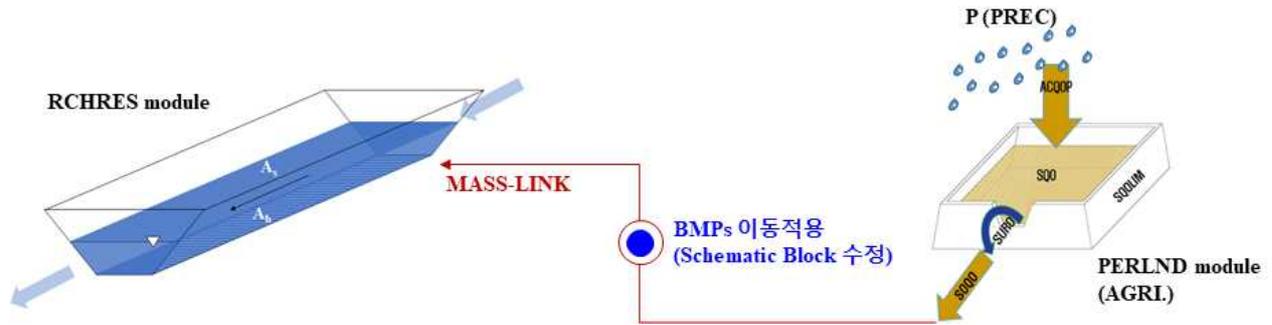
<Table 3-3> SPEC-ACTIONS 모듈을 통해 제공되는 영농활동

Agricultural Actions in the SPEC-ACTIONS	
Plowing	Pesticide Application
Planting	Manure Application
Row Cultivation	Nitrogen Fertilizer Application
Harvest	Phosphorus Fertilizer Application

(2) 구조적 BMPs

- 산간지역의 밭(고랭지 밭)과 같은 농업지역에서 적용될 수 있는 구조적 BMPs는 대부분 강우-유출수가 일정 방향성을 갖고 해당 BMPs가 설치된 지역을 관통하는 형태(침사조, 사면보호 등)를 가짐
- 이러한 경우, 단순 면적에 따라 적용되는 BMPRAC을 직접적으로 활용할 경우, 설치면적에 낙하된 강우-유출에 대해서만 저감효과가 반영되므로 적절히 모의되기 어려움
- 따라서 해당하는 배수구역의 강우-유출수가 모인 후, 적용시설을 직접 관통하는 구조가 필요하며, 이에 생성된 BMPs를 유역모델 내 SCHEMATIC 네트워크를 수정하여 유역토지(PERLND) 내부가 아닌, 유역토지(PERLND)와 하천(RCHRES) 간 전달 경로로 이동 적용할 필요가 있음
- 생성방법은 '(1) 비구조적 BMPs'에서 제시된 바와 같으며, 오염물질 저감의 대상으로 하는 해당 토지이용에서의 유출수가 생성된 BMPs로 전달된 후, 일정 저감효율의 영향을 받은 후 하천으로 유출됨
- 비구조적 BMPs의 적용방법에서는 면적비에 따라, BMPs를 적용하는 대상 토지이용면적에서의

강우-유출수 만이 일정 저감효율에 의해 처리된 후 하천으로 전달되고, 그 외 토지이용면적에서는 기존과 동일한 유출기작을 가지는 반면, 본 방법에서는 BMPs를 적용하는 면적과 관계없이, 대상으로 하는 모든 유출수가 BMPs 시설을 지나도록 만든다는 점이 다름



<Fig. 3-6> PERLND-RCHRES 간 BMPRAC 이동 적용(안)

- BMPs를 이동 적용하기 위해서는 아래와 같은 절차를 따를 필요가 있음

- i. 대상 소유역에 해당하는 BMPs 생성
- ii. Schematic block에서 해당 BMPs를 적합 경로로 이동
- iii. 소유역 해당 토지이용으로부터 유출수가 모두/일부 관통할지 여부에 따라 면적비 결정

SCHMATIC	<-Area-->	<-Volume-->	<ML#>	***	<sb>
<-Volume-->	<-factor-->	<Name>	x	***	x x
PERLND 241	4	RCHRES 24	2		
IMPLND 241	4	RCHRES 24	1		
PERLND 242	236.0	RCHRES 24	2		
PERLND 243	3059	RCHRES 24	2		
PERLND 247	4	RCHRES 24	2		

(a) 일반 소유역 네트워크

SCHMATIC	<-Area-->	<-Volume-->	<ML#>	***	<sb>
<-Volume-->	<-factor-->	<Name>	x	***	x x
PERLND 241	4	RCHRES 24	2		
IMPLND 241	4	RCHRES 24	1		
PERLND 242	212.5	RCHRES 24	2		
PERLND 242	23.6	BMPRAC 24	7		
PERLND 243	3059	RCHRES 24	2		
PERLND 247	4	RCHRES 24	2		
BMPRAC 24		RCHRES 24	6		

(b) 일반 BMPs(면적비 10%) 네트워크

SCHMATIC	<-Area-->	<-Volume-->	<ML#>	***	<sb>
<-Volume-->	<-factor-->	<Name>	x	***	x x
PERLND 241	4	RCHRES 24	2		
IMPLND 241	4	RCHRES 24	1		
PERLND 242	236.0	BMPRAC 24	7		
PERLND 243	3059	RCHRES 24	2		
PERLND 247	4	RCHRES 24	2		
BMPRAC 24		RCHRES 24	6		

(c) 이동 적용한 BMPs(총 유출수 관통) 네트워크

SCHMATIC	<-Area-->	<-Volume-->	<ML#>	***	<sb>
<-Volume-->	<-factor-->	<Name>	x	***	x x
PERLND 241	4	RCHRES 24	2		
IMPLND 241	4	RCHRES 24	1		
PERLND 242	118.0	RCHRES 24	2		
PERLND 242	118.0	BMPRAC 24	7		
PERLND 243	3059	RCHRES 24	2		
PERLND 247	4	RCHRES 24	2		
BMPRAC 24		RCHRES 24	6		

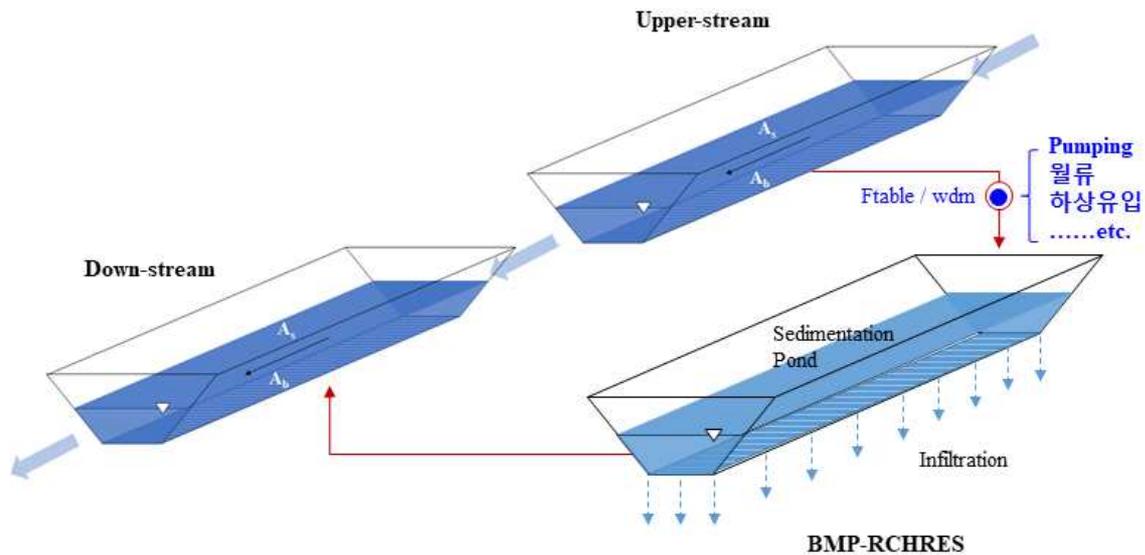
(d) 이동 적용한 BMPs(일부 유출수 관통) 네트워크

<Fig. 3-7> BMPRAC의 이동 적용 방법(안)

(3) 하천 구간에서의 구조적 BMPs

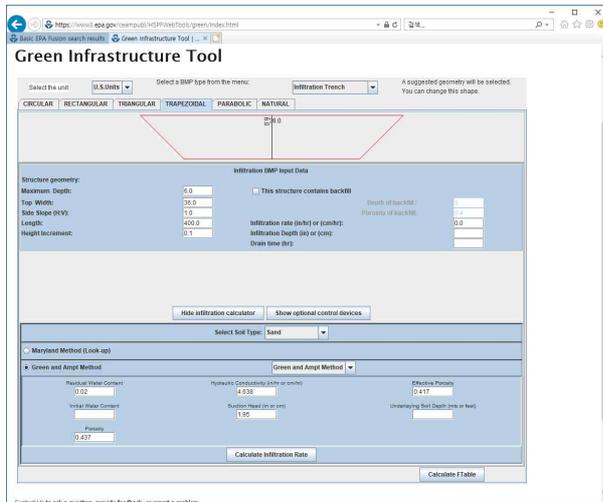
- 대상유역 하천 구간에서의 구조적 BMPs는 대부분 하천 취수-처리-방류의 구조를 가지고 있으며, 하천변 침사지가 대표적임
- BMP Reach Toolkit을 활용하여, 침투형(Green tool)과 비침투형(Gray tool) 시설을 모델의 하천

구간에 적용할 수 있으며, 국립환경과학원(2015)의 선행연구에서도 방법론이 제시된 바 있음

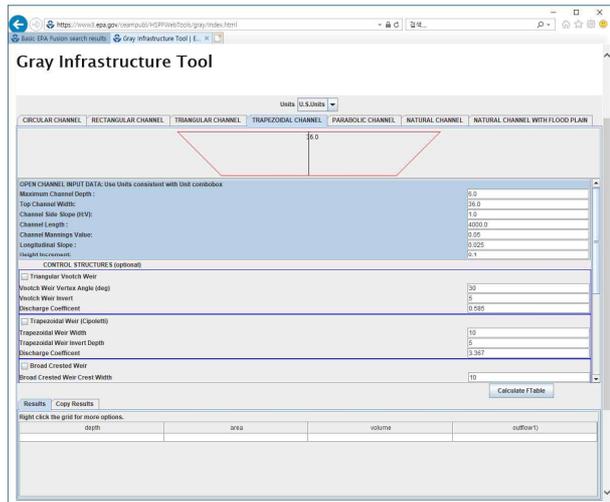


<Fig. 3-8> BMP Reach Toolkit을 이용한 하천 저감시설 적용(안)

- 유역모델 HSPF는 매우 포괄적이고 높은 적용성을 가진 유역모형이며, 유역 토지(PERLND, IMPLND)에서의 BMPs 적용을 표현하기 위한 Bmprac 등의 모듈이 별도로 제공되지만, 침사 지나 침투시설 등을 포함하여 하천구간에서의 BMPs 시설을 직접적으로 적용하기에는 한계가 있었음(Lee, 2011)
- 이에 U. S. EPA. (2007)는 유하구간에서의 구조적 LID(Low impact development; 저영향개발) 시설 적용이나, 하천구간에서 BMP 등을 통한 오염물질 저감을 표현할 수 있도록 HSPF의 UCI(User control input)파일을 수정할 수 있는 Web-based toolkit을 개발하여 홈페이지 상에서 제공하였으며, BASINS ver.4.11(2015년 9월 25일)부터는 WinHSPF 자체에 그 기능이 포함되어 BMP Reach Toolkit이라는 이름의 추가적인 모듈로 제공하고 있음(U. S. EPA, 2015)
- o BMP Reach Toolkit은 WinHSPF3.0 (BASINS 4.11이상)에서 기본 제공되고 있으며, 그 이하 버전에서 사용할 경우, <https://www3.epa.gov/ceampubl/HSPFWebTools/green/index.html>, 또는 <https://www3.epa.gov/ceampubl/HSPFWebTools/gray/index.html>을 통해 Web version의 Green tool(Green infrastructure tool)이나 Gray tool(Gray infrastructure tool)을 활용할 수 있음
- o 하천 구간 내 하천이 통과하는 구조적 BMPs를 적용하기 위해서는 해당 구조물의 수면 폭(Top width)과 길이(Length), 경사면의 구배(Side slope), 넓이(Area), 유입부로부터 유출부까지의 경사(Slope) 등의 수리적·구조적 특성을 정리해야 하며, 침투가 가능한 시설의 경우, 침투속도를 지정하거나 Green tool의 Maryland method 혹은 Green-ampt method를 통해 산정할 수 있음



(a) Green tool



(b) Gray tool

<Fig. 3-9> BMP Reach Toolkit

- 한편, 하천 변에 위치하는 저감시설의 경우, Upper-stream의 RCHRES module로부터 하류 (Down-stream RCHRES)로 전달하는 경로를 분기하여 설계유입량 혹은 계획량을 일정 효율에 따라 처리한 후 하류로 전달하게 되며, 이 때 분기방법에 있어서는 고정량(Pumping) 혹은 가변 고정량 유입(비강우시/강우시 Pumping량 변동 시) 방법, 월류(Overflow), 하상유입 등을 고려할 수 있음
- 고정량 유입(Pumping) 방법은 FTABLE을 활용하여 Pump가 설치된 깊이, 혹은 가장 수심이 깊은 부분에서 일정량의 통수요구량을 정의하여 지속 취수하도록 하는데, Upper-stream RCHRES의 RCHRES GEN-INFO block과 HYDR-PARM1 block, FTABLE 상에 2개의 통수 Gate(Gate 1; 하류로 Bypass, Gate2; 침사지 등 저감시설로 유입)가 미리 설정되어 있어야 함
- 가변 고정량 유입(Pumping량 변동)은 비강우시와 강우시 Pump 가동량이 변경되는 방법으로, 일반적으로 비강우시 양수량과 강우시 양수량은 각기 고정적이며, 일정 수위 이상 증가될 경우 강우시 양수량으로 변경된다는 점에서, 고정량 유입 방법과 유사하되 FTABLE의 수심에 따른 통수요구량 분기방법을 적절히 분배할 필요가 있음
- 월류(Overflow) 방법은 일정 수심 이상의 상황에서 저감시설로 유입되는 방법으로, 보통 강우에 의해 수심이 증가되었을 경우 유입되는 방식의 Dry detention 시설에 적합하며, 고정량 유입방법과 유사한 방식으로 Gate를 설정하되, FTABLE 상에서 저감시설로 유입되는 Gate(Gate2)의 통수요구량을 특정 수심까지는 0으로, 월류 높이부터 계획유량만큼 Gate1으로부터 분기시킴
- 하상유입 방법은 강우시/비강우시와 관계없이 항상 저감시설로 유입되는 방법으로, 유입관이 매설된 수심 구간에서 계획유입량 만큼, 혹은 전량(보를 비롯한 하천수리구조물을 설치한 경우) Gate2로 유입시키도록 함

- 하류(Down-stream RCHRES)로 전달하는 과정에서 Gate1과 Gate2의 물질 전달량을 개별적으로 조절할 수 있으며, Gate1의 유량과 물질량은 그대로 하류로 전달하고, Gate2의 유량은 전달하되, 오염물질의 경우 저감시설의 설계효율 만큼 factor 값으로 적용하여 처리된 후 하류로 전달하면 유량은 보존되지만 오염물질량은 일정수준 저감되어, 희석과 같은 효과가 나타남
- 이러한 방법은 하류구간(Down-stream RCHRES)에 있어서, 상류의 유량변동 상황에 따라 저감효율의 영향을 받는 유량과 오염물질량도 시간적으로 지속 변동되기 때문에 설계효율이 고정되어 있더라도, 하류의 수질은 상류 상황에 따라 동적으로 변화됨

<부록 1> 유량 및 수질 분석결과(새만금)

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s/cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)	
2018-06-11	14:00	금구천	7.8	0.498	133.0	16.2	783.3	1.397	0.690	12.422	0.850	2.800	13.6	0.321
2018-06-11	16:00	금구천	7.8	0.427	90.2	2.7	205.3	1.023	0.611	12.162	0.800	2.650	12.9	0.541
2018-06-11	18:00	금구천	7.9	0.482	80.4	1.3	135.3	0.774	0.428	11.022	0.880	2.500	15.2	0.750
2018-06-11	20:00	금구천	7.8	0.565	30.1	5.5	63.3	0.754	0.406	10.472	0.940	2.950	15.6	0.452
2018-06-11	22:00	금구천	8.0	0.430	28.7	9.8	57.3	0.629	0.300	12.112	1.220	3.540	17.0	0.172
2018-06-12	0:00	금구천	7.9	0.412	26.1	10.1	51.3	0.788	0.335	11.522	1.050	3.400	18.1	0.107
2018-06-12	2:00	금구천	7.9	0.469	26.4	7.8	57.3	0.474	0.225	11.652	1.150	2.550	16.0	0.032
2018-06-12	4:00	금구천	7.9	0.504	21.9	8.8	50.3	0.455	0.219	11.122	0.950	2.350	16.2	0.025
2018-06-12	6:00	금구천	7.9	0.498	23.4	5.2	53.3	0.410	0.200	10.442	0.900	2.220	15.3	0.015
2018-06-12	8:00	금구천	8.0	0.473	20.2	5.5	47.3	0.405	0.195	9.802	0.510	2.030	14.9	0.010
2018-06-12	10:00	금구천	7.9	0.488	17.9	7.2	43.3	0.401	0.195	8.969	0.220	1.950	14.6	0.006
2018-06-12	12:00	금구천	7.9	0.496	17.0	7.0	42.3	0.443	0.225	9.078	0.220	2.000	14.7	0.009
2018-06-25	22:00	금구천	7.5	1.053	196.0	8.3	642.6	0.530	0.325	4.581	0.240	4.450	17.1	0.039
2018-06-25	0:00	금구천	7.5	0.529	109.0	7.5	492.6	0.855	0.375	4.674	0.330	4.330	13.4	0.063
2018-06-26	2:00	금구천	7.5	0.385	111.0	7.2	544.6	1.079	0.750	5.241	0.220	4.000	10.0	1.588
2018-06-26	4:00	금구천	7.5	0.301	111.0	6.6	322.6	1.225	0.850	4.737	0.450	3.880	8.9	10.788
2018-06-27	6:00	금구천	7.4	0.216	112.0	4.8	338.6	1.593	0.920	4.258	0.830	3.700	9.2	7.516

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-27 8:00	금구천	7.4	0.212	72.4	2.5	140.6	0.855	0.660	3.813	0.830	2.990	8.1	6.194
2018-06-27 10:00	금구천	7.4	0.211	54.3	1.3	54.6	0.708	0.550	3.533	0.770	2.780	7.9	4.386
2018-06-27 12:00	금구천	7.4	0.227	30.2	1.5	42.6	0.652	0.450	3.655	0.720	2.550	8.9	3.308
2018-06-27 14:00	금구천	7.4	0.232	30.8	0.8	48.6	0.541	0.240	3.708	0.840	2.270	8.8	1.672
2018-06-27 16:00	금구천	7.4	0.250	27.1	0.5	22.6	0.512	0.240	3.428	0.650	2.210	8.6	0.982
2018-06-27 18:00	금구천	7.5	0.260	25.0	0.4	86.6	0.487	0.200	3.195	0.550	2.150	8.9	0.897
2018-06-27 20:00	금구천	7.5	0.262	24.4	0.5	44.6	0.356	0.190	3.267	0.650	2.220	8.5	0.604
2018-06-28 -	금구천	8.0	468.000	7.5	0.8	8.1	0.334	0.120	3.241	0.110	2.880	8.9	-
2018-07-20 -	금구천	8.6	518.000	3.5	0.2	9.3	0.247	0.180	5.015	0.050	2.690	5.2	-
2018-08-22 -	금구천	8.7	219.000	2.4	0.5	6.3	0.255	0.120	2.557	0.182	2.120	4.1	-
2018-08-23 17:00	금구천	7.7	1.213	10.7	8.5	20.3	0.493	0.400	4.262	0.060	2.530	20.1	0.016
2018-08-23 19:00	금구천	7.6	0.741	15.6	9.0	53.1	0.745	0.610	6.271	0.770	4.120	15.8	0.048
2018-08-23 21:00	금구천	7.6	0.735	27.7	9.9	116.3	0.848	0.640	6.531	0.700	3.910	15.3	0.381
2018-08-23 23:00	금구천	7.7	0.545	40.2	8.5	155.8	0.815	0.590	4.937	0.620	3.810	11.3	0.112
2018-08-24 1:00	금구천	7.7	0.358	47.5	7.9	182.3	0.824	0.660	4.507	0.540	3.170	11.1	0.694
2018-08-24 3:00	금구천	7.7	0.318	43.2	6.5	162.9	0.652	0.580	4.630	0.510	3.520	10.6	5.106
2018-08-24 5:00	금구천	7.7	0.244	30.0	3.5	57.3	0.574	0.520	4.430	0.530	3.710	9.2	2.471
2018-08-24 7:00	금구천	7.7	0.297	21.4	4.5	34.5	0.584	0.490	3.559	0.420	3.010	9.6	1.298

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)	
2018-08-24	9:00	금구천	7.9	0.269	15.0	5.0	33.3	0.566	0.500	3.379	0.290	2.800	10.4	1.737
2018-08-24	11:00	금구천	7.9	0.267	14.6	4.5	25.1	0.526	0.480	3.130	0.300	2.810	10.2	1.434
2018-08-24	13:00	금구천	9.0	0.474	13.1	4.4	20.3	0.536	0.460	3.025	0.340	3.190	10.3	1.024
2018-08-24	15:00	금구천	9.0	0.354	12.9	4.2	18.2	0.315	0.210	2.723	0.210	2.510	8.5	0.758
2018-08-26	18:00	금구천	7.9	0.532	33.8	2.5	201.3	0.617	0.570	4.533	0.200	2.870	9.5	7.015
2018-08-26	20:00	금구천	7.9	0.413	30.2	3.5	152.2	0.512	0.482	3.742	0.222	2.915	8.0	4.539
2018-08-26	22:00	금구천	7.9	0.267	27.2	3.7	95.3	0.428	0.320	3.627	0.110	3.020	7.4	3.525
2018-08-27	0:00	금구천	8.0	0.248	31.2	3.5	83.4	0.553	0.477	4.215	0.190	3.125	7.5	3.100
2018-08-27	2:00	금구천	8.0	0.182	50.2	3.6	81.3	0.620	0.530	4.483	0.180	3.360	7.4	3.382
2018-08-27	4:00	금구천	8.0	0.192	29.8	3.8	44.2	0.514	0.482	3.990	0.150	3.215	7.1	2.611
2018-08-27	6:00	금구천	8.0	0.169	21.2	4.1	31.3	0.430	0.290	3.744	0.110	3.220	6.7	1.769
2018-08-27	8:00	금구천	8.0	0.164	20.2	3.5	23.2	0.388	0.282	3.423	0.100	3.115	6.5	2.859
2018-08-27	10:00	금구천	7.9	0.185	13.6	2.9	22.3	0.345	0.310	3.454	0.100	3.040	6.4	7.680
2018-08-27	12:00	금구천	7.9	0.179	14.6	2.5	27.5	0.426	0.375	3.149	0.150	2.753	6.0	3.994
2018-08-27	14:00	금구천	7.9	0.174	20.2	1.6	32.3	0.555	0.490	3.728	0.200	2.680	6.7	4.328
2018-08-27	16:00	금구천	7.9	0.170	21.2	1.2	30.3	0.248	0.215	3.709	0.180	2.685	6.9	3.731
2018-09-14	-	금구천	7.5	281.000	6.3	2.9	18.0	0.080	0.010	3.183	0.060	2.620	3.4	-
2018-09-21	5:00	금구천	8.0	0.792	2.2	0.8	16.3	0.403	0.330	3.539	0.110	2.490	3.6	0.006

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)	
2018-09-21	7:00	금구천	8.0	0.651	3.0	0.8	12.3	0.411	0.384	4.395	0.155	3.111	3.8	0.026
2018-09-21	9:00	금구천	8.1	0.546	3.3	0.7	13.3	0.463	0.350	4.649	0.190	3.340	4.4	0.411
2018-09-21	11:00	금구천	8.0	0.436	5.2	1.5	21.3	0.655	0.487	6.019	0.210	4.515	6.3	0.395
2018-09-21	13:00	금구천	8.0	0.321	8.2	2.8	27.3	0.761	0.540	5.281	0.210	4.250	6.3	0.410
2018-09-21	15:00	금구천	8.0	0.306	7.6	1.8	19.3	0.615	0.466	4.864	0.284	4.111	6.3	0.103
2018-09-21	17:00	금구천	7.9	0.271	7.1	0.3	18.3	0.517	0.380	4.868	0.200	4.340	6.5	0.034
2018-09-21	19:00	금구천	7.9	0.315	6.0	1.1	12.3	0.511	0.351	5.005	0.274	4.456	6.1	0.002
2018-09-21	21:00	금구천	7.9	0.382	6.3	1.6	11.3	0.425	0.320	5.271	0.200	4.520	6.0	0.002
2018-09-21	23:00	금구천	8.0	0.382	5.2	1.3	12.3	0.435	0.298	5.262	0.251	4.519	6.0	0.020
2018-09-22	1:00	금구천	8.0	0.368	4.2	0.8	10.3	0.451	0.320	4.852	0.190	4.330	5.7	0.030
2018-09-22	3:00	금구천	8.0	0.354	3.9	0.8	8.3	0.395	0.320	5.382	0.190	4.751	5.4	0.007
2018-10-05	5:00	금구천	7.8	0.616	77.3	5.8	286.7	0.635	0.420	4.111	0.120	3.080	13.2	0.333
2018-10-05	7:00	금구천	7.8	0.552	47.4	5.3	219.0	0.601	0.420	4.802	0.220	3.200	12.5	0.029
2018-10-05	9:00	금구천	7.8	0.483	47.1	2.9	217.7	0.532	0.370	4.935	0.330	3.560	10.7	0.045
2018-10-05	11:00	금구천	7.8	0.419	49.1	1.5	142.4	0.555	0.380	5.057	0.280	3.550	8.8	0.408
2018-10-05	13:00	금구천	7.8	0.401	56.7	0.6	149.1	0.677	0.390	4.757	0.310	3.600	7.6	0.500
2018-10-05	15:00	금구천	7.8	0.319	36.5	0.8	68.0	0.712	0.410	4.494	0.280	3.510	8.4	2.490
2018-10-05	17:00	금구천	7.8	0.273	27.5	0.9	34.7	0.798	0.450	4.347	0.280	3.510	8.2	2.355

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-05	19:00	금구천	7.8	0.301	18.8	1.3	26.0	0.521	0.380	3.995	0.250	3.330	7.5	2.567
2018-10-05	21:00	금구천	7.8	0.313	16.9	1.6	27.4	0.284	0.150	4.034	0.190	3.150	6.6	1.585
2018-10-05	23:00	금구천	7.8	0.310	15.6	2.2	20.8	0.651	0.460	3.847	0.210	3.000	7.8	2.491
2018-10-06	1:00	금구천	8.0	0.353	16.4	2.7	43.1	0.997	0.680	3.868	0.240	3.270	5.5	3.275
2018-10-06	3:00	금구천	8.1	0.329	16.4	2.3	27.7	0.611	0.500	3.938	0.220	3.270	5.1	3.835
2018-10-11	-	금구천	7.8	415.000	76.4	8.4	297.4	0.266	0.150	4.159	0.100	2.470	5.2	-
2018-11-08	-	금구천	8.0	305.000	38.4	3.9	297.3	0.200	0.090	3.399	0.110	2.400	4.2	-
2018-12-01	-	금구천	8.0	0.285	2.2	1.1	17.0	0.265	0.110	6.508	0.185	2.255	5.9	-
2018-06-12	8:00	군포교	7.8	0.284	20.1	4.4	44.2	0.212	0.088	5.009	0.150	1.660	6.8	5.162
2018-06-12	10:00	군포교	7.8	0.274	17.7	4.3	33.7	0.162	0.070	5.077	0.180	1.750	6.8	5.162
2018-06-12	12:00	군포교	7.8	0.277	16.4	4.3	30.2	0.155	0.050	4.906	0.160	1.330	6.8	5.162
2018-06-25	22:00	군포교	7.5	0.248	181.0	2.7	1480.6	1.678	1.259	3.349	0.880	2.970	7.5	3.536
2018-06-25	0:00	군포교	7.5	0.226	162.0	3.3	1216.6	1.346	1.010	3.916	0.780	2.880	9.3	56.904
2018-06-26	2:00	군포교	7.4	0.206	113.0	4.9	998.6	0.976	0.750	3.997	0.650	2.910	8.4	34.426
2018-06-26	4:00	군포교	7.4	0.200	111.0	4.5	526.6	0.956	0.650	3.957	0.780	2.870	9.5	107.080
2018-06-27	6:00	군포교	7.4	0.198	107.0	3.8	686.6	0.987	0.810	5.340	1.280	4.039	8.3	175.310
2018-06-27	8:00	군포교	7.4	0.197	108.0	3.4	752.6	0.975	0.810	3.959	0.880	2.870	9.4	176.130
2018-06-27	10:00	군포교	7.4	0.191	105.0	3.4	628.6	1.008	0.780	3.940	0.780	2.910	7.3	137.480

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-27 12:00	군포교	7.4	0.190	105.0	4.2	658.6	1.008	0.650	3.815	0.750	2.910	7.3	100.800
2018-06-27 14:00	군포교	7.5	0.191	105.0	4.9	190.6	1.172	0.780	3.980	1.170	3.270	8.4	73.333
2018-06-27 16:00	군포교	7.5	0.192	94.2	4.5	130.6	1.359	0.910	4.186	0.880	3.330	9.5	59.448
2018-06-27 18:00	군포교	7.5	0.192	103.0	4.5	314.6	1.554	1.120	3.996	0.750	2.910	8.5	45.306
2018-06-27 20:00	군포교	7.5	0.194	106.0	4.0	316.6	1.228	0.780	3.752	0.650	2.770	7.5	34.049
2018-06-28 -	군포교	8.5	265.000	31.1	2.8	16.7	0.266	0.020	3.009	0.210	2.170	7.4	-
2018-07-20 -	군포교	8.8	258.000	9.1	2.3	12.5	0.108	0.020	1.924	0.120	1.250	4.1	-
2018-08-22 -	군포교	9.1	212.000	9.6	2.3	7.3	0.125	0.020	1.716	0.043	1.545	4.1	-
2018-08-23 17:00	군포교	8.0	0.274	28.2	3.9	73.3	0.202	0.080	1.547	0.120	1.270	4.2	4.629
2018-08-23 19:00	군포교	7.9	0.246	27.2	2.5	88.1	0.171	0.090	1.727	0.220	1.330	4.6	6.510
2018-08-23 21:00	군포교	8.0	0.220	23.7	2.1	103.3	0.167	0.080	1.742	0.110	1.070	4.2	6.658
2018-08-23 23:00	군포교	8.0	0.268	21.3	2.1	89.3	0.151	0.080	1.702	0.210	1.120	4.4	6.658
2018-08-24 1:00	군포교	7.9	0.219	20.9	2.4	42.3	0.129	0.070	1.762	0.130	1.450	3.8	17.254
2018-08-24 3:00	군포교	7.9	0.249	36.3	3.0	55.2	0.185	0.080	2.333	0.180	1.880	5.3	59.754
2018-08-24 5:00	군포교	7.9	0.257	41.6	3.5	89.3	0.198	0.120	2.252	0.260	1.250	4.9	43.002
2018-08-24 7:00	군포교	7.9	0.301	40.2	3.0	70.2	0.201	0.160	2.143	0.270	1.810	4.6	30.068
2018-08-24 9:00	군포교	7.9	0.334	34.3	2.6	64.3	0.206	0.100	1.952	0.210	1.740	4.4	20.698
2018-08-24 11:00	군포교	7.9	0.315	35.5	3.5	92.2	0.208	0.120	1.902	0.150	1.650	4.6	17.254

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-24 13:00	군포교	7.9	0.271	28.3	4.3	132.3	0.210	0.110	2.547	0.190	1.480	5.5	17.254
2018-08-24 15:00	군포교	7.9	0.294	24.2	3.5	100.2	0.188	0.180	3.298	0.250	2.150	5.4	17.254
2018-08-26 18:00	군포교	7.8	0.210	65.1	8.4	239.3	0.177	0.090	2.075	0.190	1.380	5.6	96.748
2018-08-26 20:00	군포교	7.8	0.222	62.2	6.5	203.1	0.158	0.122	2.265	0.170	1.315	5.6	190.530
2018-08-26 22:00	군포교	7.8	0.226	61.9	5.3	160.3	0.120	0.070	2.400	0.110	1.220	6.3	183.310
2018-08-27 0:00	군포교	7.8	0.234	70.2	6.0	212.0	0.185	0.125	2.329	0.150	1.158	5.4	145.200
2018-08-27 2:00	군포교	7.8	0.194	79.8	6.4	273.3	0.259	0.150	2.997	0.210	1.680	5.4	111.910
2018-08-27 4:00	군포교	7.8	0.190	122.0	5.7	401.1	0.351	0.285	3.990	0.210	2.153	7.5	88.364
2018-08-27 6:00	군포교	7.8	0.161	198.0	5.6	443.3	0.419	0.220	4.367	0.200	2.540	7.4	71.317
2018-08-27 8:00	군포교	7.8	0.159	144.0	5.5	389.2	0.345	0.245	4.075	0.220	2.423	5.7	61.473
2018-08-27 10:00	군포교	7.8	0.152	137.0	5.4	316.3	0.336	0.210	4.348	0.220	2.620	7.0	131.720
2018-08-27 12:00	군포교	7.8	0.153	100.0	6.5	266.1	0.343	0.265	3.824	0.210	2.018	6.1	136.060
2018-08-27 14:00	군포교	7.7	0.149	74.4	7.2	248.3	0.296	0.190	3.639	0.200	2.590	6.9	228.690
2018-08-27 16:00	군포교	7.7	0.140	50.2	6.5	201.1	0.215	0.145	3.425	0.220	1.875	6.0	211.520
2018-09-14 -	군포교	8.3	246.000	4.7	5.9	27.0	0.070	0.010	3.756	0.120	2.290	3.8	-
2018-09-21 5:00	군포교	7.9	0.246	38.9	6.5	550.3	0.180	0.100	3.320	0.100	2.710	4.7	21.950
2018-09-21 7:00	군포교	7.8	0.240	31.6	3.5	428.3	0.155	0.080	3.048	0.120	2.115	3.4	21.950
2018-09-21 9:00	군포교	7.8	0.221	22.2	3.2	297.3	0.127	0.070	3.033	0.100	2.100	3.2	21.950

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-09-21	11:00	군포교	7.9	0.206	20.5	3.3	231.3	0.135	0.080	3.067	0.110	2.100	3.1	21.950
2018-09-21	13:00	군포교	7.9	0.196	17.1	2.3	209.3	0.148	0.080	3.081	0.110	2.010	3.1	31.645
2018-09-21	15:00	군포교	7.9	0.182	18.3	2.3	239.3	0.150	0.080	3.015	0.090	2.100	3.1	28.402
2018-09-21	17:00	군포교	7.9	0.173	19.9	2.3	308.3	0.150	0.090	2.820	0.090	1.820	3.0	24.104
2018-09-21	19:00	군포교	7.9	0.176	24.5	2.5	306.3	0.135	0.050	2.795	0.090	1.650	3.1	21.950
2018-09-21	21:00	군포교	7.9	0.173	26.2	3.7	281.3	0.129	0.040	2.783	0.070	1.760	3.0	21.950
2018-09-21	23:00	군포교	7.9	0.183	27.7	2.5	339.3	0.153	0.050	2.779	0.080	1.760	3.3	21.950
2018-09-22	1:00	군포교	7.9	0.192	28.3	1.0	400.3	0.178	0.060	2.999	0.080	1.770	3.3	21.280
2018-09-22	3:00	군포교	7.8	0.215	30.1	1.5	393.3	0.166	0.050	3.112	0.110	1.810	3.4	26.416
2018-10-05	5:00	군포교	7.8	0.255	95.0	2.2	756.7	0.125	0.060	2.314	0.130	2.080	4.1	17.312
2018-10-05	7:00	군포교	7.8	0.247	85.2	2.5	616.0	0.155	0.080	2.340	0.120	2.070	4.3	19.454
2018-10-05	9:00	군포교	7.8	0.234	65.7	1.8	485.4	0.201	0.110	2.390	0.100	1.910	4.3	21.665
2018-10-05	11:00	군포교	7.8	0.241	67.2	1.5	323.3	0.168	0.100	2.366	0.110	1.900	3.8	30.874
2018-10-05	13:00	군포교	7.8	0.219	67.9	0.7	389.7	0.153	0.090	2.613	0.150	1.820	3.5	39.522
2018-10-05	15:00	군포교	7.8	0.220	82.8	1.8	464.3	0.153	0.080	3.112	0.160	1.800	3.3	89.836
2018-10-05	17:00	군포교	7.8	0.217	107.6	1.6	460.1	0.145	0.090	3.146	0.180	1.810	4.1	156.440
2018-10-05	19:00	군포교	7.8	0.220	91.1	1.5	451.3	0.351	0.080	3.004	0.180	1.980	4.1	173.130
2018-10-05	21:00	군포교	7.8	0.225	89.4	1.6	262.7	0.740	0.560	3.027	0.160	2.290	3.7	157.350

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-05 23:00	군포교	7.8	0.231	73.9	2.5	245.3	0.517	0.380	2.835	0.160	2.100	3.9	194.050
2018-10-06 1:00	군포교	7.7	0.216	68.5	4.3	321.0	0.431	0.310	3.061	0.150	2.250	4.5	222.230
2018-10-06 3:00	군포교	7.7	0.224	62.1	4.3	303.6	0.322	0.190	3.278	0.140	2.250	4.8	252.130
2018-10-11 -	군포교	7.8	255.000	98.1	2.0	655.9	0.164	0.080	2.349	0.080	1.690	5.5	-
2018-11-08 -	군포교	8.1	238.000	47.6	2.4	330.2	0.119	0.040	2.607	0.080	1.840	5.5	-
2018-12-01 -	군포교	8.2	0.248	10.0	1.7	26.0	0.111	0.050	3.538	0.055	1.515	2.4	-
2018-06-11 14:00	동진대교	7.8	0.308	11.8	5.9	35.2	0.373	0.040	5.144	0.250	2.190	8.9	6.291
2018-06-11 16:00	동진대교	7.8	0.294	18.0	5.6	38.2	0.373	0.040	5.035	0.230	2.100	7.0	6.488
2018-06-11 18:00	동진대교	7.8	0.286	17.7	4.4	38.2	0.371	0.040	4.994	0.230	2.050	6.8	6.647
2018-06-11 20:00	동진대교	7.8	0.279	15.6	4.4	31.7	0.335	0.050	4.796	0.220	1.950	6.6	6.607
2018-06-11 22:00	동진대교	7.8	0.246	14.4	4.4	30.2	0.256	0.070	4.865	0.220	1.990	6.7	6.529
2018-06-12 0:00	동진대교	7.9	0.233	14.4	4.1	37.7	0.245	0.060	4.942	0.230	1.620	6.6	6.489
2018-06-12 2:00	동진대교	7.9	0.281	14.2	3.6	29.2	0.234	0.040	4.992	0.230	1.620	6.5	6.490
2018-06-12 4:00	동진대교	7.8	0.270	14.1	3.5	31.7	0.245	0.080	4.941	0.200	1.600	6.5	6.484
2018-06-12 6:00	동진대교	7.8	0.301	13.8	3.6	24.7	0.266	0.100	5.055	0.250	1.680	6.5	6.453
2018-06-12 8:00	동진대교	7.9	0.294	14.8	3.6	23.2	0.255	0.090	4.912	0.230	1.620	6.5	6.400
2018-06-12 10:00	동진대교	7.8	0.278	16.0	3.7	28.2	0.247	0.090	5.145	0.280	1.880	6.7	6.358
2018-06-12 12:00	동진대교	7.8	0.288	17.2	3.8	29.2	0.247	0.080	4.967	0.230	2.560	7.1	6.327

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-25	22:00	동진대교	8.0	0.289	37.0	0.6	266.3	0.238	0.080	2.495	0.120	1.670	7.5	4.422
2018-06-25	0:00	동진대교	8.0	0.289	34.5	0.5	98.3	0.238	0.080	2.413	0.220	1.670	7.1	24.363
2018-06-26	2:00	동진대교	8.0	0.287	31.3	0.3	316.3	0.248	0.110	2.341	0.250	1.590	7.4	44.228
2018-06-26	4:00	동진대교	8.0	0.294	34.2	0.3	76.3	0.266	0.150	2.181	0.360	1.540	7.9	88.019
2018-06-27	6:00	동진대교	7.9	0.305	36.9	0.3	45.3	0.280	0.210	2.412	0.350	1.710	7.8	176.870
2018-06-27	8:00	동진대교	7.9	0.272	102.0	1.5	187.3	0.356	0.250	2.826	0.450	1.880	7.3	205.960
2018-06-27	10:00	동진대교	7.8	0.252	170.0	2.9	166.3	0.566	0.090	3.376	0.740	0.090	6.7	176.920
2018-06-27	12:00	동진대교	7.8	0.234	145.0	4.5	104.6	0.798	0.150	4.583	0.740	3.910	8.5	139.580
2018-06-27	14:00	동진대교	7.7	0.206	117.0	5.6	548.6	1.097	0.440	4.020	0.830	3.889	7.1	106.400
2018-06-27	16:00	동진대교	7.7	0.199	135.0	5.0	532.6	0.765	0.330	3.786	0.250	1.670	6.8	88.379
2018-06-27	18:00	동진대교	7.7	0.187	145.0	3.6	654.6	0.705	0.280	4.065	0.310	1.880	7.8	73.892
2018-06-27	20:00	동진대교	7.6	0.181	149.0	3.3	558.6	0.722	0.550	4.083	0.750	2.150	7.9	59.680
2018-06-28	-	동진대교	8.2	285.000	14.3	1.1	15.2	0.213	0.010	2.404	0.150	2.170	6.0	-
2018-07-20	-	동진대교	8.7	262.000	14.4	5.0	15.7	0.188	0.120	1.752	0.150	1.010	4.4	-
2018-08-22	-	동진대교	9.3	255.000	14.1	3.4	21.3	0.267	0.040	1.473	0.061	1.236	4.5	-
2018-08-23	17:00	동진대교	7.7	0.238	37.0	2.8	115.3	0.141	0.090	1.221	0.220	0.480	4.5	6.545
2018-08-23	19:00	동진대교	7.8	0.264	32.2	3.0	92.5	0.152	0.110	1.031	0.150	0.510	4.6	7.493
2018-08-23	21:00	동진대교	7.8	0.218	27.0	3.0	75.3	0.162	0.070	1.230	0.140	0.440	5.1	8.687

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-23	23:00	동진대교	7.6	0.348	40.7	3.0	87.2	0.215	0.170	1.073	0.180	0.430	4.4	9.449
2018-08-24	1:00	동진대교	7.6	0.463	66.6	2.6	116.3	0.361	0.140	1.268	0.280	0.780	4.7	17.334
2018-08-24	3:00	동진대교	7.7	0.434	45.5	5.5	70.3	0.234	0.190	1.352	0.210	0.890	4.3	44.128
2018-08-24	5:00	동진대교	7.9	0.232	24.4	8.0	54.3	0.127	0.080	1.286	0.140	0.620	4.4	51.009
2018-08-24	7:00	동진대교	7.9	0.315	21.1	4.5	50.2	0.125	0.100	1.359	0.150	0.810	4.8	44.087
2018-08-24	9:00	동진대교	7.9	0.223	20.6	2.0	43.3	0.130	0.070	1.324	0.210	0.810	4.3	34.616
2018-08-24	11:00	동진대교	7.9	0.217	20.2	3.5	44.9	0.125	0.090	1.359	0.250	0.760	4.6	27.880
2018-08-24	13:00	동진대교	7.9	0.219	21.0	4.7	50.3	0.116	0.080	1.377	0.160	0.760	4.1	25.017
2018-08-24	15:00	동진대교	8.1	0.305	19.8	5.5	49.5	0.107	0.080	1.398	0.180	0.910	3.5	23.662
2018-08-26	18:00	동진대교	7.7	0.210	37.3	25.7	145.3	0.140	0.080	2.674	0.330	1.270	6.8	67.644
2018-08-26	20:00	동진대교	7.6	0.204	52.2	18.2	176.4	0.157	0.089	2.437	0.240	1.255	5.9	155.330
2018-08-26	22:00	동진대교	7.7	0.208	55.4	3.4	216.3	0.190	0.050	2.171	0.120	1.220	6.1	186.360
2018-08-27	0:00	동진대교	7.7	0.211	77.6	4.5	334.8	0.225	0.180	2.325	0.220	1.215	7.0	181.050
2018-08-27	2:00	동진대교	7.7	0.209	146.0	5.9	430.3	0.435	0.060	2.371	0.100	1.220	7.0	178.590
2018-08-27	4:00	동진대교	7.8	0.210	200.0	6.5	824.3	0.358	0.050	2.263	0.150	1.245	6.0	145.180
2018-08-27	6:00	동진대교	7.7	0.184	271.0	7.7	1171.1	0.328	0.050	2.776	0.120	1.440	7.6	109.090
2018-08-27	8:00	동진대교	7.7	0.196	875.0	15.5	2034.6	0.482	0.060	2.931	0.130	1.845	11.9	95.408
2018-08-27	10:00	동진대교	7.7	0.154	1603.0	29.5	3204.6	0.555	0.060	5.487	0.140	2.200	18.9	145.240

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-27 12:00	동진대교	7.7	0.151	1011.0	10.8	1955.5	0.484	0.070	3.683	0.150	2.156	7.9	162.840
2018-08-27 14:00	동진대교	7.7	0.150	449.0	6.7	1212.6	0.416	0.080	3.576	0.110	2.250	7.2	231.720
2018-08-27 16:00	동진대교	7.7	0.144	394.0	4.8	883.4	0.384	0.110	3.442	0.180	2.515	6.7	250.240
2018-09-14 -	동진대교	8.2	239.000	7.6	3.2	24.5	0.083	0.020	3.236	0.070	2.010	3.5	-
2018-09-21 5:00	동진대교	7.8	0.212	23.0	7.5	330.3	0.557	0.320	2.918	0.070	1.730	3.9	25.258
2018-09-21 7:00	동진대교	7.8	0.210	15.4	7.1	217.3	0.501	0.250	2.542	0.080	1.810	3.4	26.176
2018-09-21 9:00	동진대교	7.8	0.217	10.3	6.7	78.3	0.366	0.210	3.115	0.090	2.020	3.5	28.190
2018-09-21 11:00	동진대교	7.8	0.215	10.5	5.5	59.3	0.268	0.180	2.471	0.060	1.580	3.4	28.831
2018-09-21 13:00	동진대교	8.0	0.213	11.0	2.7	45.3	0.199	0.110	2.533	0.050	1.620	3.4	32.456
2018-09-21 15:00	동진대교	7.9	0.223	11.4	13.5	68.3	0.684	0.380	2.568	0.050	1.620	3.3	35.166
2018-09-21 17:00	동진대교	7.8	0.226	11.9	19.9	73.3	0.848	0.490	4.301	0.200	3.210	4.5	33.227
2018-09-21 19:00	동진대교	7.8	0.200	10.9	14.1	80.3	0.612	0.330	2.937	0.150	1.810	3.4	30.764
2018-09-21 21:00	동진대교	7.8	0.198	10.9	2.5	47.3	0.172	0.090	2.840	0.050	1.670	3.2	29.473
2018-09-21 23:00	동진대교	7.9	0.190	10.4	2.2	42.3	0.153	0.050	2.551	0.050	1.540	2.8	28.863
2018-09-22 1:00	동진대교	8.0	0.169	10.8	1.9	41.3	0.165	0.060	2.557	0.050	1.540	2.9	28.093
2018-09-22 3:00	동진대교	8.1	0.155	9.7	1.5	30.3	0.155	0.050	2.489	0.040	1.500	2.9	29.630
2018-10-05 5:00	동진대교	7.8	0.251	32.4	4.0	247.3	0.153	0.100	2.271	0.200	1.280	6.8	15.526
2018-10-05 7:00	동진대교	7.8	0.263	34.0	3.7	164.0	0.165	0.100	2.003	0.170	1.220	5.8	19.907

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s/cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-05 9:00	동진대교	7.8	0.243	32.3	2.2	203.6	0.186	0.110	2.172	0.110	1.310	6.3	23.665
2018-10-05 11:00	동진대교	7.8	0.270	40.7	2.5	156.8	0.198	0.160	1.956	0.150	1.300	5.7	31.219
2018-10-05 13:00	동진대교	7.8	0.289	64.6	2.7	173.6	0.213	0.150	2.057	0.140	1.190	5.5	41.530
2018-10-05 15:00	동진대교	7.8	0.270	90.4	3.5	360.0	0.254	0.150	2.061	0.160	1.200	8.1	88.457
2018-10-05 17:00	동진대교	7.8	0.234	81.5	3.4	470.2	0.254	0.160	2.787	0.150	1.400	8.8	158.060
2018-10-05 19:00	동진대교	7.8	0.216	91.7	3.6	739.8	0.281	0.170	2.409	0.150	1.380	9.3	247.230
2018-10-05 21:00	동진대교	7.8	0.218	101.1	3.6	816.8	0.304	0.180	3.217	0.130	2.090	9.5	293.630
2018-10-05 23:00	동진대교	7.8	0.210	99.5	3.5	843.5	0.351	0.190	2.531	0.150	1.880	9.7	353.580
2018-10-06 1:00	동진대교	7.8	0.208	87.9	3.5	636.2	0.391	0.210	2.503	0.110	1.530	8.2	431.030
2018-10-06 3:00	동진대교	7.9	0.232	84.7	2.7	490.8	0.217	0.180	2.443	0.110	1.490	7.1	501.850
2018-10-11 -	동진대교	7.8	251.000	32.4	2.5	239.8	0.137	0.050	2.197	0.090	1.410	4.2	-
2018-11-08 -	동진대교	8.1	248.000	25.0	2.7	204.2	0.153	0.050	2.502	0.070	1.520	4.4	-
2018-12-01 -	동진대교	8.2	0.255	11.5	1.4	25.5	0.256	0.050	3.770	0.059	1.552	3.1	-
2018-06-11 14:00	만경대교	7.8	0.532	13.7	4.3	25.2	0.262	0.090	5.144	0.310	2.260	8.9	31.222
2018-06-11 16:00	만경대교	7.8	0.497	15.1	4.2	46.7	0.255	0.080	5.035	0.310	2.210	7.0	35.526
2018-06-11 18:00	만경대교	7.8	0.475	19.6	3.5	49.2	0.277	0.110	4.994	0.450	2.150	6.8	40.501
2018-06-11 20:00	만경대교	7.8	0.431	19.5	3.3	49.7	0.255	0.080	4.796	0.610	2.010	6.6	43.114
2018-06-11 22:00	만경대교	7.8	0.468	19.3	4.8	46.2	0.262	0.090	4.865	0.660	2.160	6.7	42.943

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-12 0:00	만경대교	7.8	0.449	25.4	4.8	40.2	0.277	0.155	4.942	0.660	2.210	6.6	41.480
2018-06-12 2:00	만경대교	7.8	0.506	29.1	4.8	70.7	0.315	0.160	4.992	0.710	2.210	6.5	39.747
2018-06-12 4:00	만경대교	7.8	0.518	32.1	4.9	93.2	0.287	0.133	4.941	0.610	2.190	6.5	38.335
2018-06-12 6:00	만경대교	7.8	0.498	25.9	4.8	74.2	0.317	0.155	5.055	0.610	2.210	6.5	37.355
2018-06-12 8:00	만경대교	7.9	0.483	24.2	4.6	60.2	0.285	0.130	4.912	0.590	2.330	6.5	36.714
2018-06-12 10:00	만경대교	7.8	0.536	11.2	4.5	26.2	0.278	0.070	5.145	0.610	2.450	6.7	36.297
2018-06-12 12:00	만경대교	7.8	0.528	10.4	4.3	23.2	0.262	0.060	4.967	0.450	2.210	7.1	35.941
2018-06-28 -	만경대교	8.0	543.000	16.4	0.7	30.2	0.284	0.040	2.778	0.280	1.950	6.6	-
2018-07-20 -	만경대교	8.7	523.000	14.7	3.9	28.1	0.185	0.080	2.367	0.060	1.130	4.7	-
2018-08-22 -	만경대교	8.5	304.000	17.2	2.4	8.3	0.519	0.200	1.805	0.061	1.263	4.7	-
2018-08-23 17:00	만경대교	7.5	0.515	19.5	4.5	55.2	0.159	0.080	4.848	0.810	2.110	5.5	13.837
2018-08-23 19:00	만경대교	7.7	0.565	22.6	5.1	53.8	0.165	0.080	4.753	0.790	1.980	4.8	14.855
2018-08-23 21:00	만경대교	7.5	0.548	23.5	5.3	49.2	0.155	0.070	4.915	0.800	2.030	5.1	18.693
2018-08-23 23:00	만경대교	7.8	0.569	31.1	5.5	53.8	0.158	0.070	5.002	0.770	2.220	5.5	22.844
2018-08-24 1:00	만경대교	7.5	0.608	28.5	4.9	52.7	0.148	0.050	5.128	0.900	2.310	4.8	28.147
2018-08-24 3:00	만경대교	7.2	0.611	31.6	5.7	61.8	0.155	0.060	5.254	0.910	2.550	6.3	43.979
2018-08-24 5:00	만경대교	7.2	0.584	40.8	6.6	75.6	0.289	0.120	6.889	1.520	3.870	7.8	53.498
2018-08-24 7:00	만경대교	7.2	0.587	55.5	8.1	81.6	0.267	0.150	7.051	1.680	4.080	8.8	56.560

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-24 9:00	만경대교	7.5	0.518	43.8	6.0	66.2	0.215	0.110	5.125	1.120	3.080	6.5	57.199
2018-08-24 11:00	만경대교	7.8	0.536	33.5	5.5	58.0	0.188	0.080	5.085	0.970	2.220	5.5	59.149
2018-08-24 13:00	만경대교	7.5	0.597	28.3	5.2	49.0	0.155	0.080	4.897	0.810	2.180	4.8	57.264
2018-08-24 15:00	만경대교	8.0	0.598	21.1	4.8	45.5	0.150	0.070	4.985	0.810	2.070	4.7	52.708
2018-08-26 18:00	만경대교	8.4	0.485	54.2	7.7	72.3	0.448	0.320	5.619	1.350	1.050	7.0	72.695
2018-08-26 20:00	만경대교	8.2	0.476	32.8	6.8	67.2	0.325	0.215	5.184	0.510	1.515	6.7	140.160
2018-08-26 22:00	만경대교	8.3	0.403	20.9	5.3	40.3	0.159	0.070	3.155	0.810	1.010	5.2	275.520
2018-08-27 0:00	만경대교	8.3	0.413	31.1	6.5	70.2	0.162	0.080	4.472	0.780	0.848	5.8	482.840
2018-08-27 2:00	만경대교	8.3	0.338	40.7	7.0	89.3	0.175	0.040	3.072	0.750	0.910	6.5	1033.800
2018-08-27 4:00	만경대교	8.3	0.359	59.2	7.2	124.3	0.185	0.050	3.885	0.880	2.154	7.2	1057.000
2018-08-27 6:00	만경대교	8.2	0.284	86.1	6.6	210.3	0.202	0.040	3.030	0.320	1.880	6.3	965.310
2018-08-27 8:00	만경대교	8.2	0.246	112.0	12.5	426.6	0.215	0.060	2.706	0.350	1.785	5.2	905.370
2018-08-27 10:00	만경대교	8.2	0.206	132.0	25.2	694.8	0.235	0.020	2.909	0.240	1.840	6.0	840.660
2018-08-27 12:00	만경대교	8.2	0.199	121.0	16.1	601.2	0.251	0.050	2.666	0.240	1.756	4.9	719.100
2018-08-27 14:00	만경대교	8.2	0.146	111.0	6.5	460.6	0.272	0.030	2.389	0.260	1.720	4.7	601.280
2018-08-27 16:00	만경대교	8.1	0.144	99.5	5.2	322.5	0.244	0.040	2.358	0.250	1.720	4.7	513.250
2018-09-14 -	만경대교	8.1	384.000	6.6	3.1	33.0	0.079	0.020	3.712	0.140	2.390	4.3	-
2018-09-21 5:00	만경대교	8.0	0.544	14.3	3.7	30.3	0.243	0.120	4.064	0.170	2.980	3.6	44.819

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-09-21 7:00	만경대교	8.0	0.548	14.0	3.3	28.3	0.222	0.110	4.241	0.180	3.100	3.7	45.420
2018-09-21 9:00	만경대교	8.1	0.542	13.3	2.3	25.3	0.191	0.070	4.215	0.190	3.110	3.6	62.514
2018-09-21 11:00	만경대교	8.1	0.543	10.2	3.3	23.3	0.181	0.080	4.125	0.180	3.080	3.7	83.795
2018-09-21 13:00	만경대교	8.1	0.548	8.8	3.3	21.3	0.184	0.070	4.161	0.200	3.080	3.5	92.103
2018-09-21 15:00	만경대교	8.1	0.422	8.0	3.1	25.3	0.177	0.060	3.402	0.200	2.740	3.5	87.096
2018-09-21 17:00	만경대교	8.2	0.323	8.0	3.2	28.3	0.177	0.050	3.288	0.150	2.450	3.3	77.905
2018-09-21 19:00	만경대교	8.2	0.320	10.2	3.5	32.3	0.187	0.050	3.492	0.180	2.450	3.4	69.099
2018-09-21 21:00	만경대교	8.2	0.313	13.5	3.3	28.3	0.187	0.080	3.634	0.140	2.320	3.5	62.035
2018-09-21 23:00	만경대교	8.2	0.482	9.5	3.1	39.3	0.191	0.090	3.707	0.160	2.500	3.6	56.564
2018-09-22 1:00	만경대교	8.2	0.514	8.4	3.0	31.3	0.187	0.070	4.015	0.150	2.650	3.8	52.156
2018-09-22 3:00	만경대교	8.2	0.553	8.2	2.7	35.3	0.165	0.070	4.229	0.150	2.700	4.0	48.626
2018-10-05 5:00	만경대교	8.0	0.520	34.2	8.3	51.3	0.410	0.220	4.841	0.760	2.010	5.1	21.631
2018-10-05 7:00	만경대교	8.0	0.501	23.4	7.8	47.8	0.388	0.200	4.712	0.650	2.080	4.8	27.598
2018-10-05 9:00	만경대교	8.1	0.493	17.1	6.3	32.8	0.378	0.210	3.685	0.500	2.060	4.2	33.303
2018-10-05 11:00	만경대교	8.1	0.462	20.6	6.0	46.8	0.366	0.210	4.298	0.480	1.990	4.5	39.470
2018-10-05 13:00	만경대교	8.1	0.451	24.8	5.6	55.3	0.353	0.210	3.616	0.480	1.990	5.1	46.127
2018-10-05 15:00	만경대교	8.1	0.410	33.6	6.1	74.8	0.391	0.220	3.643	0.350	2.150	6.8	61.226
2018-10-05 17:00	만경대교	8.1	0.391	47.0	7.0	119.3	0.418	0.230	3.159	0.230	2.160	8.2	89.267

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-05 19:00	만경대교	8.1	0.387	61.1	8.8	229.5	0.433	0.220	3.099	0.250	2.220	8.8	133.210
2018-10-05 21:00	만경대교	8.1	0.336	72.7	10.9	361.5	0.441	0.230	3.271	0.190	2.080	9.1	177.290
2018-10-05 23:00	만경대교	8.1	0.409	65.2	8.8	320.3	0.402	0.230	3.186	0.180	2.070	8.7	248.450
2018-10-06 1:00	만경대교	8.1	0.419	59.7	6.7	246.0	0.394	0.190	3.202	0.210	2.180	7.7	342.810
2018-10-06 3:00	만경대교	8.1	0.439	53.8	6.2	178.9	0.381	0.190	3.293	0.230	2.090	6.8	448.570
2018-10-11 -	만경대교	8.0	520.000	34.2	2.3	53.5	0.236	0.170	4.761	0.087	1.580	4.2	-
2018-11-08 -	만경대교	8.1	498.000	14.3	2.6	110.5	0.304	0.130	3.168	0.090	1.670	5.0	-
2018-12-01 -	만경대교	8.1	0.397	18.1	4.8	22.5	0.411	0.150	3.111	0.061	1.222	3.7	-
2018-06-11 14:00	무명천	7.9	0.507	14.8	1.9	25.3	0.569	0.280	7.500	0.950	1.920	18.6	0.095
2018-06-11 16:00	무명천	8.0	0.515	14.7	1.9	25.3	0.588	0.280	7.886	0.990	2.260	19.1	0.041
2018-06-11 18:00	무명천	7.9	0.492	30.3	1.9	78.3	0.615	0.340	8.563	1.110	2.550	20.2	0.066
2018-06-11 20:00	무명천	7.9	0.483	23.4	2.5	47.3	0.569	0.315	6.522	0.950	2.160	17.8	0.148
2018-06-11 22:00	무명천	8.0	0.506	19.1	3.8	41.3	0.862	0.410	8.539	1.110	2.880	17.2	0.190
2018-06-12 0:00	무명천	8.0	0.493	21.1	2.5	43.3	0.888	0.531	12.482	1.250	3.170	17.2	0.201
2018-06-12 2:00	무명천	8.0	0.503	23.4	0.6	51.3	0.996	0.653	11.622	0.900	2.620	16.9	0.215
2018-06-12 4:00	무명천	8.0	0.518	23.6	3.1	54.3	0.722	0.522	9.715	0.880	2.150	17.0	0.215
2018-06-12 6:00	무명천	8.0	0.498	24.3	6.7	61.3	0.749	0.515	8.337	0.850	2.050	16.1	0.229
2018-06-12 8:00	무명천	8.0	0.501	32.8	4.4	89.3	0.662	0.450	7.901	0.700	1.980	16.5	0.250

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-12	10:00	무명천	7.9	0.489	36.4	0.2	83.3	0.701	0.410	8.235	0.950	2.100	16.4	0.289
2018-06-12	12:00	무명천	7.9	0.496	39.7	1.5	92.3	0.756	0.410	10.742	1.550	2.130	17.7	0.268
2018-06-25	22:00	무명천	7.9	0.462	90.5	4.6	418.6	0.726	0.390	3.420	0.370	2.050	13.9	0.093
2018-06-25	0:00	무명천	7.9	0.402	243.0	15.5	3178.6	0.882	0.530	5.237	0.490	4.150	17.3	0.472
2018-06-26	2:00	무명천	7.7	0.351	298.0	27.2	2616.6	0.940	0.450	3.675	0.220	2.290	13.3	0.696
2018-06-26	4:00	무명천	7.7	0.318	524.0	12.7	1346.6	1.534	0.850	4.630	0.350	3.450	12.3	14.892
2018-06-27	6:00	무명천	7.7	0.254	1028.0	9.9	1210.6	2.363	1.010	6.000	1.350	5.492	9.7	12.213
2018-06-27	8:00	무명천	7.7	0.244	378.0	7.3	2090.6	1.953	0.980	7.312	1.220	5.880	10.9	14.129
2018-06-27	10:00	무명천	7.7	0.230	248.0	6.5	884.6	1.889	0.880	5.739	0.980	3.790	9.3	8.284
2018-06-27	12:00	무명천	7.7	0.235	201.0	6.8	696.6	1.554	0.650	5.114	0.910	3.520	8.1	5.011
2018-06-27	14:00	무명천	7.7	0.245	119.0	6.5	700.6	1.186	0.370	15.456	0.780	4.820	31.7	4.013
2018-06-27	16:00	무명천	7.6	0.251	122.0	8.6	548.6	1.155	0.450	5.703	0.650	3.880	9.6	4.559
2018-06-27	18:00	무명천	7.6	0.266	160.0	9.2	338.6	1.201	0.550	5.930	0.780	4.120	10.8	1.434
2018-06-27	20:00	무명천	7.6	0.269	162.0	5.5	230.6	1.165	0.770	5.839	0.650	3.920	10.5	1.518
2018-06-28	-	무명천	7.6	462.000	13.1	1.1	14.2	0.648	0.290	4.766	1.280	1.700	19.3	-
2018-07-20	-	무명천	7.7	294.000	11.1	0.7	14.5	0.376	0.320	1.200	0.160	0.780	6.0	-
2018-08-22	-	무명천	9.5	621.000	10.2	3.7	28.3	0.325	0.060	1.047	0.210	0.753	5.8	-
2018-08-23	17:00	무명천	7.5	0.510	43.0	6.9	57.3	1.435	1.340	6.124	1.800	3.680	8.9	0.000

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-23 19:00	무명천	7.5	0.543	28.2	5.5	40.2	0.765	0.590	6.091	2.150	3.550	9.0	0.001
2018-08-23 21:00	무명천	7.6	0.340	13.7	4.7	21.3	0.367	0.300	2.187	0.130	1.950	7.7	0.001
2018-08-23 23:00	무명천	7.6	0.394	15.2	5.0	42.2	0.345	0.280	2.083	0.150	1.820	6.9	0.026
2018-08-24 1:00	무명천	7.6	0.331	25.8	5.0	60.3	0.435	0.420	2.085	0.130	1.910	7.7	0.034
2018-08-24 3:00	무명천	7.6	0.307	33.3	6.5	70.6	0.615	0.530	2.657	0.210	2.110	8.3	0.102
2018-08-24 5:00	무명천	7.6	0.319	40.4	7.5	118.3	0.709	0.670	4.357	0.380	3.290	8.8	0.149
2018-08-24 7:00	무명천	7.7	0.299	40.8	6.5	87.2	0.715	0.680	5.494	0.450	4.010	9.4	0.406
2018-08-24 9:00	무명천	7.7	0.288	42.5	6.1	66.3	0.883	0.780	5.191	0.220	4.280	10.6	0.296
2018-08-24 11:00	무명천	7.7	0.267	34.1	8.0	60.2	0.877	0.770	4.170	0.290	3.820	10.0	0.285
2018-08-24 13:00	무명천	7.6	0.278	30.9	9.6	78.3	0.901	0.730	5.072	0.260	3.600	10.4	0.186
2018-08-24 15:00	무명천	7.6	0.301	39.9	12.8	70.4	0.654	0.560	5.829	0.510	3.510	10.9	0.202
2018-08-26 18:00	무명천	7.5	0.265	61.9	11.1	219.3	0.308	0.140	1.623	0.070	0.820	8.7	0.258
2018-08-26 20:00	무명천	7.5	0.266	55.2	9.5	199.2	0.548	0.345	2.009	0.100	0.958	6.8	1.853
2018-08-26 22:00	무명천	7.5	0.268	45.3	8.3	130.3	0.622	0.490	5.380	0.810	3.330	7.5	2.738
2018-08-27 0:00	무명천	7.5	0.245	51.1	5.4	133.8	0.685	0.511	2.254	0.450	1.588	5.7	3.299
2018-08-27 2:00	무명천	7.5	0.239	63.8	3.1	140.3	0.749	0.500	6.943	0.810	3.720	8.4	5.673
2018-08-27 4:00	무명천	7.6	0.219	112.0	12.8	201.2	0.815	0.612	9.304	0.780	6.845	8.9	5.107
2018-08-27 6:00	무명천	7.6	0.206	185.0	26.6	263.3	0.996	0.820	8.976	0.880	5.750	9.0	4.487

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)	
2018-08-27	8:00	무명천	7.5	0.222	155.0	13.8	311.3	0.915	0.810	6.810	0.510	4.845	7.5	5.005
2018-08-27	10:00	무명천	7.6	0.166	110.0	3.8	464.8	0.900	0.600	7.004	0.760	4.430	7.5	4.553
2018-08-27	12:00	무명천	7.6	0.163	104.0	4.5	257.4	0.785	0.529	6.988	0.550	4.756	6.8	4.158
2018-08-27	14:00	무명천	7.6	0.162	97.5	5.1	121.3	0.666	0.460	6.157	0.490	4.360	6.5	3.829
2018-08-27	16:00	무명천	7.5	0.149	88.2	3.6	103.2	0.298	0.215	6.330	0.390	4.515	6.8	3.868
2018-09-14	-	무명천	7.3	304.000	21.2	4.1	77.0	0.409	0.350	3.777	0.090	2.040	5.3	-
2018-09-21	5:00	무명천	7.8	0.292	8.4	1.0	35.3	0.648	0.510	2.580	0.030	1.020	4.3	0.001
2018-09-21	7:00	무명천	7.5	0.292	8.8	1.2	40.2	0.684	0.480	2.681	0.050	1.020	4.5	0.001
2018-09-21	9:00	무명천	7.5	0.315	9.1	1.5	44.5	0.711	0.610	2.746	0.190	1.050	5.5	0.021
2018-09-21	11:00	무명천	7.7	0.358	16.5	4.5	61.5	0.841	0.680	3.515	0.220	1.550	8.8	0.024
2018-09-21	13:00	무명천	7.2	0.345	25.5	6.8	85.1	0.994	0.750	6.512	0.450	3.870	9.1	0.043
2018-09-21	15:00	무명천	7.7	0.365	39.0	5.8	80.9	1.525	1.150	5.545	0.350	3.110	10.5	0.013
2018-09-21	17:00	무명천	7.6	0.315	38.1	3.2	70.1	0.856	0.620	4.841	0.250	2.550	8.8	0.012
2018-09-21	19:00	무명천	7.9	0.288	25.5	3.1	68.7	0.856	0.630	4.781	0.200	2.650	7.5	0.016
2018-09-21	21:00	무명천	7.5	0.284	26.4	3.5	65.5	0.815	0.630	4.518	0.170	2.650	6.5	0.031
2018-09-21	23:00	무명천	7.7	0.297	18.8	3.2	61.5	0.798	0.580	4.458	0.180	3.210	6.6	0.083
2018-09-22	1:00	무명천	7.6	0.305	15.5	3.3	60.1	0.788	0.580	4.258	0.200	2.880	6.5	0.050
2018-09-22	3:00	무명천	7.8	0.275	13.0	2.9	57.3	0.717	0.560	4.161	0.180	3.210	6.1	0.086

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-05 5:00	무명천	7.7	0.407	53.6	10.9	224.4	1.478	0.880	3.442	0.630	2.230	6.8	0.332
2018-10-05 7:00	무명천	7.7	0.432	149.1	10.3	468.9	1.555	0.900	4.050	0.510	2.440	7.7	0.649
2018-10-05 9:00	무명천	7.7	0.363	171.6	10.5	395.2	1.685	0.950	3.783	0.470	2.520	7.1	0.341
2018-10-05 11:00	무명천	7.7	0.360	161.6	8.8	740.2	1.254	0.910	2.168	0.480	2.520	10.8	0.885
2018-10-05 13:00	무명천	7.7	0.333	211.7	6.7	675.5	1.138	0.810	4.514	0.490	3.700	8.9	0.478
2018-10-05 15:00	무명천	7.7	0.316	222.8	8.5	666.2	1.562	0.820	5.980	0.480	3.880	8.7	0.680
2018-10-05 17:00	무명천	7.7	0.315	216.5	10.4	574.0	1.811	0.980	6.666	0.480	4.270	7.5	0.972
2018-10-05 19:00	무명천	7.7	0.319	178.0	12.3	504.0	1.981	0.980	6.152	0.450	4.120	7.0	3.755
2018-10-05 21:00	무명천	7.7	0.294	114.5	15.0	582.7	2.243	1.520	6.097	0.420	4.510	7.2	5.115
2018-10-05 23:00	무명천	7.7	0.299	113.0	12.7	403.0	2.015	1.310	5.579	0.420	4.480	6.8	5.106
2018-10-06 1:00	무명천	7.7	0.280	128.7	5.3	230.0	2.073	1.410	5.614	0.370	4.020	5.1	4.956
2018-10-06 3:00	무명천	7.7	0.298	87.7	4.8	130.4	1.888	1.110	5.440	0.380	3.950	5.1	6.523
2018-10-11 -	무명천	7.7	407.000	43.6	2.6	210.4	1.459	0.780	3.156	0.150	1.190	5.2	-
2018-11-08 -	무명천	8.1	416.000	18.0	2.9	195.6	0.834	0.290	2.649	0.110	1.320	5.6	-
2018-12-01 -	무명천	7.3	0.333	11.5	2.9	65.5	0.254	0.070	3.648	0.215	2.215	2.7	-
2018-06-11 14:00	오산	7.8	0.515	8.2	5.3	25.7	0.304	0.050	7.198	0.310	2.330	6.7	13.636
2018-06-11 16:00	오산	7.8	0.582	13.2	5.3	29.6	0.285	0.050	7.047	0.510	2.260	6.6	16.350
2018-06-11 18:00	오산	7.8	0.543	14.1	4.1	34.2	0.253	0.050	6.976	0.310	2.050	6.6	19.862

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-11 20:00	오산	7.7	0.602	12.2	4.5	27.7	0.288	0.050	7.207	0.450	2.150	6.4	19.994
2018-06-11 22:00	오산	7.7	0.597	11.5	5.4	24.7	0.302	0.070	8.105	0.550	3.030	6.3	19.219
2018-06-12 0:00	오산	7.7	0.628	12.4	5.6	98.2	0.302	0.065	7.586	0.600	2.900	6.3	18.737
2018-06-12 2:00	오산	7.8	0.589	13.6	7.3	88.2	0.301	0.065	7.529	0.550	2.550	6.5	18.586
2018-06-12 4:00	오산	7.8	0.594	21.8	5.6	89.7	0.288	0.050	7.367	0.450	2.260	6.5	18.718
2018-06-12 6:00	오산	7.8	0.608	26.1	5.6	84.2	0.281	0.110	7.217	0.310	2.330	6.4	18.944
2018-06-12 8:00	오산	7.8	0.628	19.9	5.5	59.2	0.276	0.110	7.019	0.280	2.150	6.4	19.113
2018-06-12 10:00	오산	7.8	0.599	15.1	5.4	45.7	0.290	0.120	6.920	0.300	2.150	6.3	19.106
2018-06-12 12:00	오산	7.8	0.615	15.2	5.5	46.7	0.288	0.095	6.638	0.350	2.080	6.6	18.878
2018-06-25 22:00	오산	7.7	0.630	33.7	2.7	167.3	0.355	0.210	2.416	0.250	1.980	10.2	10.499
2018-06-25 0:00	오산	7.7	0.711	42.1	2.5	816.3	0.555	0.290	5.639	0.810	4.050	15.6	18.266
2018-06-26 2:00	오산	7.7	0.762	56.9	2.1	199.3	0.676	0.120	3.887	0.390	2.960	7.3	135.710
2018-06-26 4:00	오산	7.8	0.688	91.1	4.7	369.3	0.845	0.520	4.020	0.550	2.960	7.1	273.040
2018-06-27 6:00	오산	7.8	0.493	118.0	5.5	704.6	1.190	0.980	4.161	1.090	3.650	7.6	338.000
2018-06-27 8:00	오산	7.5	0.423	528.0	8.5	836.6	1.478	0.750	5.899	1.120	4.220	8.1	302.200
2018-06-27 10:00	오산	7.4	0.290	1093.0	12.4	1274.6	2.053	1.120	5.713	1.220	4.280	7.1	232.410
2018-06-27 12:00	오산	7.4	0.245	401.0	6.8	994.6	2.227	1.250	8.569	1.540	6.740	11.8	203.740
2018-06-27 14:00	오산	7.4	0.225	354.0	5.6	724.6	2.488	1.350	5.179	1.450	4.120	7.7	179.700

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-27 16:00	오산	7.4	0.211	223.0	3.5	230.6	1.654	0.980	3.971	0.450	3.120	6.9	157.020
2018-06-27 18:00	오산	7.5	0.206	105.0	1.8	388.6	0.958	0.470	3.620	0.960	3.583	6.3	134.520
2018-06-27 20:00	오산	7.5	0.205	104.0	2.0	450.6	1.005	0.370	3.926	0.210	3.840	6.9	112.340
2018-06-28 -	오산	7.6	658.000	20.2	0.6	37.7	0.345	0.040	3.415	0.300	3.010	5.7	-
2018-07-20 -	오산	8.5	633.000	12.5	2.8	30.1	0.171	0.050	2.975	0.150	1.450	4.6	-
2018-08-22 -	오산	9.1	582.000	17.2	2.5	32.3	0.338	0.060	2.756	0.145	2.450	4.9	-
2018-08-23 17:00	오산	7.5	0.646	62.6	16.3	204.3	0.570	0.420	3.579	0.110	2.910	12.4	9.562
2018-08-23 19:00	오산	7.5	0.637	34.2	9.5	184.3	0.522	0.390	5.469	0.520	3.650	6.7	10.176
2018-08-23 21:00	오산	7.6	0.776	22.1	5.3	39.3	0.506	0.060	5.736	0.500	4.070	6.8	12.067
2018-08-23 23:00	오산	7.6	0.704	25.2	5.5	40.2	0.351	0.250	5.665	0.520	3.870	6.9	13.756
2018-08-24 1:00	오산	7.6	0.745	33.8	5.5	61.3	0.251	0.110	5.348	0.460	3.820	6.5	16.330
2018-08-24 3:00	오산	7.6	0.762	31.5	6.5	52.2	0.265	0.130	5.503	0.480	3.660	6.3	25.879
2018-08-24 5:00	오산	7.6	0.725	30.5	7.1	47.3	0.292	0.130	5.784	0.640	3.510	6.4	32.244
2018-08-24 7:00	오산	7.7	0.693	26.4	7.4	50.3	0.281	0.090	5.905	0.620	3.450	6.4	36.871
2018-08-24 9:00	오산	7.7	0.732	25.4	6.4	52.3	0.272	0.070	5.632	0.780	3.460	6.2	41.672
2018-08-24 11:00	오산	7.7	0.715	23.9	5.5	51.9	0.234	0.100	5.669	0.750	3.650	6.2	45.024
2018-08-24 13:00	오산	7.7	0.687	24.1	5.6	44.3	0.207	0.100	5.563	0.680	4.050	6.0	43.286
2018-08-24 15:00	오산	7.7	0.699	23.4	4.0	44.8	0.191	0.080	5.653	0.590	4.110	6.3	39.362

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)	
2018-08-26	18:00	오산	7.4	0.437	18.9	7.6	38.3	0.173	0.010	2.787	0.860	0.410	7.9	59.357
2018-08-26	20:00	오산	7.5	0.412	20.1	8.1	50.1	0.173	0.010	4.271	1.010	3.154	7.0	98.523
2018-08-26	22:00	오산	7.5	0.445	29.4	6.8	74.3	0.186	0.020	4.354	0.920	1.690	6.7	160.060
2018-08-27	0:00	오산	7.5	0.449	24.2	6.5	52.2	0.152	0.050	3.954	0.780	2.518	5.5	267.320
2018-08-27	2:00	오산	7.5	0.456	22.2	6.4	45.3	0.144	0.020	4.030	0.970	1.710	5.4	695.590
2018-08-27	4:00	오산	7.5	0.441	98.0	6.0	111.2	0.167	0.185	4.212	0.780	2.154	6.2	766.610
2018-08-27	6:00	오산	7.6	0.436	156.0	6.2	283.3	0.204	0.200	4.280	0.660	1.790	6.3	759.680
2018-08-27	8:00	오산	7.6	0.416	201.0	6.8	482.2	0.278	0.155	3.506	0.650	1.845	5.6	692.290
2018-08-27	10:00	오산	7.7	0.204	213.0	7.7	628.6	0.350	0.050	3.238	0.610	1.860	4.9	611.290
2018-08-27	12:00	오산	7.7	0.199	298.0	6.8	688.2	0.418	0.070	3.675	0.540	1.984	6.3	526.630
2018-08-27	14:00	오산	7.7	0.145	392.0	5.6	728.6	0.518	0.060	3.574	0.560	2.360	5.5	456.270
2018-08-27	16:00	오산	7.7	0.164	501.0	4.9	1134.2	0.428	0.060	3.975	0.450	2.154	7.8	389.880
2018-09-14	-	오산	7.6	435.000	6.4	4.0	26.5	0.089	0.020	4.470	0.140	2.550	5.5	-
2018-09-21	5:00	오산	8.0	0.700	7.7	4.2	316.3	0.174	0.090	5.323	1.210	4.220	4.7	31.453
2018-09-21	7:00	오산	8.0	0.673	6.0	3.3	247.3	0.181	0.110	5.198	1.100	4.150	4.5	30.473
2018-09-21	9:00	오산	8.0	0.665	5.7	1.6	163.3	0.175	0.100	4.935	0.880	3.880	4.4	38.680
2018-09-21	11:00	오산	8.0	0.632	6.0	2.7	152.3	0.195	0.110	4.580	0.850	3.810	4.6	52.445
2018-09-21	13:00	오산	8.1	0.624	6.1	4.0	104.3	0.213	0.110	4.538	0.790	3.820	4.5	56.288

날짜	지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-09-21 15:00	오산	8.1	0.601	6.8	3.8	102.3	0.205	0.100	4.428	0.650	3.330	4.5	53.367
2018-09-21 17:00	오산	8.1	0.598	6.9	3.8	90.3	0.205	0.110	4.390	0.520	3.230	4.6	50.321
2018-09-21 19:00	오산	8.2	0.620	7.6	3.3	87.3	0.205	0.110	3.913	0.530	3.200	4.1	47.981
2018-09-21 21:00	오산	8.2	0.651	8.0	3.4	84.3	0.208	0.100	4.627	0.530	3.280	4.7	45.714
2018-09-21 23:00	오산	8.2	0.704	8.1	3.3	61.3	0.195	0.090	4.719	0.550	3.340	4.7	43.285
2018-09-22 1:00	오산	8.2	0.711	8.2	3.3	57.3	0.182	0.080	4.875	0.600	3.540	4.5	40.782
2018-09-22 3:00	오산	8.2	0.801	8.5	2.8	52.3	0.165	0.090	4.800	0.650	3.410	5.3	38.529
2018-10-05 5:00	오산	7.7	0.586	20.1	6.8	174.0	0.322	0.190	3.896	0.620	2.380	5.2	16.606
2018-10-05 7:00	오산	7.7	0.603	22.7	5.5	371.2	0.325	0.160	4.979	0.770	3.510	6.8	20.681
2018-10-05 9:00	오산	7.7	0.638	30.6	3.1	145.6	0.314	0.180	5.008	0.870	3.150	5.7	23.429
2018-10-05 11:00	오산	7.7	0.631	40.4	4.7	191.3	0.320	0.170	4.733	0.810	2.990	5.9	26.697
2018-10-05 13:00	오산	7.7	0.583	48.7	5.0	284.7	0.398	0.220	4.638	0.710	3.250	5.5	32.300
2018-10-05 15:00	오산	7.7	0.528	151.4	4.5	350.0	0.415	0.230	4.714	0.680	3.150	6.3	42.166
2018-10-05 17:00	오산	7.7	0.514	191.1	3.5	549.4	0.466	0.230	4.818	0.630	3.200	7.7	69.178
2018-10-05 19:00	오산	7.7	0.484	190.4	5.9	521.4	0.487	0.230	4.441	0.510	3.120	7.9	113.850
2018-10-05 21:00	오산	7.7	0.497	191.6	6.2	479.2	0.503	0.250	4.499	0.590	3.180	6.8	153.320
2018-10-05 23:00	오산	7.8	0.470	176.3	5.2	326.7	0.503	0.250	4.687	0.590	3.180	6.5	205.250
2018-10-06 1:00	오산	7.8	0.497	168.3	3.0	391.5	0.496	0.250	4.670	0.610	3.380	6.1	256.540

날짜		지점명	pH	EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-06	3:00	오산	7.8	0.501	189.5	3.2	545.7	0.508	0.260	4.809	0.610	3.510	6.7	313.120
2018-10-11	-	오산	7.7	586.000	20.1	6.0	164.8	0.342	0.150	3.796	0.140	2.150	4.7	-
2018-11-08	-	오산	8.0	510.000	19.6	4.2	180.2	0.316	0.070	3.498	0.120	2.270	5.2	-
2018-12-01	-	오산	7.6	0.439	16.5	2.5	25.3	0.211	0.070	3.482	0.155	2.515	3.2	-

<부록 2> 유량 및 수질 분석결과(골지천)

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-05-14 10:30	관말교	14.6	7.4	8.6	19.9	5.0	0.2	3.8	0.024	0.011	7.800	0.05	2.9	1.0	0.493
2018-06-14 12:15	관말교	21.6	7.8	9.2	16.4	4.0	0.8	3.2	0.072	0.035	5.040	0.07	2.7	1.6	0.131
2018-06-26 13:00	관말교	-	7.5	-	19.8	7.0	1.6	16.3	0.125	0.029	5.136	0.05	3.8	2.1	0.162
2018-06-26 15:00	관말교	-	7.1	-	13.8	221.0	5.2	269.5	0.480	0.088	4.944	0.02	3.3	5.3	0.306
2018-06-26 17:00	관말교	-	7.2	-	12.1	408.0	6.9	362.5	0.701	0.110	6.720	0.02	3.0	8.2	0.398
2018-06-26 19:00	관말교	-	7.3	-	12.4	181.0	4.1	244.3	0.490	0.098	9.120	0.04	3.1	6.4	0.381
2018-06-26 21:00	관말교	-	7.3	-	13.9	168.0	4.2	149.5	0.360	0.088	9.168	0.03	3.6	5.7	0.349
2018-06-26 22:00	관말교	-	7.4	-	15.6	119.0	3.6	124.7	0.274	0.080	9.120	0.06	3.2	4.5	0.346
2018-06-26 23:00	관말교	-	7.3	-	11.8	1,196.0	5.0	1,117.3	1.400	0.372	10.240	0.14	3.1	12.8	0.553
2018-06-27 00:00	관말교	-	7.1	-	9.5	1,295.0	6.4	1,138.0	1.704	0.409	10.480	0.20	2.9	15.0	0.843
2018-06-27 01:00	관말교	-	7.0	-	10.7	864.0	2.8	884.0	1.464	0.228	10.320	0.06	3.8	14.6	0.831
2018-06-27 02:00	관말교	-	7.2	-	12.1	666.0	5.9	725.3	1.296	0.182	7.680	0.03	4.1	6.5	0.700
2018-06-27 05:00	관말교	-	7.3	-	12.3	196.0	3.4	234.0	0.514	0.112	4.848	0.05	3.5	3.5	0.476
2018-06-27 10:00	관말교	-	7.6	-	15.4	31.0	1.6	38.0	0.163	0.058	5.808	0.04	3.5	3.4	0.326
2018-07-01 08:00	관말교	-	7.3	-	22.8	5.0	1.4	9.6	0.115	0.052	4.742	0.10	3.3	2.2	0.187
2018-07-01 10:00	관말교	-	6.9	-	13.7	1,387.0	8.7	1,200.0	2.364	0.495	10.568	0.12	3.1	17.4	0.557
2018-07-01 12:00	관말교	-	6.5	-	9.7	1,950.0	30.5	3,588.0	5.208	0.423	31.704	0.13	3.1	92.2	11.689

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-01 14:00	관말교	-	6.7	-	9.5	1,603.0	12.4	2,906.0	3.720	0.306	36.312	0.13	2.3	33.7	7.225
2018-07-01 16:00	관말교	-	6.9	-	10.6	361.0	6.0	523.5	0.900	0.168	7.589	0.11	1.5	12.7	5.076
2018-07-01 18:00	관말교	-	7.1	-	12.0	241.0	6.2	365.5	0.636	0.156	3.917	0.12	1.6	6.9	4.117
2018-07-01 22:00	관말교	-	7.2	-	13.9	98.0	3.9	171.2	0.283	0.104	2.899	0.10	1.7	5.5	3.318
2018-07-02 02:00	관말교	-	7.1	-	13.0	21.0	2.8	36.8	0.149	0.074	3.415	0.11	1.8	5.0	3.026
2018-07-02 06:00	관말교	-	7.1	-	12.3	45.0	2.2	25.4	0.173	0.106	6.206	0.11	2.5	4.9	3.759
2018-07-02 10:00	관말교	-	7.1	-	15.0	24.0	2.5	23.0	0.139	0.090	3.902	0.10	2.3	4.3	3.800
2018-07-02 14:00	관말교	-	7.2	-	16.0	6.0	2.5	122.8	0.120	0.085	3.334	0.10	2.4	6.0	3.575
2018-07-02 20:45	관말교	-	7.2	-	17.1	45.0	3.3	53.2	0.221	0.085	5.014	0.10	2.4	5.7	2.968
2018-07-04 23:00	관말교	-	7.1	-	14.7	113.0	2.5	182.0	0.415	0.056	3.374	0.04	2.8	6.1	2.295
2018-07-05 01:00	관말교	-	6.2	-	14.5	298.0	4.5	311.0	0.814	0.361	10.075	0.09	4.9	20.6	8.722
2018-07-05 03:00	관말교	-	6.8	-	10.6	186.0	3.2	215.0	0.644	0.268	7.939	0.08	3.8	19.1	9.763
2018-07-05 07:00	관말교	-	6.7	-	12.0	171.0	1.9	212.0	0.550	0.157	6.547	0.07	3.5	9.5	6.577
2018-07-05 09:00	관말교	-	7.0	-	14.9	102.0	2.8	184.0	0.325	0.085	6.379	0.04	3.0	4.4	5.568
2018-07-05 13:00	관말교	-	7.2	-	14.5	68.0	0.9	128.3	0.383	0.053	3.989	0.04	3.2	4.4	4.481
2018-07-09 14:00	관말교	-	7.6	-	23.4	3.0	0.8	6.0	0.363	0.041	3.996	0.01	1.9	2.4	1.652

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-09 20:00	관말교	-	7.2	-	18.4	43.0	1.2	82.0	0.940	0.069	6.022	0.04	2.9	3.8	2.194
2018-07-10 02:00	관말교	-	7.5	-	14.7	21.0	1.7	42.0	0.630	0.057	8.074	0.03	2.4	4.0	2.194
2018-07-10 08:00	관말교	-	7.6	-	20.8	25.0	1.8	46.0	0.057	0.047	3.946	0.02	2.4	4.0	2.194
2018-07-10 10:00	관말교	-	7.3	-	17.0	319.0	5.2	751.0	0.647	0.132	7.195	0.01	2.3	9.2	2.169
2018-07-10 22:00	관말교	-	7.2	-	16.8	53.0	3.1	82.0	0.539	0.121	4.133	0.02	2.2	5.0	1.940
2018-07-11 08:00	관말교	-	7.1	-	20.0	106.0	2.0	122.0	0.391	0.072	3.780	0.01	2.1	2.9	1.818
2018-07-18 12:20	관말교	24.1	7.3	5.1	24.9	203.0	3.4	269.5	0.246	0.091	9.638	0.05	4.0	5.1	0.573
2018-08-16 12:30	관말교	21.0	6.8	7.3	11.0	653.0	1.2	18.3	0.061	0.016	5.054	0.07	1.7	2.1	2.860
2018-08-24 04:00	관말교	-	7.3	-	24.1	5.0	0.9	5.3	0.017	0.006	5.045	0.08	2.7	3.0	3.598
2018-08-24 06:00	관말교	-	7.4	-	24.2	5.0	0.6	7.3	0.029	0.016	6.322	0.08	3.1	2.5	3.824
2018-08-24 08:00	관말교	-	7.2	-	20.3	43.0	3.1	55.7	0.127	0.059	4.934	0.08	2.9	3.5	5.076
2018-08-24 10:00	관말교	-	7.0	-	14.6	365.0	6.8	432.7	0.382	0.148	4.992	0.11	2.2	7.6	12.369
2018-08-24 12:00	관말교	-	6.9	-	10.1	235.0	6.0	355.3	0.306	0.104	4.157	0.09	1.2	8.9	8.140
2018-08-24 14:00	관말교	-	7.0	-	10.2	312.0	4.0	383.3	0.340	0.083	4.712	0.08	0.9	10.0	6.176
2018-08-24 16:00	관말교	-	7.0	-	12.3	95.0	3.2	82.7	0.178	0.094	2.275	0.08	1.2	5.1	5.019
2018-08-24 18:00	관말교	-	7.0	-	12.4	100.0	2.4	77.3	0.216	0.098	3.274	0.08	1.6	4.9	4.176
2018-08-24 20:00	관말교	-	7.1	-	16.8	67.0	2.3	65.7	0.169	0.078	5.712	0.08	2.0	4.1	3.751

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-24 22:00	관말교	-	7.2	-	19.1	57.0	2.1	54.7	0.133	0.069	4.382	0.10	2.4	3.4	3.441
2018-08-28 18:00	관말교	-	6.9	-	14.6	13.0	0.2	16.3	0.068	0.038	3.078	0.04	1.8	3.4	1.975
2018-08-28 20:00	관말교	-	7.1	-	14.9	4.0	0.2	5.0	0.036	0.031	3.115	0.05	1.6	3.3	2.095
2018-08-28 22:00	관말교	-	7.1	-	15.1	17.0	0.3	32.7	0.072	0.047	4.267	0.04	1.8	3.7	2.783
2018-08-29 00:00	관말교	-	7.1	-	14.3	57.0	0.5	67.7	0.128	0.082	3.690	0.05	1.4	5.3	3.614
2018-08-29 02:00	관말교	-	7.1	-	13.6	58.0	0.6	58.0	0.165	0.087	14.838	0.05	1.4	5.5	4.358
2018-08-29 04:00	관말교	-	7.1	-	16.5	34.0	0.3	49.7	0.080	0.052	2.868	0.04	1.5	3.4	3.890
2018-08-29 06:00	관말교	-	7.1	-	16.1	24.0	0.8	29.7	0.059	0.031	3.773	0.04	1.7	3.0	3.630
2018-08-29 08:00	관말교	-	7.1	-	16.6	10.0	0.5	23.7	0.068	0.034	5.472	0.04	2.1	3.0	3.402
2018-09-17 11:20	관말교	18.7	7.6	8.8	21.9	4.0	0.3	5.0	0.050	0.029	12.216	0.08	2.9	1.7	0.625
2018-10-10 11:50	관말교	13.4	7.0	9.5	16.9	9.0	0.4	7.7	0.052	0.024	4.728	0.10	2.6	2.0	1.529
2018-11-16 12:00	관말교	8.4	7.2	11.7	18.8	1.0	0.3	1.3	0.024	0.017	5.232	0.06	2.4	2.1	0.416
2018-12-04 12:00	관말교	8.5	6.8	10.8	12.1	152.0	1.5	92.3	0.230	0.079	10.574	0.11	2.0	1.5	0.518
2018-05-14 10:50	검무교	14.2	7.6	10.9	8.5	0.0	0.4	1.0	0.010	0.004	6.528	0.04	1.8	1.0	1.506
2018-06-14 13:05	검무교	23.6	7.4	8.6	12.1	2.0	0.5	2.6	0.029	0.007	3.120	0.05	1.4	1.7	0.365
2018-06-26 13:00	검무교	-	7.1	-	15.5	7.0	3.8	14.8	0.101	0.043	3.504	0.18	0.6	2.5	0.278
2018-06-26 15:00	검무교	-	7.2	-	16.1	2.0	2.5	6.2	0.134	0.091	3.072	0.09	1.2	2.4	0.278

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-26 17:00	검무교	-	7.2	-	16.1	1.0	1.6	3.6	0.125	0.071	2.592	0.05	1.8	2.5	0.300
2018-06-26 19:00	검무교	-	7.3	-	16.4	2.0	1.2	2.8	0.106	0.066	4.176	0.04	2.3	2.8	0.521
2018-06-26 21:00	검무교	-	7.3	-	1.1	26.0	1.9	10.6	0.091	0.038	5.520	0.03	4.1	2.8	0.800
2018-06-26 22:00	검무교	-	7.2	-	15.3	462.0	7.2	362.0	0.734	0.309	8.800	0.04	4.6	8.0	1.251
2018-06-26 23:00	검무교	-	7.3	-	15.5	588.0	6.9	771.0	0.758	0.237	8.720	0.06	4.7	9.2	1.897
2018-06-27 00:00	검무교	-	7.3	-	12.8	67.0	4.0	116.2	0.322	0.058	5.760	0.03	3.5	3.8	2.055
2018-06-27 01:00	검무교	-	7.3	-	10.9	27.0	2.5	60.2	0.134	0.026	3.792	0.02	2.6	2.7	2.188
2018-06-27 02:00	검무교	-	7.3	-	9.6	40.0	2.1	61.6	0.125	0.011	2.976	0.04	2.2	3.6	2.291
2018-06-27 05:00	검무교	-	7.3	-	8.6	38.0	2.1	61.0	0.110	0.018	3.984	0.07	2.2	3.6	3.598
2018-06-27 10:00	검무교	-	7.3	-	8.4	37.0	2.2	32.4	0.086	0.005	3.888	0.04	2.4	4.0	2.166
2018-07-01 08:00	검무교	-	7.3	-	42.8	1.0	1.6	4.5	0.091	0.071	4.742	0.13	3.0	3.0	0.464
2018-07-01 10:00	검무교	-	7.0	-	18.0	1,789.0	7.4	2,258.0	1.944	0.522	28.448	0.13	3.2	19.2	1.136
2018-07-01 12:00	검무교	-	7.0	-	14.6	1,050.0	8.2	1,660.0	1.984	0.428	6.952	0.12	3.0	13.9	16.923
2018-07-01 14:00	검무교	-	6.7	-	8.6	547.0	7.0	652.5	0.904	0.207	4.498	0.10	2.4	11.5	28.607
2018-07-01 16:00	검무교	-	6.6	-	7.6	793.0	7.3	665.5	1.032	0.181	10.190	0.11	2.4	13.4	22.774
2018-07-01 18:00	검무교	-	6.8	-	7.0	295.0	7.1	272.0	0.474	0.119	4.171	0.10	2.2	9.2	18.913
2018-07-01 22:00	검무교	-	6.8	-	7.8	24.0	2.4	32.2	0.154	0.041	2.357	0.09	1.5	6.5	15.338

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-02 02:00	검무교	-	6.9	-	8.5	20.0	2.7	28.2	0.072	0.031	3.415	0.11	1.6	4.8	13.071
2018-07-02 06:00	검무교	-	6.9	-	7.9	10.0	3.2	19.6	0.096	0.031	2.167	0.10	1.7	5.1	14.582
2018-07-02 10:00	검무교	-	7.2	-	39.5	2.0	1.9	3.8	0.072	0.037	5.880	0.10	2.9	6.2	21.044
2018-07-02 14:00	검무교	-	7.0	-	40.5	2.0	2.3	1.6	0.091	0.069	5.122	0.10	3.1	4.6	17.837
2018-07-02 21:30	검무교	-	7.1	-	9.0	6.0	1.8	10.4	0.062	0.028	2.304	0.11	1.6	4.1	12.898
2018-07-04 23:00	검무교	-	6.6	-	6.9	190.0	2.0	252.7	0.379	0.113	6.005	0.03	2.3	5.1	14.396
2018-07-05 01:00	검무교	-	6.5	-	6.1	135.0	2.2	254.3	0.305	0.074	7.387	0.04	1.8	4.9	31.059
2018-07-05 03:00	검무교	-	6.2	-	4.9	673.0	4.9	906.5	0.901	0.105	12.806	0.04	1.6	13.4	73.681
2018-07-05 05:00	검무교	-	6.3	-	4.4	169.0	3.6	326.7	0.384	0.039	8.981	0.03	1.2	9.0	59.932
2018-07-05 07:00	검무교	-	6.4	-	4.5	85.0	1.4	90.0	0.125	0.011	8.290	0.05	1.2	5.9	47.922
2018-07-05 09:00	검무교	-	6.4	-	5.0	22.0	1.0	40.5	0.061	0.012	5.424	0.04	1.6	4.6	37.282
2018-07-05 11:00	검무교	-	6.5	-	5.4	14.0	1.2	20.0	0.051	0.011	5.952	0.04	1.7	5.0	30.939
2018-07-05 13:00	검무교	-	6.5	-	5.6	10.0	1.1	10.0	0.030	0.011	5.155	0.02	1.9	3.4	26.933
2018-07-05 15:00	검무교	-	6.5	-	5.9	10.0	1.0	12.2	0.030	0.011	4.891	0.03	2.4	3.6	24.078
2018-07-05 17:00	검무교	-	6.3	-	6.3	9.0	1.5	7.2	0.035	0.012	2.448	0.03	2.3	3.1	21.326
2018-07-05 19:00	검무교	-	6.4	-	6.4	8.0	1.2	8.2	0.030	0.011	3.192	0.03	2.2	3.0	20.028
2018-07-05 21:00	검무교	-	6.4	-	6.5	4.0	1.6	7.2	0.035	0.014	1.862	0.02	1.5	2.9	18.177

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-09 14:00	검무교	-	7.0	-	11.8	28.0	1.8	52.0	0.093	0.022	4.838	0.02	2.0	1.5	5.802
2018-07-09 16:00	검무교	-	7.0	-	9.5	42.0	1.5	37.0	0.094	0.067	4.440	0.01	2.0	3.0	6.315
2018-07-09 18:00	검무교	-	6.9	-	9.3	5.0	1.4	7.0	0.036	0.014	3.398	0.01	2.2	2.4	7.281
2018-07-09 22:00	검무교	-	6.8	-	10.6	10.0	1.4	21.5	0.036	0.019	3.547	0.01	1.7	2.9	7.377
2018-07-10 02:00	검무교	-	6.9	-	8.8	5.0	1.3	14.3	0.025	0.019	3.425	0.01	1.5	2.4	7.233
2018-07-10 04:00	검무교	-	7.0	-	8.6	5.0	1.2	6.3	0.019	0.014	3.499	0.01	1.7	2.7	7.722
2018-07-10 08:00	검무교	-	7.1	-	8.5	2.0	1.3	7.3	0.017	0.012	3.175	0.01	1.9	2.5	7.897
2018-07-10 12:00	검무교	-	7.1	-	8.1	2.0	1.2	2.7	0.048	0.014	4.243	0.02	2.0	2.4	7.672
2018-07-10 16:00	검무교	-	7.1	-	8.0	2.0	1.0	3.3	0.013	0.012	2.705	0.01	1.9	2.4	7.281
2018-07-10 22:00	검무교	-	7.0	-	8.2	6.0	1.3	5.0	0.019	0.016	2.878	0.02	1.7	2.1	6.741
2018-07-11 02:00	검무교	-	7.0	-	8.4	6.0	1.1	6.7	0.017	0.016	3.151	0.02	1.8	2.6	6.404
2018-07-11 08:00	검무교	-	7.0	-	8.3	2.0	1.2	4.3	0.020	0.016	4.514	0.01	1.7	2.4	6.034
2018-07-18 13:00	검무교	25.2	8.1	6.5	14.4	12.0	1.6	3.0	0.070	0.054	9.775	0.04	3.0	2.3	1.075
2018-08-16 12:55	검무교	22.0	7.5	6.8	17.1	43.0	4.6	526.0	0.716	0.210	7.776	0.07	1.1	9.8	5.700
2018-08-24 00:00	검무교	-	7.0	-	19.1	14.0	1.8	49.3	0.060	0.037	4.879	0.09	3.1	2.9	1.204
2018-08-24 02:00	검무교	-	6.9	-	14.6	104.0	3.4	105.3	0.226	0.120	5.102	0.08	2.8	5.0	2.433
2018-08-24 04:00	검무교	-	6.8	-	10.0	121.0	2.8	142.7	0.249	0.083	4.272	0.08	1.7	4.1	10.325

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-24 06:00	검무교	-	6.8	-	6.6	41.0	2.2	50.3	0.106	0.026	2.664	0.08	1.2	6.6	17.293
2018-08-24 08:00	검무교	-	6.7	-	5.5	30.0	2.2	38.7	0.098	0.032	5.213	0.08	1.3	6.6	20.348
2018-08-24 10:00	검무교	-	6.2	-	4.2	620.0	6.6	592.0	0.747	0.141	5.728	0.09	1.2	18.7	79.061
2018-08-24 12:00	검무교	-	6.3	-	3.8	117.0	4.6	205.0	0.232	0.044	3.274	0.09	1.2	12.5	45.980
2018-08-24 14:00	검무교	-	6.4	-	4.2	38.0	2.1	58.7	0.093	0.016	2.218	0.10	0.9	8.5	33.262
2018-08-24 16:00	검무교	-	6.5	-	4.5	19.0	1.1	27.3	0.025	0.011	2.165	0.08	0.8	7.8	26.497
2018-08-24 18:00	검무교	-	6.6	-	4.9	12.0	1.2	16.7	0.025	0.009	4.382	0.08	0.9	6.4	21.898
2018-08-24 20:00	검무교	-	6.6	-	5.2	20.0	1.0	19.7	0.020	0.007	6.101	0.08	1.2	5.7	18.608
2018-08-24 22:00	검무교	-	6.6	-	5.3	11.0	0.9	10.0	0.020	0.007	3.274	0.08	1.2	5.8	16.118
2018-08-28 14:00	검무교	-	6.8	-	6.7	10.0	0.4	12.0	0.914	0.839	11.434	0.10	1.0	3.6	8.466
2018-08-28 16:00	검무교	-	6.6	-	6.5	2.0	0.3	1.0	0.125	0.074	2.131	0.05	1.2	3.1	8.706
2018-08-28 18:00	검무교	-	6.7	-	6.5	5.0	0.4	5.7	0.033	0.028	2.678	0.04	1.2	2.9	9.508
2018-08-28 20:00	검무교	-	6.8	-	7.2	6.0	0.3	8.3	0.029	0.025	3.662	0.05	1.4	2.8	10.206
2018-08-28 22:00	검무교	-	6.7	-	7.4	3.0	0.2	1.0	0.030	0.024	6.566	0.05	1.3	2.9	11.957
2018-08-29 00:00	검무교	-	6.7	-	7.6	3.0	0.3	2.0	0.040	0.025	5.141	0.05	1.3	2.7	14.731
2018-08-29 02:00	검무교	-	6.7	-	6.7	9.0	0.3	14.7	0.032	0.024	4.210	0.04	1.2	2.7	18.305
2018-08-29 04:00	검무교	-	6.8	-	6.5	13.0	0.4	18.3	0.052	0.033	3.883	0.05	1.3	2.9	20.950
2018-08-29 06:00	검무교	-	6.7	-	5.9	20.0	0.4	29.7	0.050	0.025	2.952	0.04	1.0	3.1	19.577

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-29 08:00	검무교	-	6.7	-	5.4	42.0	0.5	46.0	0.082	0.036	4.320	0.05	1.1	3.3	17.837
2018-08-29 10:00	검무교	-	6.6	-	5.1	25.0	0.4	29.0	0.080	0.030	11.286	0.05	1.2	3.6	16.638
2018-09-04 13:30	검무교	-	6.6	-	5.2	10.0	0.4	15.0	0.047	0.025	2.526	0.05	1.0	3.9	30.286
2018-09-17 11:30	검무교	18.5	8.0	9.4	9.0	0.0	0.2	0.6	0.031	0.012	5.779	0.08	2.0	2.1	1.115
2018-10-10 12:10	검무교	12.8	7.2	9.8	9.4	0.0	0.4	1.3	0.034	0.008	8.198	0.20	2.4	1.7	3.143
2018-11-16 13:40	검무교	7.2	7.5	11.8	8.4	8.0	0.3	1.7	0.012	0.003	6.931	0.05	1.6	4.2	0.946
2018-12-04 12:40	검무교	7.4	7.3	13.1	9.2	5.0	0.4	3.0	0.027	0.021	12.288	0.07	1.9	4.3	1.020
2018-05-14 14:30	송계교	19.7	7.7	9.2	16.1	5.0	0.6	5.4	0.024	0.004	9.096	0.06	2.8	1.3	2.569
2018-06-14 14:10	송계교	24.7	7.4	9.5	20.7	6.0	0.8	5.8	0.072	0.029	4.800	0.04	3.2	1.8	0.760
2018-06-26 13:00	송계교	-	7.6	-	22.1	15.0	1.6	35.2	0.106	0.052	5.760	0.04	4.6	2.2	0.400
2018-06-26 15:00	송계교	-	7.6	-	20.7	28.0	2.0	61.6	0.187	0.093	5.856	0.03	4.4	2.5	0.660
2018-06-26 17:00	송계교	-	7.4	-	18.5	295.0	5.4	278.3	0.936	0.156	7.440	0.02	4.5	4.7	1.750
2018-06-26 19:00	송계교	-	7.2	-	15.9	482.0	4.9	445.0	1.288	0.173	7.680	0.03	4.1	6.3	2.280
2018-06-26 21:00	송계교	-	7.3	-	14.6	335.0	4.1	331.0	1.024	0.123	8.160	0.08	3.5	6.0	2.400
2018-06-26 22:00	송계교	-	7.3	-	14.3	329.0	4.4	370.0	1.072	0.113	8.160	0.05	3.6	6.4	2.650
2018-06-26 23:00	송계교	-	7.2	-	14.7	878.0	5.3	854.5	1.166	0.248	14.000	0.05	3.9	6.1	4.500
2018-06-27 00:00	송계교	-	7.2	-	2.1	341.0	8.2	1,950.0	1.832	0.239	18.000	0.08	4.0	9.1	5.270

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-06-27 01:00	송계교	-	7.1	-	2.3	683.0	7.4	1,818.7	1.824	0.293	18.000	0.04	4.4	14.3	7.690
2018-06-27 02:00	송계교	-	7.2	-	12.8	955.0	6.1	1,007.3	1.480	0.220	15.200	0.04	3.6	6.5	6.270
2018-06-27 05:00	송계교	-	7.4	-	12.3	139.0	2.6	190.0	0.403	0.082	9.120	0.04	3.3	20.0	4.880
2018-06-27 10:00	송계교	-	7.4	-	12.5	90.0	2.0	126.3	0.283	0.060	9.456	0.03	3.4	14.0	3.340
2018-07-01 08:00	송계교	-	7.2	-	20.6	36.0	2.6	63.0	0.168	0.057	5.256	0.09	3.0	2.9	0.820
2018-07-01 10:00	송계교	-	7.4	-	19.9	70.0	2.6	98.2	0.235	0.088	5.256	0.09	3.2	3.4	1.950
2018-07-01 12:00	송계교	-	6.9	-	17.3	2,033.0	29.7	13,360.0	4.632	0.296	45.792	0.13	3.1	34.4	39.170
2018-07-01 14:00	송계교	-	6.7	-	11.0	1,915.0	18.8	3,586.0	4.344	0.262	10.032	0.12	3.1	33.6	46.760
2018-07-01 16:00	송계교	-	6.8	-	9.5	1,015.0	8.2	2,247.0	1.624	0.198	5.600	0.13	2.8	15.4	40.980
2018-07-01 18:00	송계교	-	6.9	-	11.9	647.0	8.0	1,049.5	1.120	0.188	11.016	0.12	2.7	11.8	34.040
2018-07-01 22:00	송계교	-	7.0	-	10.2	281.0	7.3	1,029.0	0.792	0.135	4.714	0.11	2.9	7.6	28.650
2018-07-02 02:00	송계교	-	7.1	-	11.1	253.0	6.0	641.5	0.618	0.134	3.307	0.10	2.6	6.6	25.840
2018-07-02 06:00	송계교	-	7.0	-	11.4	579.0	5.7	1,241.5	1.086	0.182	4.282	0.10	3.0	10.3	27.930
2018-07-02 10:00	송계교	-	7.0	-	13.9	751.0	6.8	2,557.0	1.968	0.156	8.856	0.11	2.6	10.2	34.860
2018-07-02 14:00	송계교	-	7.1	-	12.0	114.0	4.6	340.0	0.470	0.084	5.851	0.10	2.6	6.0	30.890
2018-07-02 21:45	송계교	-	7.2	-	11.9	74.0	4.3	356.2	0.413	0.069	3.686	0.10	2.6	6.0	23.860
2018-07-04 23:00	송계교	-	6.8	-	9.2	31.0	1.3	147.5	0.173	0.033	2.659	0.05	1.7	4.2	22.600

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-05 01:00	송계교	-	6.4	-	8.9	1,912.0	8.3	6,031.0	3.424	0.361	10.456	0.03	3.4	35.5	59.910
2018-07-05 03:00	송계교	-	6.4	-	7.1	1,251.0	7.8	2,332.0	2.444	0.166	7.712	0.03	2.6	26.1	96.350
2018-07-05 05:00	송계교	-	6.5	-	6.7	542.0	4.8	890.5	1.578	0.096	5.672	0.03	1.9	15.2	85.390
2018-07-05 07:00	송계교	-	6.8	-	7.3	218.0	2.8	644.0	0.584	0.063	2.712	0.02	2.3	8.7	69.910
2018-07-05 09:00	송계교	-	6.8	-	7.4	108.0	2.6	490.0	0.469	0.044	5.261	0.03	2.5	7.3	58.730
2018-07-05 11:00	송계교	-	6.8	-	7.9	98.0	2.4	398.3	0.274	0.041	3.614	0.03	2.8	5.9	51.980
2018-07-05 13:00	송계교	-	6.8	-	8.3	62.0	2.0	186.0	0.272	0.028	2.765	0.02	1.7	4.7	46.760
2018-07-05 15:00	송계교	-	6.7	-	8.4	53.0	2.2	329.5	0.208	0.036	4.253	0.03	3.0	4.8	41.910
2018-07-05 17:00	송계교	-	6.8	-	9.1	42.0	0.9	143.0	0.209	0.020	3.456	0.02	3.0	4.0	38.280
2018-07-05 19:00	송계교	-	6.9	-	9.3	31.0	1.4	212.0	0.181	0.020	2.712	0.03	1.9	3.8	34.860
2018-07-05 21:00	송계교	-	7.0	-	9.8	37.0	1.2	131.2	0.145	0.023	3.192	0.03	3.2	3.5	33.230
2018-07-09 14:00	송계교	-	7.2	-	13.5	32.0	1.3	149.7	0.096	0.012	5.681	0.01	2.3	2.2	11.510
2018-07-09 16:00	송계교	-	7.2	-	13.3	59.0	1.3	110.7	0.158	0.022	5.261	0.01	2.5	2.3	12.740
2018-07-09 18:00	송계교	-	7.1	-	12.8	178.0	2.2	248.7	0.319	0.069	4.838	0.01	2.5	2.7	16.440
2018-07-09 22:00	송계교	-	7.2	-	14.7	67.0	1.3	159.3	0.222	0.057	5.234	0.01	2.4	3.2	15.940
2018-07-10 02:00	송계교	-	7.2	-	14.9	34.0	1.2	92.7	0.151	0.047	6.005	0.01	2.4	4.5	14.980
2018-07-10 04:00	송계교	-	7.3	-	12.4	54.0	1.4	179.0	0.180	0.041	6.302	0.02	2.6	3.3	15.940

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-10 08:00	송계교	-	7.1	-	12.1	18.0	1.2	82.0	0.108	0.020	4.118	0.02	2.7	2.7	16.440
2018-07-10 12:00	송계교	-	7.1	-	14.4	11.0	1.0	43.7	0.093	0.019	4.217	0.01	2.3	2.7	15.940
2018-07-10 16:00	송계교	-	7.2	-	12.5	22.0	1.2	143.0	0.114	0.016	6.550	0.01	2.4	3.0	14.980
2018-07-10 22:00	송계교	-	7.2	-	12.7	25.0	1.2	126.7	0.118	0.022	4.366	0.02	2.5	2.7	14.060
2018-07-11 02:00	송계교	-	7.2	-	12.8	5.0	1.2	23.3	0.072	0.014	4.740	0.02	2.5	2.6	13.610
2018-07-11 08:00	송계교	-	7.2	-	13.1	10.0	1.6	51.3	0.069	0.016	4.639	0.01	2.8	2.6	12.740
2018-07-18 14:10	송계교	26.9	8.2	7.2	22.2	16.0	1.6	4.0	0.098	0.067	9.910	0.05	3.7	2.0	1.95
2018-08-16 13:15	송계교	22.1	7.7	6.6	12.9	1,492.0	7.4	1,353.0	1.311	0.261	11.563	0.09	1.5	14.5	14.510
2018-08-24 00:00	송계교	-	7.4	-	20.0	5.0	0.9	18.0	0.045	0.026	4.712	0.08	3.0	2.4	1.850
2018-08-24 02:00	송계교	-	7.4	-	19.8	26.0	0.9	45.0	0.078	0.026	4.214	0.08	2.9	2.6	4.320
2018-08-24 04:00	송계교	-	7.2	-	17.1	59.0	2.4	108.0	0.136	0.071	5.323	0.08	2.9	3.8	14.060
2018-08-24 06:00	송계교	-	7.0	-	12.9	171.0	4.4	285.0	0.430	0.101	3.773	0.08	2.0	5.5	24.510
2018-08-24 08:00	송계교	-	6.9	-	8.9	231.0	3.7	365.0	0.593	0.110	3.547	0.08	1.7	6.9	34.860
2018-08-24 10:00	송계교	-	6.7	-	8.9	365.0	4.8	486.0	0.926	0.180	3.715	0.08	1.7	7.7	115.390
2018-08-24 12:00	송계교	-	6.5	-	6.5	1,031.0	7.1	966.0	1.767	0.178	7.024	0.09	1.0	16.1	79.520
2018-08-24 14:00	송계교	-	6.5	-	5.9	395.0	5.2	455.0	0.712	0.081	10.720	0.09	1.2	15.0	59.910
2018-08-24 16:00	송계교	-	6.6	-	6.5	143.0	3.9	366.0	0.288	0.069	7.024	0.08	1.1	8.3	49.850

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μ s/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-24 18:00	송계교	-	6.7	-	6.8	85.0	3.0	142.0	0.294	0.066	2.885	0.08	1.0	7.4	41.910
2018-08-24 20:00	송계교	-	6.7	-	7.3	55.0	2.6	253.0	0.254	0.052	2.554	0.08	1.0	6.0	36.540
2018-08-24 22:00	송계교	-	6.8	-	7.6	48.0	1.9	182.0	0.165	0.052	2.386	0.08	1.0	5.0	32.440
2018-08-28 14:00	송계교	-	7.1	-	10.5	130.0	1.0	325.0	0.368	0.072	5.058	0.04	2.2	3.6	16.950
2018-08-28 16:00	송계교	-	7.0	-	10.2	46.0	0.5	206.3	0.188	0.047	3.828	0.04	1.7	3.0	17.460
2018-08-28 18:00	송계교	-	6.9	-	10.1	28.0	0.5	117.0	0.112	0.042	3.420	0.05	1.7	2.9	18.530
2018-08-28 20:00	송계교	-	6.9	-	10.4	45.0	0.5	125.3	0.118	0.052	2.526	0.05	1.8	3.4	20.790
2018-08-28 22:00	송계교	-	6.9	-	10.7	32.0	0.4	91.7	0.117	0.055	1.980	0.04	1.8	2.6	24.510
2018-08-29 00:00	송계교	-	6.8	-	10.7	28.0	0.4	89.3	0.088	0.057	3.348	0.04	1.9	2.7	32.440
2018-08-29 02:00	송계교	-	6.9	-	10.6	60.0	0.5	145.7	0.170	0.080	9.642	0.05	2.5	3.1	40.070
2018-08-29 04:00	송계교	-	6.8	-	10.4	114.0	0.6	245.0	0.127	0.090	11.694	0.04	1.9	5.1	43.810
2018-08-29 06:00	송계교	-	6.8	-	9.6	210.0	0.9	373.3	0.368	0.125	3.966	0.05	1.7	6.6	40.980
2018-08-29 08:00	송계교	-	6.7	-	8.8	156.0	1.4	252.3	0.290	0.101	4.716	0.04	1.7	7.8	37.400
2018-08-29 10:00	송계교	-	6.7	-	8.4	85.0	0.5	215.0	0.222	0.068	3.624	0.05	1.9	4.6	34.860
2018-08-29 12:00	송계교	-	6.7	-	9.5	74.0	0.6	333.0	0.260	0.065	4.308	0.05	1.4	4.6	32.440
2018-09-04 13:50	송계교	-	6.8	-	8.0	43.0	0.3	218.0	0.152	0.042	4.308	0.04	1.2	3.6	62.310
2018-09-17 11:50	송계교	19.7	7.9	9.0	16.7	2.0	0.2	1.6	0.032	0.030	6.494	0.08	3.1	1.9	2.520

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-10-10 12:20	송계교	13.3	7.1	9.9	14.4	10.0	0.3	4.0	0.030	0.022	8.597	0.10	2.8	1.8	8.310
2018-11-16 14:50	송계교	8.7	7.1	13.7	15.2	12.0	0.2	2.7	0.019	0.016	4.488	0.06	3.0	2.1	2.650
2018-12-04 13:10	송계교	8.3	7.0	12.1	13.4	410.0	1.8	345.0	0.318	0.079	13.328	0.08	2.8	7.4	3.500
2018-05-14 15:20	제1여량교	19.0	8.3	10.2	22.3	2.0	0.9	5.2	0.019	0.004	9.120	0.06	2.5	1.6	10.290
2018-06-14 14:40	제1여량교	25.3	7.1	10.9	22.5	7.0	1.6	5.8	0.034	0.006	3.888	0.04	2.6	2.0	1.290
2018-06-26 13:00	제1여량교	-	7.8	-	21.2	6.0	1.3	12.8	0.058	0.004	11.040	0.05	2.6	4.8	0.850
2018-06-26 15:00	제1여량교	-	7.9	-	21.3	6.0	1.2	5.6	0.038	0.004	8.112	0.03	2.5	4.0	0.950
2018-06-26 17:00	제1여량교	-	7.9	-	21.5	7.0	1.4	8.0	0.034	0.005	8.256	0.05	2.7	2.1	2.830
2018-06-26 19:00	제1여량교	-	7.9	-	21.9	7.0	1.4	6.4	0.034	0.005	7.776	0.03	2.6	1.9	2.040
2018-06-26 21:00	제1여량교	-	7.8	-	21.3	5.0	1.4	2.6	0.034	0.005	6.096	0.06	0.8	1.9	1.710
2018-06-26 22:00	제1여량교	-	7.8	-	21.8	17.0	1.4	11.4	0.034	0.004	4.560	0.03	2.4	2.0	1.710
2018-06-26 23:00	제1여량교	-	7.8	-	22.3	44.0	2.0	27.8	0.067	0.007	4.080	0.05	2.6	2.0	3.050
2018-06-27 00:00	제1여량교	-	7.9	-	22.1	114.0	1.6	75.3	0.082	0.005	4.560	0.04	2.9	2.4	4.380
2018-06-27 01:00	제1여량교	-	7.9	-	22.4	49.0	1.9	29.6	0.067	0.007	5.760	0.04	2.7	2.3	4.380
2018-06-27 02:00	제1여량교	-	7.8	-	22.5	43.0	1.8	37.6	0.082	0.007	5.328	0.04	3.1	2.5	2.610
2018-06-27 05:00	제1여량교	-	7.9	-	22.1	39.0	2.2	29.6	0.086	0.013	5.136	0.05	3.0	2.5	6.870
2018-06-27 10:00	제1여량교	-	7.9	-	22.3	43.0	1.5	112.0	0.101	0.019	5.040	0.04	3.0	2.9	10.290

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-01 08:00	제1여량교	-	7.7	-	24.6	15.0	3.6	39.4	0.144	0.035	2.873	0.12	2.3	3.7	4.090
2018-07-01 10:00	제1여량교	-	7.7	-	29.8	25.0	2.9	26.4	0.115	0.062	4.932	0.09	2.3	3.4	4.380
2018-07-01 12:00	제1여량교	-	7.6	-	28.3	8.0	3.5	12.4	0.062	0.041	2.657	0.10	2.2	2.8	9.840
2018-07-01 14:00	제1여량교	-	7.7	-	23.7	203.0	6.0	163.0	0.120	0.075	3.307	0.15	2.4	3.8	17.690
2018-07-01 16:00	제1여량교	-	7.6	-	23.1	146.0	4.7	138.0	0.235	0.084	12.355	0.10	2.7	4.7	17.690
2018-07-01 18:00	제1여량교	-	7.5	-	23.8	542.0	7.0	578.5	0.732	0.178	8.400	0.10	3.0	8.7	106.170
2018-07-01 22:00	제1여량교	-	7.3	-	16.4	502.0	6.6	220.5	0.828	0.237	6.144	0.10	2.9	6.8	99.480
2018-07-02 02:00	제1여량교	-	7.5	-	22.7	305.0	4.9	309.0	0.528	0.159	6.056	0.11	3.2	7.3	161.560
2018-07-02 06:00	제1여량교	-	7.6	-	23.2	122.0	4.6	121.0	0.278	0.093	6.504	0.12	3.2	4.8	161.560
2018-07-02 10:00	제1여량교	-	7.6	-	19.4	142.0	5.4	186.3	0.240	0.084	21.350	0.10	3.0	5.1	228.090
2018-07-02 14:00	제1여량교	-	7.6	-	22.4	151.0	5.3	210.7	0.288	0.087	5.093	0.09	3.0	5.6	254.320
2018-07-02 16:00	제1여량교	-	7.6	-	19.1	115.0	4.2	113.0	0.182	0.063	2.818	0.10	1.9	4.8	246.070
2018-07-02 23:00	제1여량교	-	7.4	-	22.1	24.0	3.0	35.6	0.120	0.047	4.742	0.11	2.6	3.8	195.310
2018-07-03 13:00	제1여량교	-	7.6	-	23.0	13.0	3.6	21.6	0.036	0.034	6.883	0.10	3.1	2.5	89.980
2018-07-04 03:00	제1여량교	-	7.7	-	24.1	9.0	2.9	11.8	0.048	0.038	5.690	0.09	3.0	2.8	57.140
2018-07-04 23:00	제1여량교	-	7.1	-	14.6	16.0	1.2	31.0	0.084	0.016	4.627	0.03	3.2	3.5	88.630
2018-07-05 01:00	제1여량교	-	7.2	-	14.6	74.0	1.2	87.0	0.091	0.025	7.973	0.02	3.1	4.1	124.190

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-05 03:00	제1여량교	-	7.5	-	16.2	341.0	2.8	469.0	0.470	0.078	5.050	0.02	3.1	10.8	250.170
2018-07-05 05:00	제1여량교	-	7.5	-	18.7	823.0	3.2	935.0	0.922	0.146	6.005	0.03	2.9	15.0	406.080
2018-07-05 07:00	제1여량교	-	7.1	-	16.1	974.0	5.7	1,015.5	1.322	0.152	5.261	0.03	3.0	15.0	454.330
2018-07-05 09:00	제1여량교	-	7.3	-	16.0	398.0	3.9	581.5	0.655	0.096	4.786	0.02	2.3	10.4	417.140
2018-07-05 11:00	제1여량교	-	7.4	-	15.4	194.0	3.1	194.2	0.453	0.080	2.976	0.03	2.4	8.4	358.430
2018-07-05 13:00	제1여량교	-	7.5	-	15.2	126.0	2.9	136.2	0.226	0.055	2.285	0.03	1.9	7.9	323.780
2018-07-05 15:00	제1여량교	-	7.5	-	15.5	72.0	1.4	82.2	0.119	0.039	1.968	0.03	1.5	9.8	295.720
2018-07-05 19:00	제1여량교	-	7.5	-	16.0	25.0	1.7	34.2	0.087	0.033	3.456	0.02	2.6	9.7	254.320
2018-07-05 23:00	제1여량교	-	7.6	-	16.2	27.0	1.3	32.2	0.069	0.025	9.566	0.05	3.0	3.2	224.210
2018-07-06 11:00	제1여량교	-	7.6	-	17.3	24.0	1.3	26.0	0.071	0.027	11.424	0.03	3.1	3.5	106.170
2018-07-09 16:00	제1여량교	-	7.4	-	22.5	5.0	1.1	24.0	0.052	0.012	4.714	0.01	2.6	2.1	38.480
2018-07-09 22:00	제1여량교	-	7.5	-	22.4	3.0	1.4	10.0	0.040	0.014	4.514	0.02	2.6	2.3	40.280
2018-07-10 00:00	제1여량교	-	7.5	-	18.5	5.0	1.6	3.7	0.039	0.014	4.862	0.01	2.2	2.4	43.040
2018-07-10 04:00	제1여량교	-	7.6	-	18.3	4.0	1.0	3.0	0.032	0.016	4.788	0.01	2.2	2.0	43.980
2018-07-10 06:00	제1여량교	-	7.6	-	19.0	18.0	1.2	15.7	0.050	0.025	4.963	0.02	2.5	2.6	55.000
2018-07-10 08:00	제1여량교	-	7.5	-	21.6	13.0	1.0	10.3	0.036	0.020	4.987	0.02	2.0	2.3	61.540
2018-07-10 14:00	제1여량교	-	7.6	-	17.8	6.0	1.0	6.0	0.049	0.011	5.832	0.01	1.8	2.3	61.540

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-10 18:00	제1여량교	-	7.6	-	21.3	3.0	1.2	1.0	0.047	0.011	5.458	0.01	1.9	2.4	61.540
2018-07-10 20:00	제1여량교	-	7.6	-	22.0	2.0	1.6	5.3	0.044	0.012	6.401	0.01	1.7	2.6	56.070
2018-07-11 00:00	제1여량교	-	7.6	-	22.4	9.0	1.0	12.7	0.049	0.009	4.366	0.01	1.9	2.4	48.840
2018-07-11 04:00	제1여량교	-	7.6	-	19.3	3.0	0.9	6.0	0.027	0.012	4.243	0.01	2.2	2.4	38.480
2018-07-11 10:00	제1여량교	-	7.6	-	19.4	2.0	1.0	1.0	0.042	0.017	4.118	0.01	2.0	2.4	35.030
2018-07-18 14:50	제1여량교	27.6	8.8	7.8	25.5	5.0	2.1	2.4	0.061	0.054	9.910	0.05	3.2	1.8	6.870
2018-08-16 13:45	제1여량교	25.5	7.9	7.4	28.4	17.0	1.1	18.7	0.175	0.012	4.380	0.06	1.6	2.0	3.810
2018-08-23 22:00	제1여량교	-	7.4	-	24.4	18.0	1.0	18.3	0.080	0.014	1.608	0.09	0.9	2.7	1.710
2018-08-24 02:00	제1여량교	-	7.5	-	24.9	7.0	0.8	10.0	0.017	0.009	3.494	0.09	1.5	2.5	2.220
2018-08-24 06:00	제1여량교	-	7.5	-	25.1	32.0	0.8	36.0	0.035	0.011	1.939	0.09	1.6	2.3	3.550
2018-08-24 10:00	제1여량교	-	7.5	-	24.0	75.0	1.4	56.7	0.065	0.016	2.165	0.08	1.6	2.7	8.540
2018-08-24 14:00	제1여량교	-	7.4	-	20.3	332.0	5.0	60.5	0.650	0.125	4.157	0.08	1.6	7.4	180.320
2018-08-24 18:00	제1여량교	-	7.3	-	15.0	182.0	2.2	163.5	0.349	0.103	4.992	0.09	0.9	5.8	205.750
2018-08-24 22:00	제1여량교	-	7.3	-	13.4	58.0	1.0	52.7	0.140	0.066	2.938	0.08	1.4	5.0	128.020
2018-08-25 02:00	제1여량교	-	7.3	-	15.5	24.0	0.9	25.7	0.061	0.048	1.939	0.08	1.3	3.8	88.630
2018-08-25 06:00	제1여량교	-	7.4	-	16.7	25.0	1.1	29.7	0.053	0.021	4.714	0.08	1.2	3.5	66.100
2018-08-25 10:00	제1여량교	-	7.4	-	17.2	15.0	1.1	22.3	0.065	0.029	2.827	0.09	1.5	3.2	57.140

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-25 14:00	제1여량교	-	7.6	-	24.3	6.0	0.9	9.7	0.048	0.031	3.048	0.09	1.8	2.0	50.850
2018-08-27 15:00	제1여량교	-	7.6	-	21.3	7.0	0.7	4.0	0.030	0.029	4.325	0.08	1.8	2.3	19.540
2018-08-28 14:00	제1여량교	-	6.9	-	17.7	65.0	0.3	216.3	0.160	0.074	5.058	0.05	1.8	4.4	69.620
2018-08-28 16:00	제1여량교	-	7.1	-	20.6	34.0	0.4	43.0	0.118	0.058	4.587	0.04	1.9	3.5	66.100
2018-08-28 18:00	제1여량교	-	7.2	-	17.9	30.0	0.3	28.7	0.082	0.038	4.157	0.04	2.0	2.9	63.800
2018-08-28 20:00	제1여량교	-	7.3	-	17.2	20.0	0.4	18.0	0.084	0.041	2.952	0.04	1.9	3.1	63.800
2018-08-28 22:00	제1여량교	-	7.3	-	17.3	15.0	0.4	14.7	0.063	0.030	2.515	0.05	1.7	3.2	69.620
2018-08-29 00:00	제1여량교	-	7.3	-	17.3	14.0	0.4	13.0	0.048	0.025	2.322	0.04	1.9	3.2	74.470
2018-08-29 02:00	제1여량교	-	7.2	-	17.2	13.0	0.3	16.7	0.032	0.030	3.144	0.05	2.4	3.1	83.340
2018-08-29 04:00	제1여량교	-	7.3	-	17.3	15.0	0.3	14.7	0.043	0.031	4.867	0.05	2.8	2.7	120.430
2018-08-29 06:00	제1여량교	-	7.3	-	17.4	12.0	0.2	13.3	0.038	0.034	2.842	0.05	2.6	2.9	161.560
2018-08-29 08:00	제1여량교	-	7.3	-	17.9	26.0	0.6	22.7	0.070	0.030	2.626	0.05	2.2	2.9	185.230
2018-08-29 10:00	제1여량교	-	7.3	-	18.2	45.0	0.3	10.0	0.121	0.050	3.557	0.04	2.5	3.4	180.320
2018-08-29 12:00	제1여량교	-	7.3	-	18.9	52.0	0.5	120.7	0.121	0.063	4.378	0.05	2.9	3.4	161.560
2018-09-04 14:45	제1여량교	-	7.3	-	16.6	96.0	1.1	115.7	0.140	0.036	5.604	0.04	2.1	4.6	408.830
2018-09-17 13:10	제1여량교	21.5	8.7	10.2	25.5	1.0	0.5	2.0	0.033	0.018	15.019	0.10	2.6	1.6	6.460
2018-10-10 13:50	제1여량교	14.2	7.3	10.2	20.7	4.0	0.5	1.0	0.024	0.017	7.632	0.20	2.6	1.5	24.910

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μ s/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-11-16 15:40	제1여량교	9.5	8.1	14.6	21.5	0.0	0.3	1.0	0.016	0.009	5.347	0.08	2.4	4.8	7.730
2018-12-04 12:20	제1여량교	8.4	7.9	15.3	25.2	10.0	0.9	13.0	0.070	0.028	9.797	0.07	2.7	1.3	3.810
2018-05-14 10:10	태봉2교	14.2	7.2	7.8	24.3	5.0	0.5	4.6	0.072	0.048	9.336	0.04	2.8	1.7	1.021
2018-06-14 12:30	태봉2교	22.1	7.0	9.2	24.2	23.0	0.6	21.8	0.134	0.073	7.872	0.05	3.2	2.0	0.570
2018-06-26 13:00	태봉2교	-	7.5	-	22.2	292.0	5.5	668.0	0.773	0.098	10.400	0.03	4.9	5.4	0.473
2018-06-26 15:00	태봉2교	-	7.2	-	17.7	1,663.0	17.6	3,186.0	2.436	0.218	15.720	0.03	4.6	25.4	1.228
2018-06-26 17:00	태봉2교	-	7.2	-	15.3	1,434.0	11.6	1,856.0	2.124	0.204	12.720	0.06	4.2	6.8	1.439
2018-06-26 19:00	태봉2교	-	7.2	-	14.8	1,027.0	8.6	1,079.3	1.944	0.187	10.680	0.08	4.3	6.5	1.504
2018-06-26 21:00	태봉2교	-	7.3	-	14.6	762.0	7.7	1,086.0	1.704	0.173	11.400	0.08	3.9	19.6	1.266
2018-06-26 22:00	태봉2교	-	7.3	-	14.3	657.0	7.8	850.7	1.432	0.170	16.560	0.09	4.5	16.3	1.418
2018-06-26 23:00	태봉2교	-	7.1	-	13.5	1,954.0	15.5	3,914.0	4.104	0.268	23.400	0.07	4.6	14.2	4.153
2018-06-27 00:00	태봉2교	-	7.0	-	0.9	1,129.0	19.0	8,942.9	6.720	0.306	26.400	0.07	4.3	12.1	2.979
2018-06-27 01:00	태봉2교	-	7.1	-	13.8	1,389.0	13.8	2,660.0	4.056	0.234	21.480	0.08	3.2	35.0	2.406
2018-06-27 02:00	태봉2교	-	7.2	-	14.5	565.0	7.5	2,197.0	2.592	0.209	23.760	0.10	4.4	50.5	2.126
2018-06-27 05:00	태봉2교	-	7.4	-	2.3	150.0	3.9	581.7	1.032	0.151	9.552	0.07	4.1	29.5	1.326
2018-06-27 10:00	태봉2교	-	7.5	-	19.5	336.0	3.9	504.0	0.802	0.132	9.312	0.10	3.8	18.6	1.117
2018-07-01 08:00	태봉2교	-	7.6	-	26.3	115.0	4.2	231.0	0.418	0.118	8.102	0.11	3.4	4.3	0.941

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-01 10:00	태봉2교	-	7.2	-	22.5	1,729.0	8.0	2,562.0	2.112	0.285	33.960	0.10	3.7	30.6	3.997
2018-07-01 12:00	태봉2교	-	6.8	-	14.9	1,965.0	31.1	5,594.0	3.600	0.419	59.352	0.13	3.6	26.5	23.920
2018-07-01 14:00	태봉2교	-	6.8	-	12.4	1,341.0	8.6	3,040.0	2.136	0.456	15.168	0.15	3.8	20.2	5.635
2018-07-01 16:00	태봉2교	-	6.8	-	12.6	681.0	8.6	1,694.0	1.506	0.419	10.752	0.16	3.6	14.5	2.849
2018-07-01 18:00	태봉2교	-	6.9	-	16.1	281.0	7.5	440.5	1.188	0.284	9.322	0.12	3.7	8.1	4.292
2018-07-01 22:00	태봉2교	-	6.9	-	14.5	183.0	4.9	370.0	0.840	0.244	7.152	0.11	3.6	8.0	2.979
2018-07-02 02:00	태봉2교	-	7.0	-	16.4	143.0	4.2	283.0	0.588	0.247	5.962	0.11	3.7	6.9	2.962
2018-07-02 06:00	태봉2교	-	7.0	-	15.4	122.0	4.0	287.7	0.582	0.229	10.190	0.13	3.6	6.9	2.738
2018-07-02 10:00	태봉2교	-	7.1	-	15.6	121.0	4.4	207.4	0.470	0.216	9.053	0.10	3.3	7.0	3.111
2018-07-02 14:00	태봉2교	-	7.1	-	16.5	64.0	4.5	139.8	0.427	0.203	9.211	0.10	3.6	6.8	2.897
2018-07-02 21:05	태봉2교	-	7.2	-	17.9	67.0	4.3	121.2	0.326	0.162	8.076	0.10	3.4	6.0	1.929
2018-07-02 21:00	태봉2교	-	7.1	-	25.8	1,375.0	31.5	4,142.0	2.376	0.301	30.888	0.09	3.3	30.4	1.929
2018-07-04 23:00	태봉2교	-	7.3	-	18.9	186.0	4.0	2,130.8	0.673	0.130	13.819	0.02	3.8	8.7	1.829
2018-07-05 01:00	태봉2교	-	6.8	-	13.5	1,810.0	21.8	11,114.0	4.742	0.337	34.096	0.06	4.0	74.6	12.119
2018-07-05 03:00	태봉2교	-	6.8	-	9.6	918.0	5.1	4,870.0	1.995	0.354	20.904	0.05	3.2	7.9	5.635
2018-07-05 05:00	태봉2교	-	6.7	-	10.5	305.0	3.1	936.7	1.125	0.266	15.254	0.06	3.6	13.2	4.312
2018-07-05 07:00	태봉2교	-	6.8	-	13.7	173.0	3.9	666.0	0.778	0.183	14.827	0.06	4.2	7.0	2.833

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-05 09:00	태봉2교	-	6.9	-	13.9	115.0	2.7	259.7	0.535	0.168	15.360	0.04	3.5	5.8	2.292
2018-07-05 11:00	태봉2교	-	7.0	-	14.8	131.0	2.9	631.7	0.644	0.165	15.835	0.03	4.0	7.0	2.059
2018-07-05 13:00	태봉2교	-	7.1	-	16.2	87.0	2.3	717.7	0.527	0.143	16.848	0.04	4.3	5.3	1.135
2018-07-05 15:00	태봉2교	-	7.1	-	16.6	238.0	2.7	1,211.5	0.833	0.155	16.210	0.03	4.3	7.3	1.418
2018-07-05 17:00	태봉2교	-	7.1	-	16.7	219.0	2.5	984.0	1.052	0.155	15.998	0.04	4.4	8.9	1.418
2018-07-05 19:00	태봉2교	-	7.2	-	17.3	107.0	2.0	763.7	0.556	0.103	15.254	0.03	4.5	6.0	1.135
2018-07-05 21:00	태봉2교	-	7.1	-	20.5	201.0	2.6	1,290.3	1.128	0.128	14.083	0.03	4.6	6.7	0.989
2018-07-09 14:00	태봉2교	-	7.4	-	21.4	114.0	1.9	390.0	0.410	0.050	9.379	0.01	3.4	3.8	1.144
2018-07-09 16:00	태봉2교	-	7.3	-	18.4	365.0	2.9	1,069.0	1.096	0.110	8.534	0.01	3.1	5.2	1.829
2018-07-09 18:00	태봉2교	-	7.1	-	16.5	1,320.0	5.5	1,245.0	1.353	0.167	8.582	0.01	3.3	14.6	2.167
2018-07-09 22:00	태봉2교	-	7.3	-	21.7	227.0	2.2	467.0	0.989	0.098	12.706	0.01	3.4	5.8	1.418
2018-07-10 02:00	태봉2교	-	7.3	-	18.1	185.0	2.2	599.0	0.800	0.099	8.285	0.01	3.1	5.7	1.929
2018-07-10 04:00	태봉2교	-	7.3	-	18.4	121.0	1.8	559.5	0.492	0.079	11.213	0.02	3.6	5.0	1.685
2018-07-10 08:00	태봉2교	-	7.3	-	18.8	104.0	2.2	378.0	0.531	0.058	8.582	0.01	2.7	4.4	1.792
2018-07-10 12:00	태봉2교	-	7.3	-	23.3	68.0	2.1	418.0	0.378	0.061	7.690	0.03	3.1	4.0	1.504
2018-07-10 16:00	태봉2교	-	7.3	-	20.6	76.0	1.9	284.3	0.423	0.055	8.237	0.01	3.5	3.4	1.418
2018-07-10 22:00	태봉2교	-	7.3	-	20.3	64.0	1.8	254.7	0.338	0.049	9.029	0.02	2.9	3.5	1.720

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-07-11 02:00	태봉2교	-	7.3	-	20.7	54.0	1.2	163.3	0.140	0.041	8.731	0.02	4.0	3.6	1.841
2018-07-11 08:00	태봉2교	-	7.4	-	20.7	42.0	1.0	157.3	0.212	0.041	10.123	0.02	3.4	3.4	1.929
2018-07-18 11:40	태봉2교	23.5	7.8	5.8	28.8	30.0	1.3	16.6	0.119	0.073	9.775	0.04	4.9	2.2	1.345
2018-08-16 12:45	태봉2교	21.2	7.6	5.8	12.1	1,512.0	5.9	1,378.0	1.457	0.263	11.923	0.07	1.8	15.8	1.872
2018-08-24 00:00	태봉2교	-	6.8	-	21.7	121.0	1.9	355.0	0.621	0.123	5.990	0.08	3.3	3.8	7.712
2018-08-24 02:00	태봉2교	-	6.8	-	15.1	361.0	3.4	959.0	1.194	0.155	5.602	0.08	2.7	7.2	9.207
2018-08-24 04:00	태봉2교	-	6.8	-	12.7	456.0	5.0	983.0	1.920	0.178	9.800	0.08	2.3	9.1	10.676
2018-08-24 06:00	태봉2교	-	6.7	-	10.7	865.0	5.4	1,510.0	1.794	0.208	9.520	0.09	1.6	11.7	11.269
2018-08-24 08:00	태봉2교	-	6.8	-	10.8	285.0	4.2	725.0	1.167	0.151	11.309	0.09	2.0	9.6	17.304
2018-08-24 10:00	태봉2교	-	6.8	-	12.8	289.0	4.7	565.0	0.822	0.101	8.482	0.08	2.0	10.0	18.965
2018-08-24 12:00	태봉2교	-	6.9	-	13.5	165.0	1.2	566.0	0.826	0.116	7.819	0.09	1.3	6.4	17.934
2018-08-24 14:00	태봉2교	-	7.0	-	14.4	108.0	3.6	783.0	0.671	0.101	6.101	0.08	2.2	5.7	14.404
2018-08-24 16:00	태봉2교	-	7.0	-	15.6	98.0	3.4	434.0	0.681	0.106	7.099	0.08	3.1	4.8	12.154
2018-08-24 18:00	태봉2교	-	7.0	-	15.7	73.0	4.0	456.0	0.562	0.086	6.322	0.08	2.3	4.5	10.905
2018-08-24 20:00	태봉2교	-	7.1	-	27.0	101.0	2.5	547.0	0.392	0.086	8.318	0.08	2.9	3.7	9.787
2018-08-24 22:00	태봉2교	-	7.1	-	13.7	178.0	2.6	178.0	0.359	0.130	6.043	0.10	2.8	6.7	9.207
2018-08-28 14:00	태봉2교	-	7.2	-	17.7	94.0	1.0	191.0	0.515	0.101	5.814	0.04	3.9	3.1	8.129

날짜	지점명	수온 (℃)	pH	DO (mg/L)	EC (μs/cm)	탁도 (NTU)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-P (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	T-N (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	TOC (mg/L)	유량 (m ³ /s)
2018-08-28 16:00	태봉2교	-	7.1	-	17.2	155.0	1.0	229.0	0.871	0.093	5.334	0.04	3.6	5.0	8.442
2018-08-28 18:00	태봉2교	-	7.0	-	17.1	143.0	1.2	325.0	0.591	0.126	6.288	0.04	3.8	5.5	8.616
2018-08-28 20:00	태봉2교	-	6.9	-	14.6	879.0	2.0	699.0	1.752	0.194	9.296	0.05	3.0	24.6	9.358
2018-08-28 22:00	태봉2교	-	6.8	-	14.4	1,067.0	2.8	490.0	2.632	0.224	8.936	0.04	3.1	22.5	15.524
2018-08-29 00:00	태봉2교	-	6.8	-	15.1	589.0	1.6	239.0	1.488	0.180	8.936	0.04	3.1	13.2	18.922
2018-08-29 02:00	태봉2교	-	6.9	-	16.3	242.0	0.8	477.5	0.666	0.132	7.590	0.05	3.2	6.6	14.140
2018-08-29 04:00	태봉2교	-	6.9	-	16.7	236.0	1.0	505.0	0.600	0.114	7.656	0.04	3.0	5.5	13.437
2018-08-29 06:00	태봉2교	-	6.9	-	17.1	112.0	0.7	558.0	0.448	0.104	11.286	0.04	3.2	5.0	10.905
2018-08-29 08:00	태봉2교	-	6.9	-	17.7	144.0	1.0	553.5	0.716	0.115	5.604	0.04	3.7	5.0	12.119
2018-08-29 10:00	태봉2교	-	7.0	-	18.1	172.0	1.0	418.5	0.773	0.118	9.162	0.04	3.8	6.0	10.872
2018-09-04 13:20	태봉2교	-	7.0	-	18.3	134.0	1.0	352.5	0.740	0.107	9.162	0.04	4.0	6.1	12.154
2018-09-17 11:00	태봉2교	18.7	8.0	7.7	24.8	7.0	0.2	5.0	0.046	0.044	16.008	0.08	5.0	2.2	1.429
2018-10-10 11:30	태봉2교	13.3	6.5	10.7	20.2	22.0	0.4	19.3	0.147	0.096	9.451	0.20	4.4	2.3	2.329
2018-11-16 13:10	태봉2교	7.8	7.4	12.1	22.2	601.0	1.1	93.5	0.590	0.057	15.509	0.09	3.8	17.6	1.002
2018-12-04 12:20	태봉2교	8.2	7.0	11.7	15.6	1,382.0	2.9	987.5	1.168	0.101	20.400	0.07	2.6	18.2	1.161

주 의

1. 이 보고서는 국립환경과학원에서 시행한 연구용역과제 결과보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 국립환경과학원에서 시행한 연구용역과제의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.
4. 이 보고서와 관련된 문의사항은 주관부서인 국립환경과학원 유역총량연구과(전화 032-560-7670)로 하시면 됩니다.