

발 간 등 록 번 호

11-1543000-001172-01

농업(경종·축산)비점오염원 특성 모니터링 및 축산 비점오염원의 영향 분석·관리정책 개발

(Nonpoint source pollution monitoring and control measure
for agricultural and livestock areas)

건국대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

이 보고서를 “농업(경종·축산) 비점오염원 특성 모니터링 및 축산 비점오염원의 영향 분석·관리정책 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2016년 01월 26일

주관연구기관	건국대학교	책임연구원	윤 춘 경
참여연구원	선임연구원 / 류제하, 조문수, 김준식, 이원배 연 구 원 / 이효준, 이보미, 이태호, 김혜란		
제 1 협동기관	강원대학교	책임연구원	최 중 대
참여연구원	선임연구원 / 신민환 연 구 원 / 이수인, 전제홍, 유나영, 한미린, 문상기, 박소현		
제 2 협동기관	서울대학교	책임연구원	강 문 성
참여연구원	선임연구원 / 송인홍, 이영 연 구 원 / 최경수, 김학천, 이지훈, 박지훈, 송정현, 전상민, 김계웅, 류정훈		
제 3 협동기관	(주) 이티워터	책임연구원	이 한 필
참여연구원	선임연구원 / 손장원, 최재호 연 구 원 / 남선화, 오희상, 정선아		
제 4 협동기관	(사) 한국수계환경연구소	책임연구원	정 광 옥
참여연구원	선임연구원 / 정인균 연 구 원 / 김철우, 강수만, 김미옥, 박진성		

요 약 문

I. 제 목

과제명	농업(경종·축산)비점오염원 특성모니터링 및 축산비점오염원의 영향분석·관리정책 개발	
연구기관	연구책임자	세부 과제명
건국대학교 (협동1)	윤춘경	해안, 산간, 또는 평야 공존지역과 간척지역의 농업(경종·축산)비점오염발생·배출·오염부하 특성 모니터링
강원대학교 (협동2)	최중대	산간지역의 농업(경종·축산) 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 모니터링
서울대학교 (협동3)	강문성	평야지역의 농업(경종·축산) 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 모니터링
㈜이티워드 (협동4)	이한필	가축분뇨 처리시설의 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 모니터링
(사)한국수계 환경연구소 (협동5)	정광욱	축산 비점오염이 유역 환경에 미치는 영향 분석 및 관리정책 개발

II. 연구성과 목표 대비 실적

- 농업비점오염 발생 및 배출특성 분석을 바탕으로 농촌지역 소유역 특성에 적합한 비점오염저감시설 적용방안 제시
- 토지이용에 따른 수질오염부하량의 분리·산정 기법 개발을 통해 정밀한 수질오염부하량을 산정하여 정책개발에 활용
- 원단위 모니터링을 통한 정밀한 오염부하량 산정하여 농업 비점오염의 발생으로부터 배출, 유달부하량에 이르기까지 각 단계에서 수계오염총량관리 등 단위유역 수질관리 정책 수립을 위한 기초자료 제공 및 비점오염원 관리·정책 지침서 제시
- 농업비점오염원 측정방법의 기술적 제시 및 표준화를 통해 모니터링 자료의 정밀성과 호환성을 향상하며, 이에 대한 관련기술의 매뉴얼(지침) 및 비점오염원 관리·정책지침서를 통해 추후 비점오염 전문인력의 교육(지침)자료로 활용
- 지역 특성에 따른 농업 수질 환경 개선을 위한 효율적인 농업비점오염 관리 대책을 수립하여 농촌지역 주민을 대상으로 지속적인 교육을 통해 지속가능한 자원순환형 농업 환경 조성

Ⅲ. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 연구목표

- 지역별 비점오염 모니터링을 통한 농업(경종, 축산) 비점오염원 분석 및 부하량 제시
- 농업 유래 비점오염이 유역 환경에 미치는 영향을 비교분석 및 관리정책 제시
- 축산비점오염원 모니터링을 통한 비점오염화 특성비교 및 관리방안 제시



2. 연구개발의 필요성

- 환경적으로 건전하고 지속가능한 선진축산업 육성을 위해서는 경쟁력 제고와 함께 친환경 자원순환형 축산환경을 조성하여 청정축산의 이미지를 브랜드화 할 필요가 있다.
- 친환경축산은 국내 축산여건과 소비자 트렌드 변화에 따른 선결과제로서, 세계적으로 환경과 녹색성장에 대한 중요성이 증대되고 있는 현 시점에 친환경농업육성법(법률 제 10893호)과 국제식품규격위원회(CODEX)의 친환경유기축산물 조건 및 방향에 부합하며, 고품질 축산물시장 확보를 위해 반드시 이루어야할 과제이다.
- 친환경 자원순환형 축산환경을 조성하기 위해서는 무엇보다 가축분뇨와 축산비점오염의 효과적인 관리가 이루어져야한다.
- 이를 위해 공공처리시설(전체 가축분뇨의 9.5%) 위주의 축산폐수관리로부터 탈피가 시급하며, 전체의 85.6%에 해당하는 자원화와 그 관리를 담당하는 농림수산식품부는 유역환경개선을 위한 적극적인 정책 도입과 함께 축산비점오염원관리를 위한 대책이 요구된다.

- 그러나 현재까지 축산비점오염원은 접근이 어렵고 관리주체가 모호하여 좀처럼 규명되지 않았으며, 전국적으로 그 영향이 정량화되지 않아 실질적인 관리 및 대책마련에 어려움이 있었다.
 - 따라서 가축분뇨의 발생으로부터 처리, 자원화에 이르기까지 각 관리체계에 있어서 축산비점오염의 배출경로와 수계오염부하량, 수질환경 영향을 정밀하게 분석하여 향후 대책마련을 위한 기초자료를 확보할 필요가 있다.¹⁾
 - 또한, 전국적으로 비점오염이 수계에 미치는 영향과, 그 중 축산비점오염의 영향을 면밀히 분석하여 향후 정책 및 제도개선을 위한 과학적 기초자료로서 활용할 필요가 있다.
 - 축산비점오염원의 효과적인 관리를 위해서는 축산비점오염원 배출특성에 대한 종합적인 연구가 밀바탕 되어야 하며, 이러한 연구결과는 여타 분야의 비점오염연구 및 유역·수질관리에 크게 기여할 것으로 기대된다.
-

IV. 연구개발 내용 및 범위

1. 연구개발의 주요내용

(1) 지역별 농업(경종, 축산) 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 모니터링

협동과제: 해안, 산간, 평야, 간척공존지역(건국대,1협동), 산간지역(강원대,2협동), 평야지역(서울대,3협동)

- 대상유역의 비점오염원에 대한 오염원별 기초자료조사
 - 각 대상지역 내 배출원별 오염원 발생·배출 자료의 전수 조사
 - 국내외 관련문헌 및 현장조사를 통한 대상지역 특수성 조사
 - 대상지역 가축분뇨 관리현황, 처리·자원화시설 및 자원화 현황조사
- 오염원별 수계 비점오염부하 특성분석을 위한 유역모니터링
 - 토지이용 특성 등을 고려한 소유역 분할 및 비점오염원 측정망 구성
 - 농업비점오염 오염부하 특성분석을 위한 정기조사 및 정밀조사 수행
- 농업(경종, 축산) 비점오염원 모니터링
 - 정기 및 정밀조사를 위한 오염원(경종·축산농가) 모니터링 운영체계 구축
 - 대상지역별 비점오염원(경종·축산농가)의 배출부하량 정량화를 위한 모니터링 수행
 - 각 대상지역 농업비점오염원 배출특성 분석을 위한 강우기 정밀조사 수행
- 축산비점오염원의 배출 및 오염부하 특성분석
 - 대상지역 소유역별 오염원 특성분석
 - 모니터링 결과해석 및 유역모델링기법 적용을 통한 축산비점오염원 배출특성 분석
 - 유역 내 축산비점오염원의 오염부하량 정량화 및 특성분석
- 대상유역 배출원별 오염부하량 해석
 - 모니터링 및 기초조사자료 바탕으로 대상유역오염원별 발생·배출부하량 산정
 - 대상유역 수계모식도 작성 및 소유역 배출원별 오염부하량 산정
- 비점오염 중 농업비점오염 및 축산비점오염원 영향분석
 - 가축분뇨의 배출경로 분석 및 비점오염부하량 산정을 통한 축산 비점오염 영향 분석
 - 모니터링을 자료를 이용하여 시계열(강우사상, 계절별) 비점오염부하 유출특성 분석
 - 비점오염원별 부하량 정량화 및 수계 기여도 평가

(2) 축산비점오염원의 비점오염 영향 분석 및 관리정책 개발 (협동과제: 4-5)

협동과제: 가축분뇨처리시설(이티위터,4협동), 축산비점 영향분석 및 관리정책 개발(수계환경연구소,5협동)

- 가축분뇨 처리시설의 오염원별 기초 자료 조사
 - 가축분뇨 처리시설·자원화시설별(개별, 공동, 퇴비, 액비) 기초 세원 조사
 - 대상 처리시설로 유입되기까지 가축분뇨 발생·유통 이동경로 조사
- 가축분뇨 처리시설의 비점오염원 발생·배출·오염부하 특성 모니터링
 - 개별 및 공동 가축분뇨 처리시설 모니터링
 - 자원화 처리된 가축분뇨의 이용에 따른 오염부하 특성 모니터링 및 영향분석
- 유역 내 가축분뇨의 이동 및 이용에 따른 오염부하 특성 분석
 - 가축분뇨의 순환과 발생·처리·유통과정에서의 비점오염 배출 특성 해석
- 가축분뇨 처리시설의 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 분석
 - 처리시설, 자원화시설에 대한 가축분뇨 처리 효율 및 오염부하 특성 분석
 - 처리시설 배출원별 부하량 산정을 통한 비점오염의 정량화와 정확한 수치 산정을 통한 수계 기여도 평가
- 축산비점오염 현황분석을 위한 전국단위 오염원자료 조사 및 분석
 - 축산업과 연관된 시설이 위치하고 있는 지역의 지형자료 조사
 - 관계 부처 및 지자체 협조를 통한 오염발생·배출원별 자료 조사
- 축산비점오염 영향분석이 가능한 모델기법 적용
 - 유역 모델간의 장·단점 및 본 과제에 부합되는 특성을 고려하여 비교 분석
 - 축산비점오염 영향을 분석하기 위한 최적모델시스템 선정 및 구축
 - 축산비점오염 특성을 고려한 모니터링 자료 및 입력 자료 검토
- 축산비점오염원이 유역 환경 및 하천·호소 수질에 미치는 영향 분석
 - 지역별 축산 비점오염 영향 및 정량적인 수치화 통한 기여율 비교 분석
- 축산비점오염원 특성에 따른 관리정책 개발 및 제시
 - 각 부처별 축산 비점오염원 관리정책 검토
 - 구축된 모델에 관리 시나리오 방안을 적용하여 효율성 평가
 - 모델 시나리오의 단일·다중 적용에 대한 경제성 평가
 - 기존 정책과 관리 시나리오의 혼용을 통한 관리정책 보완점 제시
 - 세미나·공청회를 통한 의견수렴 및 지침작성

○ 연구개발의 세부목표 및 연구내용

구분	세부과제명	연구 세부목표	연구 내용
1 차 년 도 2 0 1 2 ~ 2 0 1 3	제1협동 강원대	○ 산간지역의 농업(경종·축산) 비점오염 관련 기초자료 조사 및 분석 (제1협동-강원대)	- 산간지역 오염원별 분포·발생부하 현황 분석 - 산간지역 축종별 가축분뇨 발생·이동량 조사 - 환경기초자료를 통한 오염원별 GIS 분석
		○ 산간지역 유역의 비점오염 배출특성 조사 및 분석 (제1협동-강원대)	- 현장 모니터링장비(강우량계, 수위계, 채수기 등) 설치 - 산간지역 정기(연12회) 및 정밀 모니터링(연5회) 수행 - 산간지역내 비점오염 배출경로 분석 및 현장 조사 - 산간지역 비점오염 부하량 산정 및 축산비점 특성분석
	제2협동 서울대	○ 평야지역의 농업(경종·축산) 비점오염 관련 기초자료 조사 및 분석 (제2협동-서울대)	- 평야지역 오염원별 분포·발생부하 현황 분석 - 평야지역 축종별 가축분뇨 발생·이동량 조사 - 환경기초자료를 통한 오염원별 GIS 분석
		○ 평야지역 유역의 비점오염 배출특성 조사 및 분석 (제2협동-서울대)	- 현장 모니터링장비(강우량계, 수위계, 채수기 등) 설치 - 평야지역 정기(연12회) 및 정밀 모니터링(연5회) 수행 - 평야지역내 비점오염 배출경로 분석 및 현장 조사 - 평야지역 비점오염 부하량 산정 및 축산비점 특성분석
	제3협동 건국대	○ 해안, 산간, 또는 평야 공존지역 및 간척지역의 농(경종·축산) 비점오염 관련 기초자료 조사 및 분석 (제3협동-건국대)	- 공존, 간척지역의 오염원별 분포·발생부하 현황 분석 - 공존, 간척지역의 축종별 가축분뇨 발생·이동량 조사 - 환경기초자료를 통한 오염원별 GIS 분석
		○ 해안, 산간, 또는 평야 공존지역 및 간척지역 유역의 비점오염 배출특성 조사 및 분석 (제3협동-건국대)	- 현장 모니터링장비(강우량계, 수위계, 채수기 등) 설치 - 공존, 간척지역 정기(연12회) 및 정밀 모니터링(연5회) 수행 - 공존, 간척지역 비점오염 배출경로 분석 및 현장 조사 - 공존, 간척지역 비점오염 부하량 산정 및 축산비점 특성분석
	제4협동 이티위터	○ 가축분뇨처리시설 기초자료조사 (제4협동-이티위터)	- 유역 내 가축분뇨의 이동경로(발생·처리·유통) 및 이동량 분석 - 처리시설 특성에 따른 가축분뇨 관리현황 조사 - 대상시설 가축분뇨 자원화량 조사 - 가축분뇨처리시설에 따른 방류수질 관리조사
		○ 가축분뇨처리시설의 비점오염 배출특성 조사 (제4협동-이티위터)	- 가축분뇨처리과정에 따른 방류수질 및 정기모니터링 수행 (연 12회) - 가축분뇨처리시설의 비점오염 배출 모니터링 (연 5회 강우기 정밀조사) 수행
		○ 가축분뇨처리시설의 유역수질 기여도 평가 (제4협동-이티위터)	- 가축분뇨처리시설별 오염부하 저감효율 분석 - 가축분뇨처리시설(처리·자원화) 특성에 따른 비점오염부하량 분석 및 평가 - 가축분뇨처리시설의 특성별 유역 수질오염 기여도 평가
	제5협동 한국수계환경 연구소	○ 유역 내 비점오염 배출원별 오염부하 정량화 및 최적관리기술 도출 (제5협동-한국수계)	- 유역·수질 모델링 기법을 통한 배출원별 점/비점오염 부하 정량화 - 농업(경종·축산)비점오염의 유역수질 기여도 평가 - 시나리오 적용을 통한 부하량 평가 및 최적관리방안 도출
		○ 국내 축산비점오염원의 유역환경영향 분석 (제5협동-한국수계)	- 수계특성에 따른 유역모델 구축 및 매개변수 적용 - 토지이용특성 및 축산현황을 고려한 수질예측 - 오염배출원에 따른 비점오염부하량 분석 - 축산비점오염의 수계기여도 평가
		○ 축산비점오염원 관리정책 개발 및 제시 (제5협동-한국수계)	- 축산비점오염원 최적관리방안 도출 및 경제성 분석 - 기존 정책과 관리시나리오의 혼용을 통한 관리정책 보완점 제시

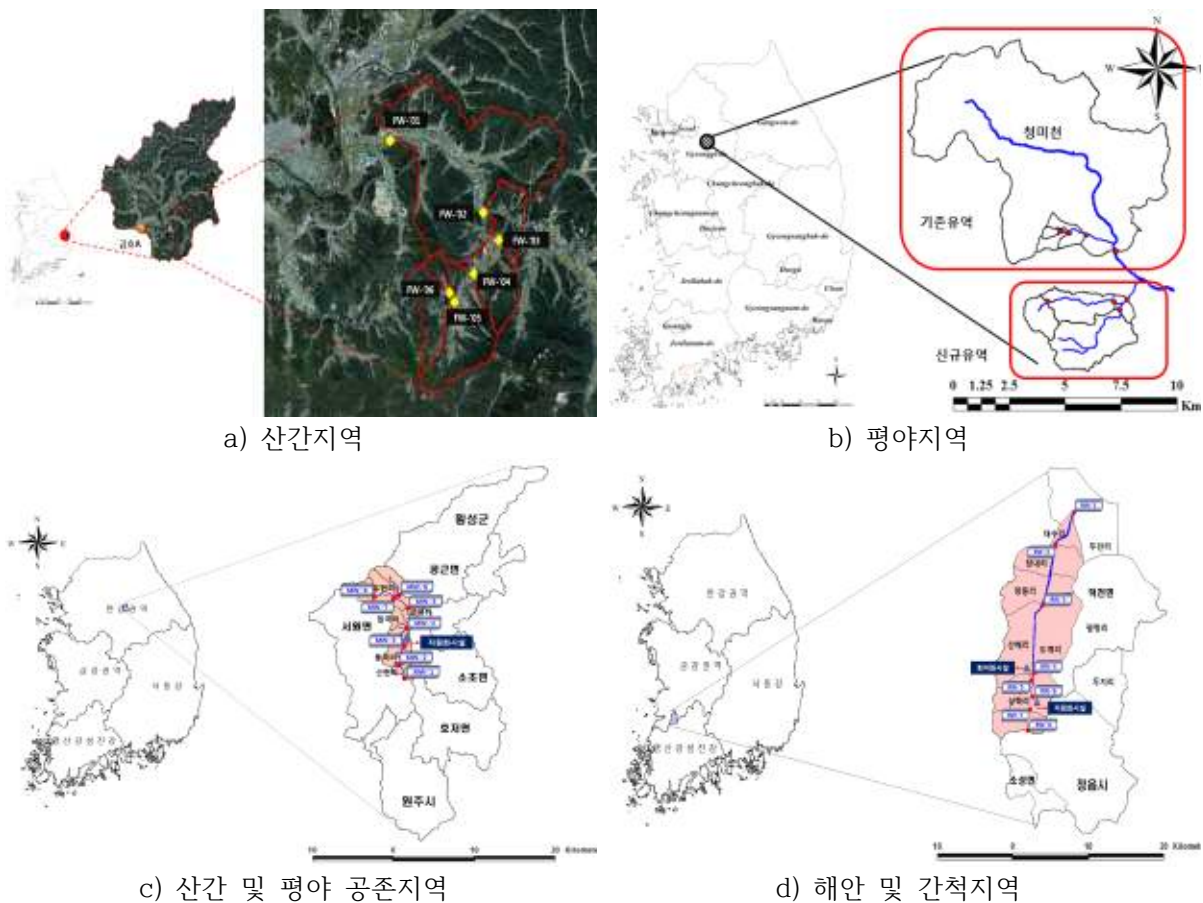
V. 연구개발결과

3차년도에는 본 연구의 최종단계로 농업(경종·축산)비점오염의 수계內에 미치는 영향과 악을 조사하기 위해 우선 각 대상지역별 특성이 뚜렷한 신규유역 선정 및 확장과 정기 및 정밀조사 분석에 중점을 두어 연구하였다. 또한, 각 대상유역의 기초현황 및 축산오염원 분석과 축산 자원의 이동량 파악 등 향후 정책 제언 및 제도개선을 위한 기초자료로 활용 할 수 있도록 연구하였다.

1. 대상유역 및 모니터링 지점선정

(1) 신규대상유역

모니터링 지점선정은 축산농가에 의해 발생하는 비점오염원 유출특성을 분석하기 위하여 배경농도, 축산배출수, 농경지 유출수, 수계 최종 합류전 등으로 구분하였다. 이를 위해 평상시 유출수가 있는 정기모니터링 지점과 강우시 유출수가 발생하는 정밀모니터링(강우모니터링 지점)으로 구분하여 선정하였다.



<그림-1> 선정된 유역의 GIS분석

<표-3> 모니터링 지점 현황

대상지역	유역명	주소
산간지역	금호강상류유역 내 북안천 유역	경상북도 영천시 북안면 송포리 일대
평야지역	청미천유역 내 근삼리 유역	경기도 용인시 처인구 근삼리 일대
중간지역	일리천유역 내 일리천 유역	강원도 횡성군 서원면 유현리 일대
간척지역	정읍천유역 내 덕천천 유역	전라북도 정읍시 덕천면 상학리 일대

(2) 대상지역 모니터링 결과

본 연구에서의 하천 유량측정은 직접유량측정법을 이용하여 현장 유량을 측정하였다. 이를 위해 모니터링 지점별 하천단면을 측량하고 몇 개의 소구간으로 분할하였으며, 유속을 측정하여 각 소구간의 유량을 산정하였다. 총 유량은 산정된 소구간의 유량을 합하여 도출하였다.

수질분석에는 환경부에서 발표한 수질오염공정시험기준 (환경부고시 제2012-99호, 2012.6.11.)에 의거하여 분석하였으며, 수질 분석항목에는 BOD, COD, SS, T-N, T-P, NH₄-N, NO₃-N, NO₂-N, PO₄-P을 선정하였다.

(가) 정기조사(비강우시 모니터링)결과

<표-2> 산간지역 정기조사 결과

Date	유기물질		기타	영양물질			
	BOD	COD	TSS	T-N	T-P	NO ₃ -N	PO ₄ -P
	mg/L						
FW-1	14.2±17.2	4.1±3	1.9±1.3	3.28±1.886	0.626±1.345	1.339±0.688	0.031±0.018
FW-2	12.9±13.3	4±3	3±3.8	2.999±1.614	0.476±1.334	1.335±0.639	0.034±0.017
FW-3	13.9±14.8	4.4±3.3	4.3±7.8	3.139±1.277	0.523±1.511	1.507±0.742	0.033±0.019
FW-4	12.9±12.4	4.4±2.7	5.3±7.5	3.268±1.928	0.423±1.093	1.694±1.176	0.042±0.022
FW-5	13.1±11.3	5.2±3.5	4.6±3.2	2.42±0.861	0.414±1.124	1.309±0.733	0.044±0.029
FW-6	11.6±9.7	4.4±2.9	5.4±5.1	2.252±0.712	0.073±0.068	1.285±0.582	0.034±0.021
FW-7	9.7±12	5±7.9	7.9±10.7	1.963±0.677	0.101±0.176	1.138±0.493	0.034±0.026
FP-3	48.3±17.9	9.4±5.2	105.7±165.3	8.162±9.227	0.074±0.029	2.273±2.137	0.038±0.025

<표-2> 평야지역 정기조사 결과

Date	유기물질		기타	영양물질			
	BOD	COD	TSS	T-N	T-P	NO ₃ -N	PO ₄ -P
	mg/L						
PW-01	6.53±9.86	3.44±1.56	18.35±23.07	2.78±1.29	0.91±1.34	1.39±1.23	0.03±0.04
PW-02	2.27±1.10	4.21±2.26	27.24±42.05	3.09±1.07	0.16±0.24	2.26±1.17	0.10±0.12
PW-03	2.17±1.03	4.20±2.18	16.19±32.61	3.83±1.35	0.15±0.07	2.91±1.27	0.10±0.06
PW-04	1.67±1.20	3.41±4.22	33.41±141.87	4.03±1.11	0.29±0.48	3.38±1.00	0.13±0.07
PW-05	1.63±1.10	3.10±3.14	13.62±13.23	3.50±1.45	0.15±0.34	2.90±1.04	0.28±0.45
PW-06	4.61±3.44	10.29±7.7	146.74±292.59	5.74±3.09	0.61±0.88	4.25±2.51	0.25±0.18
PW-07	2.92±2.41	6.38±6.17	37.17±52.35	3.43±1.99	0.23±0.19	2.35±1.48	0.09±0.07

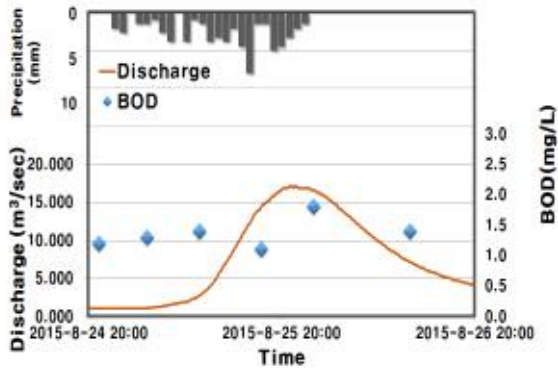
<그림 33-6> 중간지역 정기조사 결과

Site	평균±표준편차															
	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
MW-1	1.4	0.5	3.8	1.1	7.2	1.6	1.286	0.406	0.107	0.021	0.916	0.289	0.518	0.164	0.025	0.005
MW-2	1.7	0.5	4.5	1.1	11.1	3.4	1.465	0.516	0.114	0.022	1.043	0.368	0.590	0.208	0.027	0.005
MW-3	1.6	0.4	4.4	1.4	3.5	1.3	1.646	0.729	0.132	0.028	1.172	0.519	0.663	0.293	0.031	0.007
MW-4	2.0	0.5	4.7	1.9	4.3	2.5	1.660	0.679	0.142	0.027	1.182	0.484	0.668	0.273	0.033	0.006
MW-5	2.3	0.7	5.0	1.6	7.7	2.2	1.628	0.650	0.132	0.036	1.159	0.463	0.655	0.262	0.031	0.009
MW-6	2.4	0.8	5.3	1.3	9.6	2.5	1.720	0.718	0.141	0.035	1.225	0.512	0.693	0.289	0.033	0.008
MW-7	3.6	1.6	6.4	1.8	4.4	1.0	1.960	0.811	0.159	0.035	1.396	0.578	0.789	0.326	0.038	0.008
MW-8	2.6	0.7	4.9	1.1	3.5	0.8	1.478	0.512	0.145	0.042	1.053	0.365	0.595	0.206	0.034	0.010

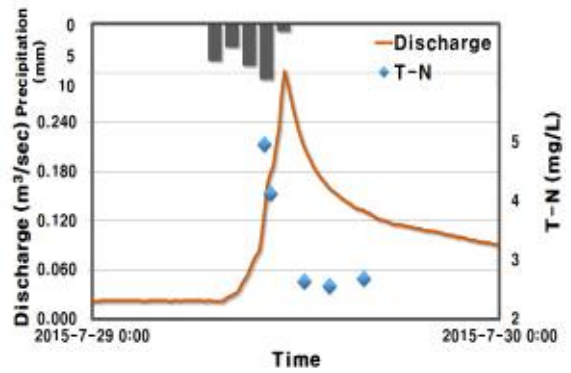
<표 3-7> 간척지역 정기조사 결과

Site	평균±표준편차															
	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
MW-1	2.8	0.7	6.3	1.2	18.1	3.1	7.604	1.135	0.134	0.038	5.449	0.775	1.886	0.282	0.012	0.004
MW-2	3.8	1.1	8.7	1.9	21.0	5.3	10.74 8	1.626	0.329	0.037	7.703	1.123	2.667	0.403	0.030	0.004
MW-3	3.4	1.0	7.2	1.7	20.9	5.2	7.676	0.877	0.246	0.047	5.499	0.575	1.905	0.216	0.022	0.005
MW-4	4.2	1.2	8.0	2.0	21.6	4.8	7.354	0.999	0.284	0.055	5.271	0.685	1.824	0.247	0.026	0.005
MW-5	4.7	1.2	9.2	2.2	26.1	4.7	7.175	0.761	0.308	0.046	5.141	0.501	1.780	0.189	0.028	0.005
MW-6	5.8	0.9	10.2	1.9	28.0	5.7	9.636	1.353	0.264	0.045	6.911	0.967	2.390	0.336	0.024	0.004
MW-7	7.7	1.0	12.1	2.1	41.2	8.1	10.53 3	1.793	0.352	0.051	7.546	1.231	2.613	0.445	0.032	0.005
MW-8	4.3	0.7	10.0	1.0	32.7	6.7	6.281	1.017	0.245	0.043	4.499	0.694	1.558	0.253	0.022	0.004

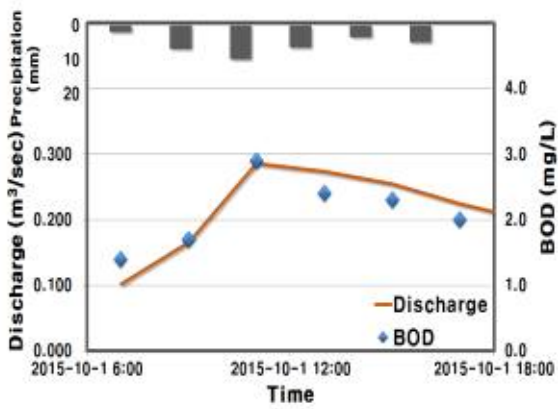
(나) 정밀조사(강우시 모니터링)결과



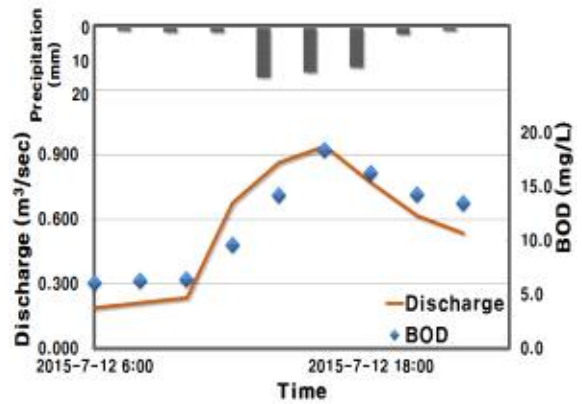
(a) BOD
a) 산간지역



(b) T-N
b) 평야지역



c) 산간 및 평야 공존지역



d) 해안 및 간척지역

<그림-3> 각 대상유역별 정밀조사 결과

3. 가축분뇨처리시설 조사결과

(1) 선정된 대상구역 및 모니터링 지점



a) 가평군 모니터링 대상 (퇴비화 시설)



b) 용인시 모니터링 대상 (개별처리시설)



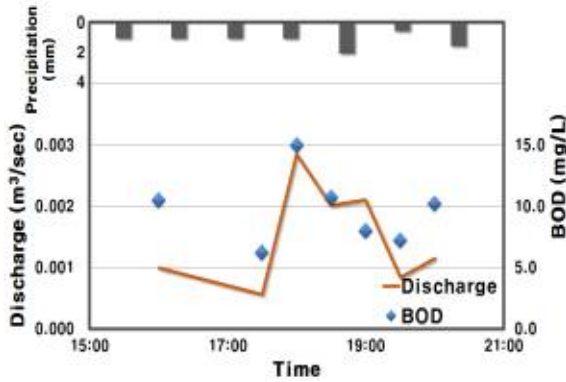
c) 여주군 모니터링 대상 (액비화시설)



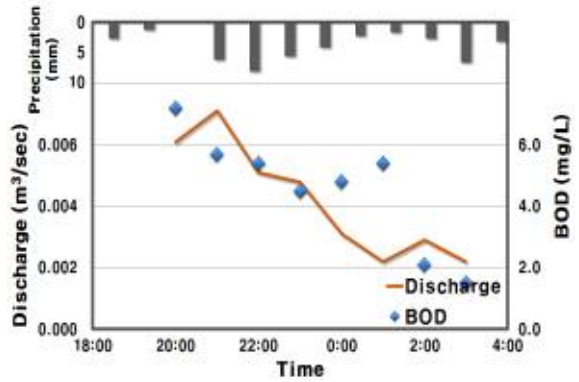
d) 화성시 모니터링 대상 (퇴·액비화시설)

<그림-4> 가축분뇨 자원화시설 대상지점

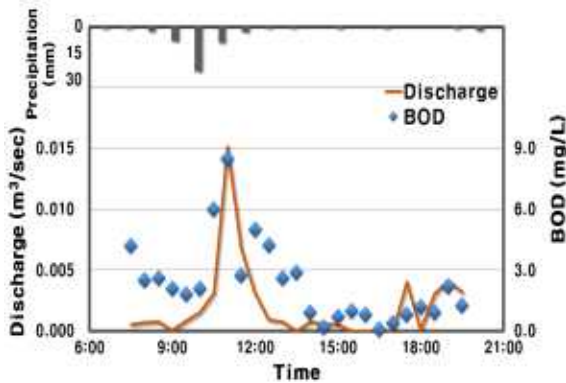
(2) 정밀조사(모니터링) 결과



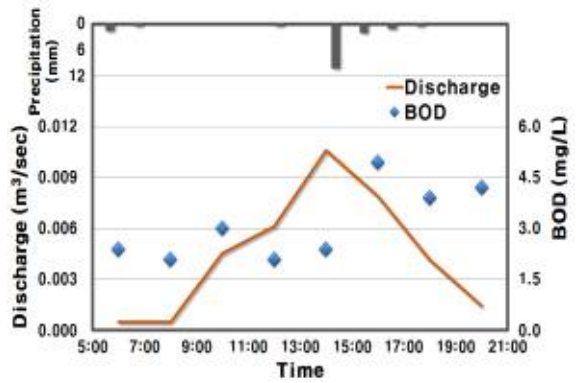
a) 산간지역



b) 평야지역



c) 산간 및 평야 공존지역



d) 해안 및 간척지역

<그림-3> 각 대상유역별 정밀조사 결과

4. 대상유역 오염부하량 분석 결과

오염원과 부하량 산정의 기본 자료는 『2013년 전국오염원조사자료』 DB를 참조하여 분석하였다.

(1) 배출부하량 조사결과

<표 3-11> FW 유역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
FW-'1	1,005.18	462.69	49.80
FW-'2	80.52	31.09	3.69
FW-'3	272.38	165.22	19.88
FW-'4	234.27	132.29	12.90
FW-'5	53.70	33.08	2.87
FW-'6	1.03	0.54	0.05
총합계	1,647.07	824.90	89.19

<표 3-12> PW 유역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
PW-02	2,949.41	1,466.40	241.82
PW-03	57.21	28.87	5.35
PW-04	8.06	5.44	0.84
PW-05	0.27	0.66	0.04
총합계	3,014.95	1,501.38	248.05
소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
PW-1	467.79	349.20	31.59
PW-2	179.23	173.29	12.78
PW-3	267.13	161.71	16.91
PW-4	93.97	56.71	5.84
합계	1,008.12	740.91	67.12

<표 3-13> MW 유역의 배출부하량 산정결과

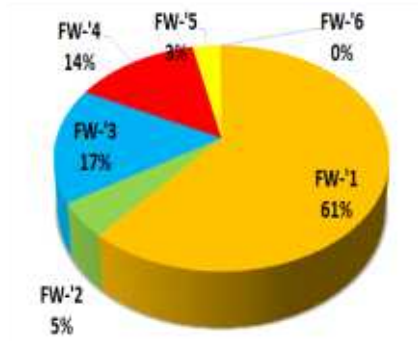
(단위 : kg/day)

소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
MW-1	26.8	23.7	1.7
MW-2	19.7	21.6	1.6
MW-3	59.5	41.6	3.6
MW-4	42.7	27.9	2.5
MW-5	75.8	49.6	4.4
MW-6	42.7	25.1	2.2
MW-7	99.7	58.5	5.1
MW-8	142.4	83.5	7.3
합계	509.3	331.5	28.3

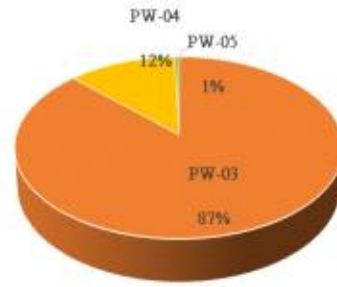
<표 3-14> PW 유역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

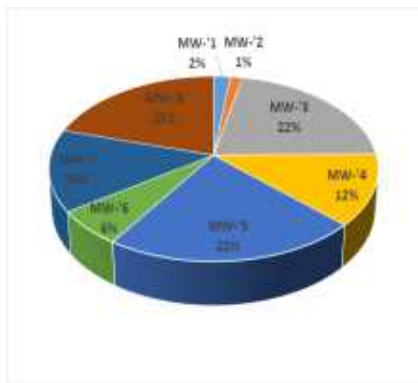
소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
RW-1	50.9	33.2	3.4
RW-2	88.1	52.9	5.1
RW-3	48.3	29.4	2.7
RW-4	55.9	33.0	3.4
RW-5	159.0	93.9	9.8
RW-6	98.6	62.6	7.5
RW-7	49.8	31.6	3.8
RW-8	88.7	56.3	6.8
합계	639.3	392.9	42.5



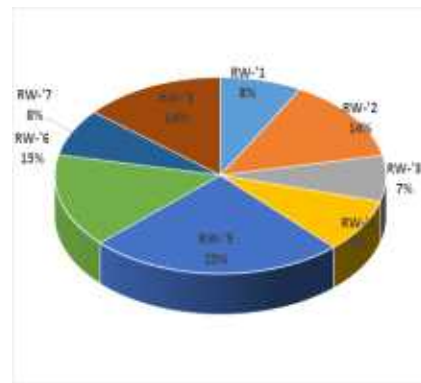
a) 산간지역 배출부하량(BOD)



b) 평야지역 배출부하량(BOD)



c) 중간지역 배출부하량(BOD)



d) 간척지역 배출부하량(BOD)

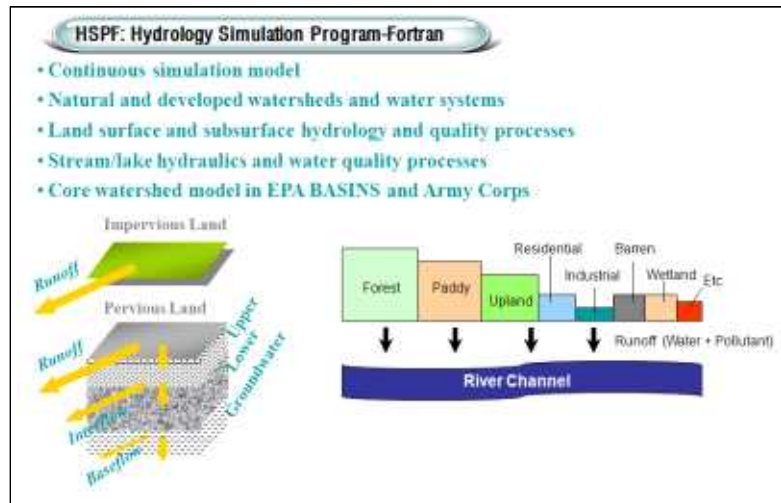
<그림-6> 각 지점별 배출부하량 조사결과

5. 농업활동의 유역영향분석

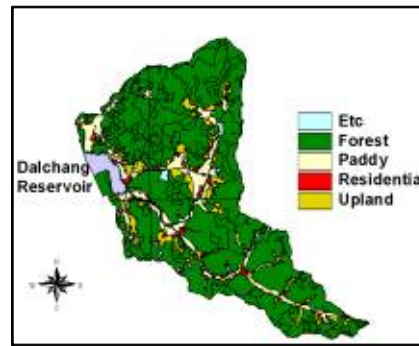
(1) 모델선정 및 구축

① 모델선정 (HSPF : Hydrological Simulation Program-FORTRAN))

본 연구에서는 현재 국내 환경연구에 널리 활용되고 있으며, 모니터링 대상유역이 도시와 농촌지역이 혼재하고 있는 것을 감안하여, 최적의 모델로 HSPF를 선정하였으며 선정이유는 다음과 같다. 첫째, HSPF모델은 경종 및 축산에서 이루어지고 있는 비료, 퇴액비 살포 등의 영농활동을 적용하여 평가할수 있으며, 둘째, 외국에서 개발된 모형들의 단점인 토지이용(논) 부분을 논의 모의가 가능한 HSPF-Paddy모형을 적용할 수 있다. 셋째, 본 연구의 목적이 전국적인 경종 및 축산에서 발생하는 농업비점오염원에 대한 평가를 하기 위함인데, 현재 환경부의 4대강에 적용한바 있어 검증이 된 모델이다. 하지만, 현재 경종 및 축산에서 발생하고 있는 오염물질들의 이동경로를 완전히 파악해서 적용하는데에는 한계를 갖고 있으나, 본 연구에서 충실하게 모니터링 된 데이터를 바탕으로 전국적으로 적용하기 위한 기반을 마련하여 적용하였다.



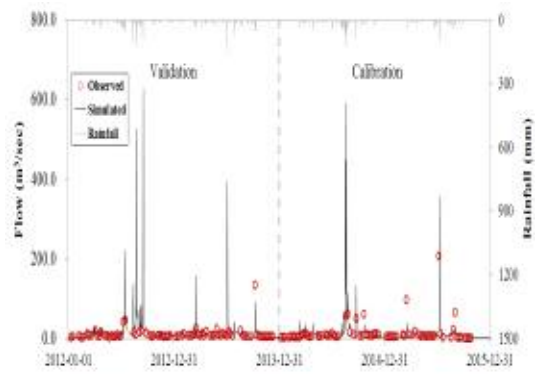
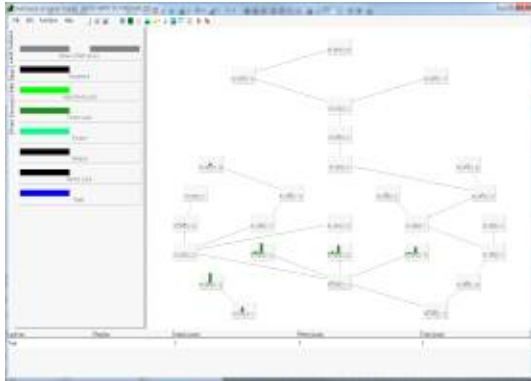
<그림-10> HSPF의 개요



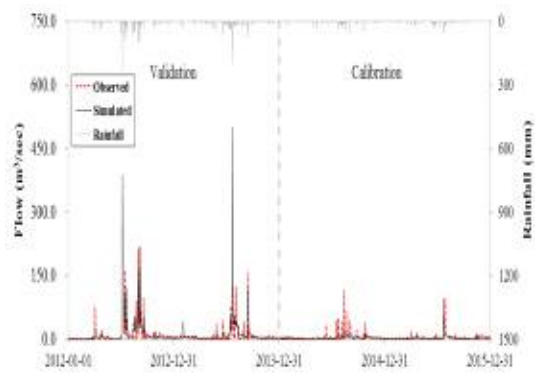
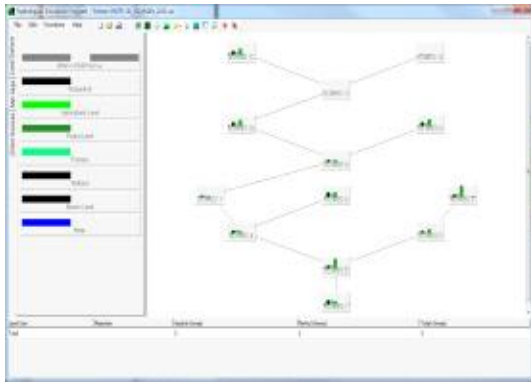
<그림-11> HSPF 모형의 구축 예)

② HSPF 모델구축

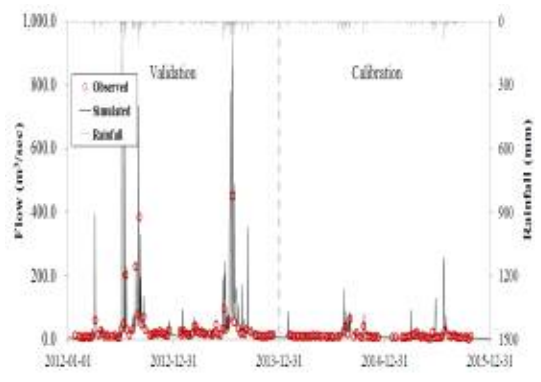
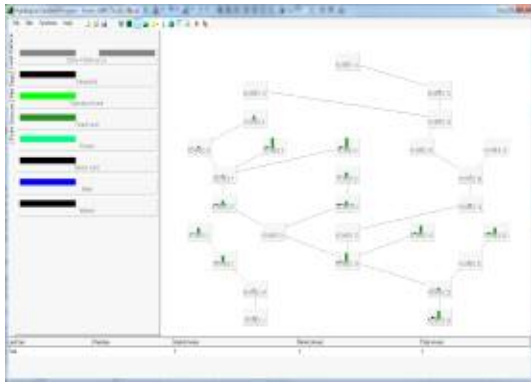
현장 모니터링에 기초하여 산간지역, 평야지역, 산간평야중간지, 간척지 등의 지역특성에 따른 대상유역을 주관연구기관에서 선정하였으며, 선정된 지역의 지점과 축산농가의 자료를 확보하고 모델링 자료를 구축하였다. 모니터링 대상유역에 대하여 BASINS의 Delineation process를 통해 소유역을 분할 하였으며, BASINS로부터 모니터링 유역의 WinHSPF 유역모형을 생성하였다. HSPF의 각 UCI(user's control input) 파일의 소유역 번호가 중복되지 않도록 수정한 후 통합하고, Schematic Block 내 하천 흐름에 대한 구조(RCHRES)를 연결하여 하나의 HSPF 모델로 구축하였다.



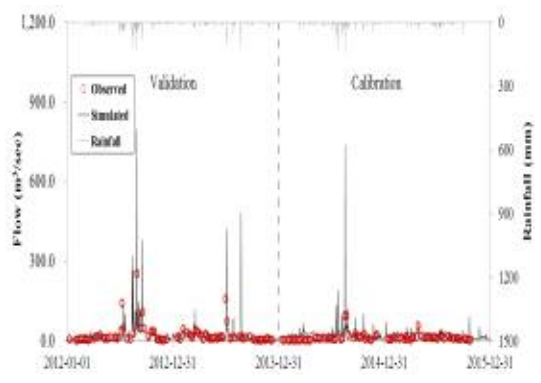
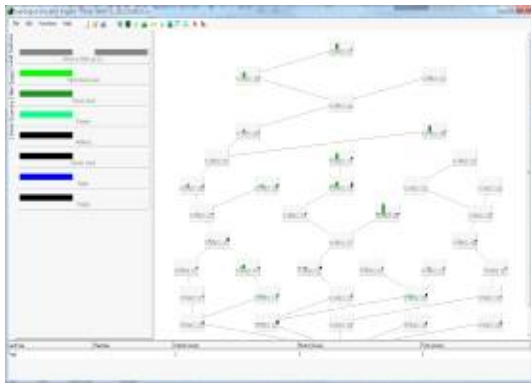
산간지역 모델구축 결과



평야지역 모델구축 결과



산간·평야 공존지역 모델구축 결과



해안·간척 공존지역 모델구축 결과

<그림-11> HSPF 모형의 구축 결과

③ 오염원별 오염기여도 분석

대상유역(청미천 유역, 금호강 유역, 일리천 유역, 덕천천 유역)의 오염원별 기여도 분석을 통해 농업(경중, 축산) 비점오염원이 유역에 대한 영향에 얼마나 영향을 미치는지 정량적으로 분석하였다. 본 연구의 모델구축에도 수질오염총량관리도상에서 계산된 부하량중 하천으로 직유입되는 하수처리장을 제외한 점오염부하량의 경우 유달율을 고려하여 평가하였다.

<표 3-17> 청미천 유역 오염부하 기여도 분석

구분	모니터링유역말단(kg/day)		청미천1(kg/day)		청미천2(kg/day)	
	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량
점오염원	0.16 (17.4%)	0.86 (8.9%)	4.43 (16.5%)	37.13 (9.3%)	12.08 (18.5%)	108.19 (13.3%)
비점오염원(축산계)	0.07 (7.9%)	6.40 (66.7%)	3.77 (14.0%)	270.29 (67.8%)	10.68 (16.4%)	472.56 (60.4%)
비점오염원(토지계)	0.22 (24.9%)	-	7.83 (29.1%)	-	18.12 (27.8%)	-
비점오염원(시비량)	0.09 (9.6%)	-	2.78 (10.3%)	-	5.96 (9.1%)	-
배경부하	0.36 (40.2%)	-	8.13 (30.2%)	-	18.29 (28.1%)	-
비점오염합계	0.67 (74.6%)	2.34 (24.4%)	18.73 (69.6%)	91.09 (22.9%)	42.37 (65.1%)	202.07 (25.8%)

<표 3-18> 금호강 유역 오염부하 기여도 분석

구분	모니터링유역말단(kg/day)		금호강1(kg/day)		신령천(kg/day)		금호강1A(kg/day)	
	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량
점오염원	1.22 (33.6%)	11.36 (13.5%)	0.20 (5.1%)	0.43 (24.6%)	1.57 (24.7%)	15.94 (13.2%)	11.20 (27.3%)	101.20 (17.7%)
비점오염원(축산계)	0.62 (17.0%)	48.84 (57.9%)	0.74 (19.3%)	0.35 (19.7%)	1.13 (17.8%)	58.50 (48.5%)	4.36 (10.6%)	209.42 (36.6%)
비점오염원(토지계)	1.08 (29.9%)	-	1.69 (43.8%)	-	2.06 (32.5%)	-	10.59 (25.8%)	-
비점오염원(시비량)	0.34 (9.3%)	-	0.42 (10.9%)	-	0.69 (10.8%)	-	2.59 (6.3%)	-
배경부하	0.37 (10.2%)	-	0.80 (20.9%)	-	0.90 (14.2%)	-	12.30 (30.0%)	-
비점오염합계	1.79 (49.4%)	24.18 (28.7%)	2.91 (75.6%)	0.98 (55.7%)	3.65 (57.5%)	46.10 (38.2%)	25.48 (62.1%)	262.02 (45.8%)

<표 3-19> 섬강 유역 오염부하 기여도 분석

구 분	모니터링유역말단 (kg/day)		섬강1 (kg/day)		원주천2 (kg/day)		섬강4 (kg/day)		섬강4-1 (kg/day)	
	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량
점오염원	0.10 (3.6%)	0.30 (2.0%)	2.52 (8.4%)	28.42 (9.5%)	42.23 (75.6%)	11.21 (11.5%)	45.56 (36.8%)	56.82 (8.3%)	44.44 (32.9%)	63.58 (8.0%)
비점오염원 (축산계)	0.24 (8.9%)	7.28 (43.3%)	2.46 (8.2%)	154.02 (51.3%)	1.00 (1.8%)	19.02 (19.5%)	6.15 (5.0%)	284.24 (41.6%)	6.90 (5.1%)	317.99 (39.9%)
비점오염원 (토지계)	1.55 (57.7%)	-	15.47 (51.6%)	-	8.28 (14.8%)	-	40.95 (33.1%)	-	46.60 (34.5%)	-
비점오염원 (시비량)	0.27 (10.0%)	-	2.72 (9.1%)	-	1.18 (2.1%)	-	7.01 (5.7%)	-	7.89 (5.8%)	-
배경부하	0.53 (19.9%)	-	6.82 (22.7%)	-	3.14 (5.6%)	-	24.23 (19.6%)	-	29.26 (21.7%)	-
비점오염합계 (축산계제외)	2.35 (87.6%)	9.21 (54.7%)	25.01 (83.4%)	117.58 (39.2%)	12.60 (22.6%)	67.53 (69.1%)	72.19 (58.3%)	317.99 (50.1%)	83.76 (62.0%)	416.36 (52.2%)

<표 3-20> 동진강 유역 오염부하 기여도 분석

구 분	모니터링유역말단 (kg/day)		정읍천1 (kg/day)		정읍천4 (kg/day)		동진강1 (kg/day)		동진강3 (kg/day)	
	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량
외부용수	-	-	-	-	-	-	50.55 85.3%	-	25.81 18.4%	-
점오염원	6.87 (47.3%)	3.31 (3.5%)	0.30 (11.2%)	3.08 (13.5%)	10.63 (23.3%)	33.43 (13.7%)	2.54 4.3%	7.15 (10.6%)	22.09 (15.7%)	62.15 (9.2%)
비점오염원 (축산계)	2.18 (15.0%)	79.20 (83.0%)	0.64 (23.7%)	2.14 (9.4%)	9.39 (20.6%)	114.54 (46.9%)	2.28 3.8%	31.69 (46.9%)	26.93 (19.2%)	404.32 (60.0%)
비점오염원 (토지계)	2.84 (19.6%)	-	1.32 (49.2%)	-	10.58 (23.2%)	-	2.66 4.5%	-	26.56 (18.9%)	-
비점오염원 (시비량)	0.36 (2.5%)	-	0.15 (5.4%)	-	1.77 (3.9%)	-	0.42 0.7%	-	4.29 (3.1%)	-
배경부하	2.27 (15.6%)	-	0.28 (10.4%)	-	13.20 (29.0%)	-	0.80 1.3%	-	34.72 (24.7%)	-
비점오염합계 (축산계제외)	5.47 (37.7%)	12.88 (13.5%)	1.75 (65.1%)	17.62 (77.1%)	25.55 (56.1%)	96.26 (39.4%)	3.88 6.5%	28.71 (42.5%)	65.57 (46.7%)	207.55 (30.8%)

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표	1
제 1 절 연구개발의 필요성	1
1. 현황 및 문제점	1
제 2 절 연구의 배경 및 필요성	6
1. 연구의 배경	6
2. 연구의 필요성	9
3. 연구개발의 목표 및 내용	10
제 2 장 국내외 기술개발 현황	12
제 1 절 국내의 정책 및 제도, 기술 현황	12
1. 정책 및 제도 현황	12
2. 관련기술 및 연구 현황	14
제 2 절 해외의 정책 및 제도, 기술 현황	17
1. 정책 및 제도 현황	17
2. 관련기술 및 연구 현황	18
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	21
제 1 절 산간지역 모니터링 결과	21
1. 유역현황 분석	21
2. 오염부하량 산정 결과 (1·2차 연도 결과와 비교)	34
3. 3차년도 모니터링 결과	39
4. 모니터링 결과 해석	76
제 2 절 평야지역 모니터링 결과	103
1. 유역현황 분석	103
2. 오염부하량 산정 결과	115
3. 3차년도 모니터링 결과	122
4. 모니터링 결과 해석	180

제 3 절 중간지역 모니터링 결과	199
1. 유역현황 분석	199
2. 오염부하량 산정 결과	210
3. 3차년도 모니터링 결과	218
4. 모니터링 결과 해석	242
제 4 절 간척지역 모니터링 결과	254
1. 유역현황 분석	254
2. 오염부하량 산정 결과	263
3. 3차년도 모니터링 결과	271
4. 모니터링 결과 해석	305
제 5 절 자원화시설 모니터링 결과	317
1. 대상시설 분석	317
2. 모니터링 결과	323
3. 축산분뇨 이동량 분석	353
제 6 절 농업활동의 유역 영향 분석	372
1. 비점오염 해석을 위한 유역모델 선정 및 구축	372
2. 유역 모델의 보·검정 결과	417
3. 국내 축산비점오염원의 유역환경영향 분석	447
4. 경종·축산이 수계에 미치는 영향분석	455
5. 축산비점오염원 최적관리방안 도출 및 경제성 분석	456
제 7 절 국내·외 축산비점오염 관리정책 및 제도분석	460
1. 국내 수질대책 및 현행수질관리제도	460
2. 축산비점오염원 관리정책	468
3. 가축분뇨 관리 및 처리의 문제점 분석	475
4. 가축분뇨 관리정책	488
5. 가축분뇨 관리체계 문제점	491
제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도	495
제 5 장 성과활용계획	496

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보	497
제 7 장 연구시설장비현황	506
제 8 장 참 고 문 헌	510
부 록	515

표 목 차

<표 1-1> 지목분류 기준 (국립환경과학원, 2008)	1
<표 1-2> 연간 가축분뇨 발생·처리	2
<표 1-3> 강우유출수 농도의 공공처리시설 방류수 농도 비교	3
<표 1-4> 축산분야에 대한 기관별 투자계획	7
<표 1-5> 환경부 지류·지천 환경대책에 따른 가축분뇨 공공처리시설 투자계획	8
<표 1-6> 가축분뇨 지역단위 통합관리센터 자원화 시범사업	8
<표 3-1> 산간지역 유역 선정에 위한 지표 및 세부지표	22
<표 3-2> 산간지역 토지이용 현황	25
<표 3-3> 하천 모니터링 지점별 유역 면적 및 토지이용 현황	30
<표 3-4> 대상유역 행정구역(법정동) 현황	30
<표 3-5> 대상유역 인구 현황	31
<표 3-6> 대상유역 물사용량 현황	31
<표 3-7> 산간지역 소유역 별 가축 두수	32
<표 3-8> 산간지역 소유역 별 축산 농가수	32
<표 3-9> 산간지역 소유역 별 산업체 현황	33
<표 3-10> 산간지역 소유역별 토지지목 현황	33
<표 3-11> FW 신규 유역의 발생부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	34
<표 3-12> FW 신규 유역의 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)	35
<표 3-13> FW 신규 유역의 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)	36
<표 3-14> FW 신규 유역의 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)	36
<표 3-15> FW 신규 유역의 배출부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	37
<표 3-16> FW 유역 오염원별 BOD 배출부하량 (단위 : kg/day)	38
<표 3-17> FW 유역 오염원별 T-N 배출부하량 (단위 : kg/day)	38
<표 3-18> FW 유역 오염원별 T-P 배출부하량 (단위 : kg/day)	38
<표 3-19> 기존지점 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	80
<표 3-20> 기존 지점 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	84
<표 3-21> 신규 지점 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	87
<표 3-22> 신규 지점 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	90
<표 2-23> 산간지역 기존 지점 EMC 산정 결과	92
<표 3-24> 산간지역 신규 유역 지점별 EMC 산정 결과	95
<표 3-25> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	101
<표 3-26> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	102
<표 3-27> 평야지역 유역 선정에 위한 지표 및 세부지표	104
<표 3-28> 유역단위 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법	106
<표 3-29> 포장단위 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법	110
<표 3-30> 하천 모니터링 지점별 유역면적 및 토지이용 현황	111
<표 3-31> 대상유역 행정구역 현황	113
<표 3-32> 대상유역의 인구 현황	113
<표 3-33> 하천 모니터링 지점별 축산 현황	114
<표 3-34> 대상유역의 산업체 현황	115

<표 3-35> PW 유역의 발생부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	116
<표 3-36> PW 유역 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)	117
<표 3-37> PW 유역 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)	117
<표 3-38> PW 유역 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)	117
<표 3-39> PW 유역의 배출부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	119
<표 3-40> PW 유역 오염원별 BOD 배출부하량 (단위 : kg/day)	120
<표 3-41> PW 유역 오염원별 T-N 배출부하량 (단위 : kg/day)	120
<표 3-42> PW 유역 오염원별 T-P 배출부하량 (단위 : kg/day)	121
<표 3-43> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	185
<표 3-44> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	190
<표 3-45> 지점별 EMC 산정 결과	192
<표 3-46> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	197
<표 3-47> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	198
<표 3-48> 00지역 유역 선정을 위한 지표 및 세부지표	200
<표 3-49> 신규 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법	202
<표 3-50> 중간지역 토지피복 현황	207
<표 3-51> 대상지점의 행정구역 현황	208
<표 3-52> 대상유역의 인구 현황	208
<표 3-53> 하천 모니터링 지점별 축산 현황	209
<표 3-54> 대상유역의 산업체 현황	209
<표 3-55> MW 유역의 발생부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	210
<표 3-56> 중간지역 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)	211
<표 3-57> 중간지역 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)	211
<표 3-58> 중간지역 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)	211
<표 3-59> MW 유역의 배출부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	214
<표 3-60> 중간지역 오염원별 BOD 배출부하량 (단위 : kg/day)	215
<표 3-61> 중간지역 오염원별 T-N 배출부하량 (단위 : kg/day)	215
<표 3-62> 중간지역 오염원별 T-P 배출부하량 (단위 : kg/day)	215
<표 3-63> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	244
<표 3-64> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	246
<표 3-65> 지점별 EMC 산정 결과	248
<표 3-66> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	253
<표 3-67> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	253
<표 3-68> 신규 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법	255
<표 3-69> 간척지역 토지피복 현황	260
<표 3-70> 대상지점의 행정구역 현황	261
<표 3-71> 대상유역의 인구 현황	261
<표 3-72> 하천 모니터링 지점별 축산 현황	262
<표 3-73> 대상유역의 산업체 현황	262
<표 3-74> 간척지역의 발생부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	263
<표 3-75> 간척지역 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)	264
<표 3-76> 간척지역 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)	264
<표 3-77> 간척지역 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)	264

<표 3-78> PW 유역의 배출부하량 산정결과 (단위 : kg/day)	267
<표 3-79> 간척지역 오염원별 BOD 배출부하량 (단위 : kg/day)	268
<표 3-80> 간척지역 오염원별 T-N 배출부하량 (단위 : kg/day)	268
<표 3-81> 간척지역 오염원별 T-P 배출부하량 (단위 : kg/day)	268
<표 3-82> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	307
<표 3-83> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차	309
<표 3-84> 지점별 EMC 산정 결과	311
<표 3-85> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	315
<표 3-86> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과	316
<표 3-87> FT 강우유출수 EMC 산정결과	341
<표 3-88> PT 강우유출수 EMC 산정결과	342
<표 3-89> MT 강우유출수 EMC 산정결과	342
<표 3-90> RT 강우유출수 EMC 산정결과	343
<표 3-91> MT 강우유출수 EMC 산정결과	343
<표 3-92> 2013~2015년 모니터링지점 평균 EMC	345
<표 3-93> 모니터링지점 2015년 강수량 (단위 : mm)	346
<표 3-94> 가평 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	347
<표 3-95> 영천 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	347
<표 3-96> 용인 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	348
<표 3-97> 여주 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	348
<표 3-98> 횡성 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	349
<표 3-99> 화성 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	349
<표 3-100> 정읍 월별 강수량 분석 (단위 : mm)	350
<표 3-101> 모니터링지점 강수량	351
<표 3-102> 모니터링지점 강수량	351
<표 3-103> 모니터링지점 부하량 산정	352
<표 3-104> 영천시 축산분뇨 발생량	353
<표 3-105> 용인시 축산분뇨 발생량	354
<표 3-106> 횡성군 축산분뇨 발생량	355
<표 3-107> 정읍시 축산분뇨 발생량	356
<표 3-108> 여주시 축산분뇨 발생량	357
<표 3-109> 가평군 축산분뇨 발생량	358
<표 3-110> 화성시 축산분뇨 발생량	359
<표 3-111> 영천시 축산분뇨 처리현황	361
<표 3-112> 영천시 자원화 생산량	361
<표 3-113> 용인시 축산분뇨 처리현황	362
<표 3-114> 용인시 자원화 생산량	362
<표 3-115> 횡성군 축산분뇨 처리현황	362
<표 3-116> 횡성군 자원화 생산량	363
<표 3-117> 정읍시 축산분뇨 처리현황	363
<표 3-118> 정읍시 자원화 생산량	363
<표 3-119> 여주시 축산분뇨 처리현황	364
<표 3-120> 여주시 자원화 생산량	364

<표 3-121> 가평군 축산분뇨 처리현황	364
<표 3-122> 가평군 자원화 생산량	364
<표 3-123> 화성시 축산분뇨 처리현황	365
<표 3-124> 화성시 자원화 생산량	365
<표 3-125> 퇴비 성장	367
<표 3-126> 액비 성장	367
<표 3-127> 영천시 축산분뇨 농지살포량	367
<표 3-128> 용인시 축산분뇨 농지살포량	368
<표 3-129> 횡성군 축산분뇨 농지살포량	368
<표 3-130> 정읍시 축산분뇨 농지살포량	369
<표 3-131> 여주시 축산분뇨 농지살포량	369
<표 3-132> 가평군 축산분뇨 농지살포량	370
<표 3-133> 화성시 축산분뇨 농지살포량	370
<표 3-134> 모형의 종류 및 구성요소 - Simple Methods	373
<표 3-135> 모형의 종류 및 구성요소 - Mid-Range Methods	373
<표 3-136> 모형의 종류 및 구성요소 - Detailed Methods	374
<표 3-137> 모형의 입.출력 자료 - Simple Methods	374
<표 3-138> 모형의 입.출력 자료 - Mid-Range Methods	375
<표 3-139> 모형의 입.출력 자료 - Detailed Methods	376
<표 3-140> 유역모형의 적용 수준 - Simple Methods	377
<표 3-141> 유역모형의 적용 수준 - Mid-Range Methods	377
<표 3-142> 유역모형의 적용 수준 - Detailed Methods	377
<표 3-143> SWAT과 HSPF 모델 비교 (Borah and Bera, 2003)	379
<표 3-144> SWAT과 HSPF 모델 비교 (Borah and Bera, 2003)	380
<표 3-145> HSPF Application Modules 구성요소	385
<표 3-146> HSPF Application Modules 구성요소	389
<표 3-147> 기상관측소 현황	389
<표 3-148> 하수종말처리시설 현황	390
<표 3-149> 축산폐수공공처리시설 현황	390
<표 3-150> 농공단지처리시설 현황	391
<표 3-151> 산업폐수종말처리시설 현황	391
<표 3-152> 분뇨처리시설 현황	391
<표 3-153> 수위관측소 현황	392
<표 3-154> 수위관측소 현황	393
<표 3-155> 토지이용현황(대분류)	394
<표 3-156> 청미천 유역 토지이용현황(중분류)	395
<표 3-157> 금호강 유역 토지이용현황(중분류)	395
<표 3-158> 섬강 유역 토지이용현황(중분류)	396
<표 3-159> 동진강 유역 토지이용현황(중분류)	396
<표 3-160> 청미천 유역 오염원 현황	400
<표 3-161> 금호강 유역 오염원 현황	400
<표 3-162> 섬강 유역 오염원 현황	401
<표 3-163> 동진강 유역 오염원 현황	402

<표 3-164> 오염원 그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표	403
<표 3-165> 청미천 유역 발생부하량	404
<표 3-166> 청미천 유역 발생부하량	405
<표 3-167> 금호강 유역 발생부하량	406
<표 3-168> 금호강 유역 배출부하량	406
<표 3-169> 섬강 유역 발생부하량	407
<표 3-170> 섬강 유역 배출부하량	408
<표 3-171> 동진강 유역 발생부하량	409
<표 3-172> 동진강 유역 배출부하량	409
<표 3-173> 대상유역별 퇴.액비량 산정결과	413
<표 3-174> 대상유역별 시비량 산정결과	414
<표 3-175> HSPF 모델의 주요 보정 계수(유량관련)	415
<표 3-176> HSPF 모델의 주요 보정 계수(수질관련)	416
<표 3-177> 청미천 유량 보.검정결과 (청미지점)	418
<표 3-178> 청미천1 지점 수질 보.검정결과	420
<표 3-179> 청미천2 지점 수질 보.검정결과	421
<표 3-180> 금호강 유량 보.검정결과(금호A 지점)	424
<표 3-181> 금호강1 지점 수질 보.검정결과	426
<표 3-182> 신령천 지점 수질 보.검정결과	427
<표 3-183> 신령천 지점 수질 보.검정결과	428
<표 3-184> 섬강B 지점 유량 보.검정결과	431
<표 3-185> 계천2 지점 수질 보.검정결과	433
<표 3-186> 계천2 지점 수질 보.검정결과	434
<표 3-187> 원주천2 지점 수질 보.검정결과	435
<표 3-188> 섬강4 지점 수질 보.검정결과	436
<표 3-189> 섬강4-1 지점 수질 보.검정결과	437
<표 3-190> 동진강 유역 말단지점 유량 보.검정결과(동진A 지점)	440
<표 3-191> 동진강1 지점 수질 보.검정결과	442
<표 3-192> 동진강3 지점 수질 보.검정결과	443
<표 3-193> 정읍천1 지점 수질 보.검정결과	444
<표 3-194> 정읍천4 지점 수질 보.검정결과	445
<표 3-195> HSPF모델을 이용한 기여율 정의 방법	447
<표 3-196> 배출부하량을 이용한 기여율 정의 방법	447
<표 3-197> 청미천 유역 오염부하 기여도 분석	449
<표 3-198> 금호강 유역 오염부하 기여도 분석	450
<표 3-199> 섬강 유역 오염부하 기여도 분석	452
<표 3-200> 동진강 유역 오염부하 기여도 분석	453
<표 3-201> 최적관리방안 선정(동진강유역)	456
<표 3-202> 최적관리방안 개요	457
<표 3-203> 정읍분뇨처리장 증설에 따른 연도별 수질개선효과	459
<표 3-204> 가축분뇨 유입비율 증대에 따른 연도별 수질개선효과	459
<표 3-205> 우분연료화에 따른 연도별 수질개선효과	459
<표 3-206> 국내 수질 정책의 변화(환경부, 2014)	460

<표 3-207> 물환경관리 기본계획의 특징	461
<표 3-208> 물이용부담금 징수실적	462
<표 3-209> 물환경관리 기본계획의 특징	463
<표 3-210> 수질오염총량제 기관별 역할	464
<표 3-211> 수계별 수변구역 지정기준	465
<표 3-212> 수계별 토지매수 및 수변생태벨트 조성현황(2013년 기준)	466
<표 3-213> 상수원관리지역 지원 현황	467
<표 3-214> 오염원별 특성비교	468
<표 3-215> 축종별 발생유량 원단위	471
<표 3-216> 축종별 발생부하량 원단위	472
<표 3-217> 가축분뇨 처리방법별 문제점	479
<표 3-218> 가축분뇨 관리 선진화 대책 요약('12년 환경부 요약)	489
<표 3-219> 중장기 가축분뇨 자원화 대책('13년 농림축산식품부 요약)	490

그림 목 차

<그림 1-1> 가축분뇨 발생·처리·유통단계별 축산비점오염 발생 현황	4
<그림 1-2> 가축분뇨 관리정책의 문제점	5
<그림 3-1> 대상지점 사전조사	22
<그림 3-2> 산간지역 대상유역 위치 및 모니터링 지점	23
<그림 3-3> 산간지역 영천지점 수치지형도	24
<그림 3-4> 산간지역 영천지점 토지이용도	25
<그림 3-5> FW-`01 모니터링 지점	26
<그림 3-6> FW-`02 모니터링 지점	27
<그림 3-7> FW-`03 모니터링 지점	27
<그림 3-8> FW-`03 모니터링 지점	28
<그림 3-9> FW-`03 모니터링 지점	28
<그림 3-10> FW-`03 모니터링 지점	29
<그림 3-11> 산간지역(FW) 신규유역 소유역별 발생부하량 점유율	35
<그림 3-12> FW 신규유역 오염원별 발생부하량 점유율	36
<그림 3-13> FW 기존유역 소유역별 배출부하량 점유율	37
<그림 3-14> FW 신규유역 오염원별 배출부하량 점유율	38
<그림 3-15> 정기 모니터링 결과 (FW-`1)	40
<그림 3-16> 정기 모니터링 결과 (FW-`2)	41
<그림 3-17> 정기 모니터링 결과 (FW-`3)	42
<그림 3-18> 정기 모니터링 결과 (FW-`4)	43
<그림 3-19> 정기 모니터링 결과 (FW-`5)	44
<그림 3-20> 정기 모니터링 결과 (FW-`6)	45
<그림 3-21> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 1차 모니터링)	46
<그림 3-22> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 1차 모니터링)	47
<그림 3-23> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 1차 모니터링)	48
<그림 3-24> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 1차 모니터링)	49
<그림 3-25> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 1차 모니터링)	50
<그림 3-26> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 2차 모니터링)	51
<그림 3-27> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 2차 모니터링)	52
<그림 3-28> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 2차 모니터링)	53
<그림 3-29> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 2차 모니터링)	54
<그림 3-30> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 2차 모니터링)	55
<그림 3-31> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 3차 모니터링)	56
<그림 3-32> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 3차 모니터링)	57
<그림 3-33> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 3차 모니터링)	58
<그림 3-34> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 3차 모니터링)	59
<그림 3-35> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 3차 모니터링)	60
<그림 3-36> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 4차 모니터링)	61
<그림 3-37> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 4차 모니터링)	62
<그림 3-38> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 4차 모니터링)	63

<그림 3-39> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 4차 모니터링)	64
<그림 3-40> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 4차 모니터링)	65
<그림 3-41> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 5차 모니터링)	66
<그림 3-42> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 5차 모니터링)	67
<그림 3-43> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 5차 모니터링)	68
<그림 3-44> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 5차 모니터링)	69
<그림 3-45> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 5차 모니터링)	70
<그림 3-46> 정밀 모니터링 결과 (FW-`1, 6차 모니터링)	71
<그림 3-47> 정밀 모니터링 결과 (FW-`3, 6차 모니터링)	72
<그림 3-48> 정밀 모니터링 결과 (FW-`4, 6차 모니터링)	73
<그림 3-49> 정밀 모니터링 결과 (FW-`5, 6차 모니터링)	74
<그림 3-50> 정밀 모니터링 결과 (FW-`6, 6차 모니터링)	75
<그림 3-51> 1·2연구 대상유역 및 모니터링 지점	76
<그림 3-52> 기존 지점 EMC 산정 결과 (BOD)	93
<그림 3-53> 기존 지점 EMC 산정 결과 (T-N)	93
<그림 3-54> 기존 지점 EMC 산정 결과 (T-P)	93
<그림 3-55> 신규 지점 EMC 산정 결과 (BOD)	96
<그림 3-56> 신규 지점 EMC 산정 결과 (T-N)	96
<그림 3-57> 신규 지점 EMC 산정 결과 (T-P)	96
<그림 3-58> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정기 모니터링)	97
<그림 3-59> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정밀 모니터링)	98
<그림 3-60> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정기 모니터링)	99
<그림 3-61> FW-`3 지점의 돼지사육 및 분뇨처리 현황	99
<그림 3-62> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정밀 모니터링)	100
<그림 3-63> 평야지역 대상유역 사전조사	104
<그림 3-64> 평야지역 모니터링 유역	105
<그림 3-65> PW-06, PW-07 모니터링 지점	107
<그림 3-66> 기존유역 모니터링 지점 (양가천 유역)	108
<그림 3-67> 3차년도 신규유역 모니터링 지점 (울곡천 유역)	109
<그림 3-68> 포장단위 모니터링	109
<그림 3-69> PP-01 모니터링 장비 설치 전경	110
<그림 3-70> PP-02 모니터링 장비 설치 전경	110
<그림 3-71> 모니터링 유역 토지이용도	112
<그림 3-72> PW 기존유역 소유역별 발생부하량 점유율	116
<그림 3-73> PW 신규유역 소유역별 발생부하량 점유율	116
<그림 3-74> PW 기존유역 (PW-02) 오염원별 발생부하량 점유율	118
<그림 3-75> PW 신규유역 (PW-`1) 오염원별 발생부하량 점유율	118
<그림 3-76> PW 기존유역 소유역별 배출부하량 점유율	119
<그림 3-77> 소유역별 배출부하량 점유율	119
<그림 3-78> PW 기존유역 (PW-02) 오염원별 배출부하량 점유율	121
<그림 3-79> PW 신규유역 (PW-`1) 오염원별 배출부하량 점유율	121
<그림 3-80> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-01)	123
<그림 3-81> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-02)	124

<그림 3-82> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-03)	125
<그림 3-83> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-04)	126
<그림 3-84> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-05)	127
<그림 3-85> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-06)	128
<그림 3-86> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-`1)	129
<그림 3-87> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-`2)	130
<그림 3-88> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-`3)	131
<그림 3-89> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-`4)	132
<그림 3-90> 포장단위 수질 모니터링 결과 (PP-01)	133
<그림 3-91> 포장단위 수질 모니터링 결과 (PP-02)	134
<그림 3-92> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 1차 모니터링)	136
<그림 3-93> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 1차 모니터링)	137
<그림 3-94> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 1차 모니터링)	138
<그림 3-95> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 1차 모니터링)	139
<그림 3-96> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 2차 모니터링)	140
<그림 3-97> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 2차 모니터링)	141
<그림 3-98> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 2차 모니터링)	142
<그림 3-99> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 2차 모니터링)	143
<그림 3-100> 정밀 모니터링 결과 (PW-`1, 2차 모니터링)	144
<그림 3-101> 정밀 모니터링 결과 (PW-`2, 2차 모니터링)	145
<그림 3-102> 정밀 모니터링 결과 (PW-`3, 2차 모니터링)	146
<그림 3-103> 정밀 모니터링 결과 (PW-`4, 2차 모니터링)	147
<그림 3-104> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 3차 모니터링)	148
<그림 3-105> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 3차 모니터링)	149
<그림 3-106> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 3차 모니터링)	150
<그림 3-107> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 3차 모니터링)	151
<그림 3-108> 정밀 모니터링 결과 (PW-`1, 3차 모니터링)	152
<그림 3-109> 정밀 모니터링 결과 (PW-`2, 3차 모니터링)	153
<그림 3-110> 정밀 모니터링 결과 (PW-`3, 3차 모니터링)	154
<그림 3-111> 정밀 모니터링 결과 (PW-`4, 3차 모니터링)	155
<그림 3-112> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 4차 모니터링)	156
<그림 3-113> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 4차 모니터링)	157
<그림 3-114> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 4차 모니터링)	158
<그림 3-115> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 4차 모니터링)	159
<그림 3-116> 정밀 모니터링 결과 (PW-`1, 4차 모니터링)	160
<그림 3-117> 정밀 모니터링 결과 (PW-`2, 4차 모니터링)	161
<그림 3-118> 정밀 모니터링 결과 (PW-`3, 4차 모니터링)	162
<그림 3-119> 정밀 모니터링 결과 (PW-`4, 4차 모니터링)	163
<그림 3-120> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 5차 모니터링)	164
<그림 3-121> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 5차 모니터링)	165
<그림 3-122> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 5차 모니터링)	166
<그림 3-123> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 5차 모니터링)	167
<그림 3-124> 정밀 모니터링 결과 (PW-`1, 5차 모니터링)	168

<그림 3-125> 정밀 모니터링 결과 (PW-`2, 5차 모니터링)	169
<그림 3-126> 정밀 모니터링 결과 (PW-`3, 5차 모니터링)	170
<그림 3-127> 정밀 모니터링 결과 (PW-`4, 5차 모니터링)	171
<그림 3-128> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 6차 모니터링)	172
<그림 3-129> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 6차 모니터링)	173
<그림 3-130> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 6차 모니터링)	174
<그림 3-131> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 6차 모니터링)	175
<그림 3-132> 정밀 모니터링 결과 (PW-`1, 6차 모니터링)	176
<그림 3-133> 정밀 모니터링 결과 (PW-`2, 6차 모니터링)	177
<그림 3-134> 정밀 모니터링 결과 (PW-`3, 6차 모니터링)	178
<그림 3-135> 정밀 모니터링 결과 (PW-`4, 6차 모니터링)	179
<그림 3-136> EMC 산정 결과 (BOD)	193
<그림 3-137> EMC 산정 결과 (T-N)	193
<그림 3-138> EMC 산정 결과 (T-P)	193
<그림 3-139> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정기 모니터링)	194
<그림 3-140> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정기 모니터링)	195
<그림 3-141> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정밀 모니터링)	196
<그림 3-142> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정밀 모니터링)	196
<그림 3-143> 대상지역 사전조사	200
<그림 3-144> 중간지역 신규모니터링 지점	201
<그림 3-145> 중간지역 MW-`1 모니터링 지점	203
<그림 3-146> 중간지역 MW-`2 모니터링 지점	203
<그림 3-147> 중간지역 MW-`3 모니터링 지점	204
<그림 3-148> 중간지역 MW-`4 모니터링 지점	204
<그림 3-149> 중간지역 MW-`5 모니터링 지점	205
<그림 3-150> 중간지역 MW-`6 모니터링 지점	205
<그림 3-151> 중간지역 MW-`7 모니터링 지점	206
<그림 3-152> 중간지역 MW-`8 모니터링 지점	206
<그림 3-153> 중간 지역 토지이용현황	207
<그림 3-154> 중간지역 소유역별 발생부하량 점유율	210
<그림 3-155> 중간지역 (MW-`1) 오염원별 발생부하량 점유율	212
<그림 3-156> 중간지역 (MW-`2) 오염원별 발생부하량 점유율	212
<그림 3-157> 중간지역 (MW-`3) 오염원별 발생부하량 점유율	212
<그림 3-158> 중간지역 (MW-`4) 오염원별 발생부하량 점유율	212
<그림 3-159> 중간지역 (MW-`5) 오염원별 발생부하량 점유율	213
<그림 3-160> 중간지역 (MW-`6) 오염원별 발생부하량 점유율	213
<그림 3-161> 중간지역 (MW-`7) 오염원별 발생부하량 점유율	213
<그림 3-162> 중간지역 (MW-`8) 오염원별 발생부하량 점유율	213
<그림 3-163> 중간지역 소유역별 발생부하량 점유율	214
<그림 3-164> 중간지역 (MW-`1) 오염원별 발생부하량 점유율	216
<그림 3-165> 중간지역 (MW-`2) 오염원별 발생부하량 점유율	216
<그림 3-166> 중간지역 (MW-`3) 오염원별 발생부하량 점유율	216
<그림 3-167> 중간지역 (MW-`4) 오염원별 발생부하량 점유율	216

<그림 3-168> 중간지역 (MW-'5) 오염원별 발생부하량 점유율	217
<그림 3-169> 중간지역 (MW-'6) 오염원별 발생부하량 점유율	217
<그림 3-170> 중간지역 (MW-'7) 오염원별 발생부하량 점유율	217
<그림 3-171> 중간지역 (MW-'8) 오염원별 발생부하량 점유율	217
<그림 3-172> 중간지역 유량 측정 결과	218
<그림 3-173> 중간지역 하천유량 측정 모습	218
<그림 3-174> 수질 모니터링 결과 (MW-'1)	219
<그림 3-175> 수질 모니터링 결과 (MW-'2)	220
<그림 3-176> 수질 모니터링 결과 (MW-'3)	221
<그림 3-177> 수질 모니터링 결과 (MW-'4)	222
<그림 3-178> 수질 모니터링 결과 (MW-'5)	223
<그림 3-179> 수질 모니터링 결과 (MW-'6)	224
<그림 3-180> 수질 모니터링 결과 (MW-'7)	225
<그림 3-181> 수질 모니터링 결과 (MW-'8)	226
<그림 3-182> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 1차 모니터링)	227
<그림 3-183> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 1차 모니터링)	228
<그림 3-184> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 1차 모니터링)	229
<그림 3-185> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 2차 모니터링)	230
<그림 3-186> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 2차 모니터링)	231
<그림 3-187> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 2차 모니터링)	232
<그림 3-188> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 3차 모니터링)	233
<그림 3-189> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 3차 모니터링)	234
<그림 3-190> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 3차 모니터링)	235
<그림 3-191> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 4차 모니터링)	236
<그림 3-192> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 4차 모니터링)	237
<그림 3-193> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 4차 모니터링)	238
<그림 3-194> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 5차 모니터링)	239
<그림 3-195> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 5차 모니터링)	240
<그림 3-196> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 5차 모니터링)	241
<그림 3-197> EMC 산정 결과 (BOD)	248
<그림 3-198> EMC 산정 결과 (T-N)	249
<그림 3-199> EMC 산정 결과 (T-P)	249
<그림 3-200> 축산의 수계 영향 분석	250
<그림 3-201> 축산의 수계 영향 분석	251
<그림 3-202> 축산의 수계 영향 분석 (정밀 모니터링)	252
<그림 3-203> 간척지역 신규모니터링 지점	254
<그림 3-204> 간척지역 RW-'1 모니터링 지점	256
<그림 3-205> 간척지역 RW-'2 모니터링 지점	256
<그림 3-206> 간척지역 RW-'3 모니터링 지점	257
<그림 3-207> 간척지역 RW-'4 모니터링 지점	257
<그림 3-208> 간척지역 RW-'5 모니터링 지점	258
<그림 3-209> 간척지역 RW-'6 모니터링 지점	258
<그림 3-210> 간척지역 RW-'7 모니터링 지점	259

<그림 3-211> 간척지역 RW-‘8 모니터링 지점	259
<그림 3-212> 간척지역 토지이용현황	260
<그림 3-213> 간척지역 소유역별 발생부하량 점유율	263
<그림 3-214> 간척지역 (RW-‘1) 오염원별 발생부하량 점유율	265
<그림 3-215> 간척지역 (RW-‘2) 오염원별 발생부하량 점유율	265
<그림 3-216> 간척지역 (RW-‘3) 오염원별 발생부하량 점유율	265
<그림 3-217> 간척지역 (RW-‘4) 오염원별 발생부하량 점유율	265
<그림 3-218> 간척지역 (RW-‘5) 오염원별 발생부하량 점유율	266
<그림 3-219> 간척지역 (RW-‘6) 오염원별 발생부하량 점유율	266
<그림 3-220> 간척지역 (RW-‘7) 오염원별 발생부하량 점유율	266
<그림 3-221> 간척지역 (RW-‘8) 오염원별 발생부하량 점유율	266
<그림 3-222> 중간지역 소유역별 발생부하량 점유율	267
<그림 3-223> 간척지역 (RW-‘1) 오염원별 발생부하량 점유율	269
<그림 3-224> 간척지역 (RW-‘2) 오염원별 발생부하량 점유율	269
<그림 3-225> 간척지역 (RW-‘3) 오염원별 발생부하량 점유율	269
<그림 3-226> 간척지역 (RW-‘4) 오염원별 발생부하량 점유율	269
<그림 3-227> 간척지역 (RW-‘5) 오염원별 발생부하량 점유율	270
<그림 3-228> 간척지역 (RW-‘6) 오염원별 발생부하량 점유율	270
<그림 3-229> 간척지역 (RW-‘7) 오염원별 발생부하량 점유율	270
<그림 3-230> 간척지역 (RW-‘8) 오염원별 발생부하량 점유율	270
<그림 3-231> 간척지역 유량 측정 결과	271
<그림 3-232> 간척지역 하천유량 측정 모습	271
<그림 3-233> 수질 모니터링 결과 (RW-‘1)	272
<그림 3-234> 수질 모니터링 결과 (RW-‘2)	273
<그림 3-235> 수질 모니터링 결과 (RW-‘3)	274
<그림 3-236> 수질 모니터링 결과 (RW-‘4)	275
<그림 3-237> 수질 모니터링 결과 (RW-‘5)	276
<그림 3-238> 수질 모니터링 결과 (RW-‘6)	277
<그림 3-239> 수질 모니터링 결과 (RW-‘7)	278
<그림 3-240> 수질 모니터링 결과 (RW-‘8)	279
<그림 3-241> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘8, 1차 모니터링)	280
<그림 3-242> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘7, 1차 모니터링)	281
<그림 3-243> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘6, 1차 모니터링)	282
<그림 3-244> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘3, 1차 모니터링)	283
<그림 3-245> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘1, 1차 모니터링)	284
<그림 3-246> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘8, 2차 모니터링)	285
<그림 3-247> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘7, 2차 모니터링)	286
<그림 3-248> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘6, 2차 모니터링)	287
<그림 3-249> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘3, 2차 모니터링)	288
<그림 3-250> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘1, 2차 모니터링)	289
<그림 3-251> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘8, 3차 모니터링)	290
<그림 3-252> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘7, 3차 모니터링)	291
<그림 3-253> 정밀 모니터링 결과 (RW-‘6, 3차 모니터링)	292

<그림 3-254> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 3차 모니터링)	293
<그림 3-255> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 3차 모니터링)	294
<그림 3-256> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 4차 모니터링)	295
<그림 3-257> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 4차 모니터링)	296
<그림 3-258> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 4차 모니터링)	297
<그림 3-259> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 4차 모니터링)	298
<그림 3-260> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 4차 모니터링)	299
<그림 3-261> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 5차 모니터링)	300
<그림 3-262> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 5차 모니터링)	301
<그림 3-263> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 5차 모니터링)	302
<그림 3-264> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 5차 모니터링)	303
<그림 3-265> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 5차 모니터링)	304
<그림 3-266> EMC 산정 결과 (BOD)	311
<그림 3-267> EMC 산정 결과 (T-N)	312
<그림 3-268> EMC 산정 결과 (T-P)	312
<그림 3-269> 축산의 수계 영향 분석(I)	313
<그림 3-270> 축산의 수계 영향 분석(II)	313
<그림 3-271> 수질보존사업	314
<그림 3-272> 축산의 수계 영향 분석 (정밀 모니터링)	314
<그림 3-273> 영천시 모니터링 대상 자원화시설	317
<그림 3-274> 영천시 모니터링 시설 최종 집수구 및 모니터링 지점	318
<그림 3-275> 용인시 모니터링 대상 개별처리시설	319
<그림 3-276> 용인시 모니터링 시설 유출부 및 모니터링 지점	319
<그림 3-277> 횡성군 모니터링 대상 축산폐수처리시설	320
<그림 3-278> 횡성군 모니터링 대상 축산폐수처리 시설 유출경로 및 모니터링 지점	321
<그림 3-279> 정읍시 모니터링 대상 자원화시설	322
<그림 3-280> 정읍시 모니터링 시설 유출부 및 모니터링 지점	323
<그림 3-281> FT지점 1차 정밀 모니터링	324
<그림 3-282> FT지점 2차 정밀 모니터링	325
<그림 3-283> FT지점 3차 정밀 모니터링	326
<그림 3-284> FT지점 4차 정밀 모니터링	327
<그림 3-285> FT지점 5차 정밀 모니터링	328
<그림 3-286> PT지점 1차 정밀 모니터링	329
<그림 3-287> PT지점 2차 정밀 모니터링	330
<그림 3-288> PT지점 5차 정밀 모니터링	331
<그림 3-289> PT지점 6차 정밀 모니터링	332
<그림 3-290> MT지점 2차 정밀 모니터링	334
<그림 3-291> MT지점 4차 정밀 모니터링	335
<그림 3-292> RT지점 1차 정밀 모니터링	337
<그림 3-293> RT지점 2차 정밀 모니터링	338
<그림 3-294> RT지점 4차 정밀 모니터링	339
<그림 3-295> RT지점 5차 정밀 모니터링	340
<그림 3-296> EMC 산정 결과 (BOD)	344

<그림 3-297> EMC 산정 결과 (T-N)	344
<그림 3-298> EMC 산정 결과 (T-P)	344
<그림 3-299> 수질별 부하량 비율	352
<그림 3-300> 행정구역별 축산분뇨 발생량 현황	360
<그림 3-301> 행정구역별 축산분뇨 처리현황	366
<그림 3-302> 행정구역별 자원화물 농지살포 현황	371
<그림 3-303> 유역모형의 비교	378
<그림 3-304> BASINS의 적용 흐름도	382
<그림 3-305> BASINS의 구성요소	382
<그림 3-306> PERLND module 구성요소	386
<그림 3-307> IMPLND module 구성요소	387
<그림 3-308> RCHRES module 구성요소	388
<그림 3-309> RCHRES 물질 이동 흐름도	388
<그림 3-310> HSPF 모델 구축절차(청미천 유역)	397
<그림 3-311> HSPF 모델 구축절차(금호강 유역)	398
<그림 3-312> HSPF 모델 구축절차(섬강 유역)	398
<그림 3-313> HSPF 모델 구축절차(동진강 유역)	399
<그림 3-314> 퇴.액비량 Special-action 적용방법	412
<그림 3-315> 시비량 Special-action 적용방법	414
<그림 3-316> 청미천 유역현황	417
<그림 3-317> 청미지점 유량 보.검정결과	418
<그림 3-318> 청미천 유량 보.검정결과 (저유량시)	419
<그림 3-319> 청미천1 지점 수질 보.검정결과	420
<그림 3-320> 청미천2 지점 수질 보.검정결과	421
<그림 3-321> PW-3 모니터링 지점의 수질 보.검정결과	422
<그림 3-322> 금호강 유역현황	423
<그림 3-323> 금호A 지점 유량 보.검정결과	424
<그림 3-324> 금호A 지점 유량 보.검정결과(저유량시)	425
<그림 3-325> 금호강1 지점 수질 보.검정결과	426
<그림 3-326> 신령천 지점 수질 보.검정결과	427
<그림 3-327> 금호강1A 지점 수질 보.검정결과	428
<그림 3-328> YC-1 모니터링 지점의 수질 보.검정결과	429
<그림 3-329> 일리천 유역 유역현황	430
<그림 3-330> 섬강B 지점 유량 보.검정결과	431
<그림 3-331> 섬강B 지점 유량 보.검정결과(저유량시)	432
<그림 3-332> 계천2 지점 수질 보.검정결과	433
<그림 3-333> 전천 지점 수질 보.검정결과	434
<그림 3-334> 원주천2 지점 수질 보.검정결과	435
<그림 3-335> 섬강4 지점 수질 보.검정결과	436
<그림 3-336> 섬강4-1 지점 수질 보.검정결과	437
<그림 3-337> P-4 모니터링 지점의 수질 보.검정결과	438
<그림 3-338> 동진강 유역현황	439
<그림 3-339> 동진A 유량 보.검정결과	440

<그림 3-340> 동진A 유량 보.검정결과(저유량시)	441
<그림 3-341> 동진강1 지점 수질 보.검정결과	442
<그림 3-342> 동진강3 지점 수질 보.검정결과	443
<그림 3-343> 정읍천1 지점 수질 보.검정결과	444
<그림 3-344> 정읍천4 지점 수질 보.검정결과	445
<그림 3-345> JU-1 모니터링 지점의 수질 보.검정결과	446
<그림 3-346> 청미천 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)	449
<그림 3-347> 금호강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)	451
<그림 3-348> 섬강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)	452
<그림 3-349> 동진강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)	454
<그림 3-350> 수질오염총량제 시행절차	464
<그림 3-351> 토지매수 절차(한강유역환경청)	466
<그림 3-352> 축산계 오염물질 배출구조	473
<그림 3-353> 쇠고기 이력제의 사업추진체계	476
<그림 3-354> 퇴비사의 처리 공정도	480
<그림 3-355> 통풍식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	481
<그림 3-356> 통풍식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)	481
<그림 3-357> 교반식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	482
<그림 3-358> 교반식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)	482
<그림 3-359> 교반식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	483
<그림 3-360> 교반식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)	484
<그림 3-361> 퇴비단 여과시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)	485
<그림 3-362> 호기액비화시설의 공정도(젓소, 돼지)	486
<그림 3-363> 퇴비사의 처리 공정도	487

제 1 장 연구개발과제의 개요 및 성과목표

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 현황 및 문제점

- 비점오염원(非點汚染源)이라 함은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등으로서 불특정장소에서 불특정하게 수질오염물질을 배출하는 배출원을 뜻함(수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제2조제2호)
- 비점오염원관리 업무편람(환경부, 2006)에 따르면, 비점오염에는 농작물에 흡수되지 않고 농경지에 남아있는 비료와 농약, 초지에 방목된 가축의 배설물, 가축사육농가에서 배출되는 미처리 축산폐수, 빗물에 섞인 대기오염물질, 도로 노면의 퇴적물, 합류식 하수관거에서 강우시 설계량을 초과하여 하천으로 흘러드는 오수/하수와 빗물의 혼합수 등이 있음
- 환경부는 수계오염총량관리 기술지침을 통해 비점오염에 해당하는 토지계 오염원의 발생 부하원단위를 제시하고 있으며, 5개 지목으로 분류하고 있음<표 1-1>

<표 1-1> 지목분류 기준 (국립환경과학원, 2008)

토지계 지목분류	분류 기준
전	지목별 면적 중 '전'으로 과수원 포함
답	지목별 면적 중 '답'
임야	지목별 면적 중 '임야'
대지	대지, 공장용지, 학교용지, 도로 (도로사면 제외), 철도용지 (철도선로 제외), 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지 (골프장, 스키장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지
기타	광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지

*출처 : 수계오염총량관리 기술지침 (국립환경과학원, 2008)

- 지목분류기준에 따르면, 농업관련 지역은 '전', '답', 그리고 '기타'의 일부지역이 해당되며, 목장용지 등 축산관련 지역의 경우 기타지목에 해당하여 별도의 기준은 없음
- 현재까지 세분류 토지이용에 대해 토지계 원단위를 새롭게 제정하고자 수행되고 있는 '환경기초조사사업 「주요 비점오염원 유출 장기모니터링 연구」'에서도 축산지역이 제외되어 있어, 축산비점오염원의 배출특성 규명 및 정량화가 지연되는 실정임

가. 가축분뇨관리 현황 및 문제점

- 2010년 가축분뇨 발생량은 46.5백만톤으로 생활계 분뇨발생량(연간 17.8백만톤)의 2.6 배에 달하는 것으로 보고되고 있어, 가축분뇨관리 대책은 유역 수질환경 개선에 필수적임
 - 한·육우(32.8%), 젖소(13.7%), 돼지(38.3%), 닭(15.2%)
 - 연도별 가축분뇨 발생량 : (' 08) 4,174만톤 → (' 09) 4,370만톤 → (' 10) 4,653만톤
 - 가축 마리당 1일 분뇨발생량 : 한우 13.7kg 젖소 37.7kg, 돼지5.1kg 닭·오리 0.12kg
- 가축분뇨의 공공처리는 오·폐수발생량의 1%에 불과하나, 수질오염부하량의 26.2%를 차지하는 등 하천 유출시 수질오염에 치명적임(환경부, 2011)
- 방류수 수질기준 또한 과도하게 완화(개별처리기준 : 특정지역 BOD≤150, TN≤850, TP≤200 mg/L, 기타지역 BOD≤350 mg/L)되어 있어 수질오염이 가중되고 있음(환경부, 2011)
- 환경부에서 담당하고 있는 공공처리는 전체 가축분뇨처리량의 6.8% 수준에 지나지 않으며, 85.6%에 이르는 자원화(퇴·액비화)의 경우 발생·처리·유통 과정에서 관리미흡과 무단 방류, 강우유출 등 다양한 경로로 수계에 유입되어 비점오염의 주원인으로 추정되고 있음(국립환경과학원 2011)
- 2010년 가축분뇨 발생량중 4,029만톤(86.6%)이 퇴·액비로 자원화되고, 415만톤(9.0%)은 정화처리, 107만톤(2.3%)이 해양투기, 자연증발 등 102만톤(2.2%)이었음<표 1-2>

<표 1-2> 연간 가축분뇨 발생·처리

연도	발생량(천톤) (%)	자원화			정화방류		해양 투기	기타
		소계	퇴비	액비	개별농가	공공처리장		
'06	40,255 (100)	33,298 (82.7)	31,998 (79.5)	1,300 (3.2)	870 (2.2)	2,784 (6.9)	2,607 (6.5)	696 (1.7)
'07	41,417 (100)	34,656 (83.7)	32,862 (79.3)	1,794 (4.3)	894 (2.2)	2,871 (6.9)	2,019 (4.9)	977 (2.4)
'08	41,743 (100)	35,208 (84.3)	32,912 (78.8)	2,295 (5.5)	1,184 (2.8)	2,907 (7.0)	1,460 (3.5)	985 (2.4)
'09	43,702 (100)	37,396 (85.6)	34,742 (79.5)	2,654 (6.1)	1,199 (2.7)	2,973 (6.8)	1,171 (2.7)	964 (2.2)
'10	46,534 (100)	40,286 (86.6)	37,220 (80.0)	3,066 (6.6)	1,427 (3.1)	2,727 (5.9)	1,070 (2.3)	1,024 (2.2)

- 특히, 소규모 농가의 경우 수거에 의해 공공처리시설에서 처리되는 가축분뇨의 양은 매우 적으며, 대부분 자체 자원화 시설에서 톱밥발효에 의한 퇴비화를 하는 것이 일반적이기 때문에 관리가 미흡하여 배출되는 비점오염부하가 큰 실정임(국립환경과학원, 2011)
- 강우 시, 축산농가 인근 하천 상·하류 오염부하량의 차이는 1.43~5.2배 (BOD 기준) 증가하는 것으로 보고됨(국립환경과학원, 2011)
- 4대강 비점오염원관리 종합대책(정부합동, '04)에 따르면, 축산농가로부터 발생하는 강우유출수는 공공처리시설의 방류수 수질기준과 비교시 7~28배의 고농도로 발생되어 하천으로 유입<표 1-3>

<표 1-3> 강우유출수 농도의 공공처리시설 방류수 농도 비교

구 분	강우유출수(mg/L)	축산폐수공공처리시설(mg/L)
BOD	2.8~221.5	30
SS	20~8,523	30
T-N	0.01~89.01	-
T-P	0.03~36.46	-

*출처 : 축산폐수배출시설 및 처리시설 관리개선방안연구 (환경부, 2003)

- 또한, 축산농가의 처리시설 운용능력 미흡 및 관리소홀로 인한 부적정관리 사례가 빈발하고, 농경지 및 작물재배면적 감소, 축산농가와 경종농가 간 연계문제, 퇴·액비 사용의 부정적 인식, 품질불신 증가 등으로 가축분뇨의 재활용 대상이 감소하고 있음
- 이에 환경부는 가축분뇨에 대한 주요대책으로서 양분총량관리를 통한 자원순환형 축산기반을 조성하고, 지역 내 양분 수급상황을 고려한 가축사육두수 규모의 조정 및 축산폐수 처리량 정량화 안을 제시하는 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률 일부개정안(2011)」을 입법예고한 바 있으며, 「가축사육 제한구역 지정기준 권고안 마련을 위한 연구」를 통해 추가적인 대책을 준비 중에 있음

나. 축산비점오염원 관리의 문제점

- 환경부는 물환경관리기본계획(2006)을 통해 축산폐수 및 비점오염원을 수계 총인(T-P) 부하량의 주된 오염원으로 규정하고, 특히 축산비점오염원관리와 수질대책의 필요성을 강조하였음
- 그러나, 가축분뇨로 인한 비점오염물질 발생량은 원단위 산정방식으로 산정된 4대강 물관리종합대책상 비점오염부하량에서 제외되어, 이 분야에서의 대책추진으로 인한 효과는 정량적 목표산정에 반영되지 않았음(관계부처합동, 2004)
- 가축분뇨의 발생으로부터 처리, 유통 단계에 이르기까지 다양한 경로에서 비점오염이 배출되고 있으나, 이에 대해 정량화된 바가 없음<그림 1-1>



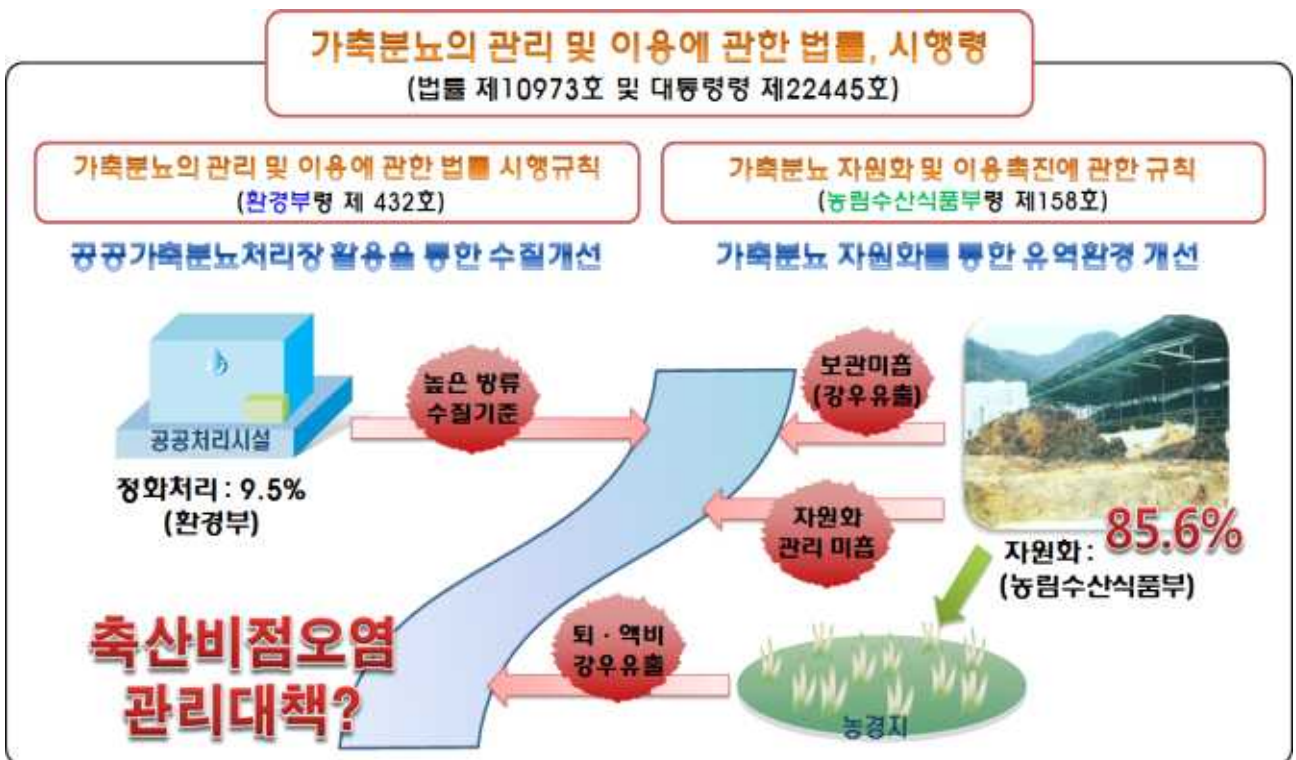
<그림 1-1> 가축분뇨 발생·처리·유통단계별 축산비점오염 발생 현황

- 또한, 환경부는 ‘환경기초조사사업 「주요 비점오염원 유출 장기모니터링 연구」’를 통해 각 세분류 토지이용별 비점오염원 모니터링을 바탕으로 정량화 방안을 추진하고 있으나, 대상지역 중 축산비점오염원 배출지역은 제외되어 있어, 총체적인 비점오염부하량 파악에는 한계가 있음

- 공공처리시설 위주의 가축분뇨관리 정책으로는 90% 이상을 차지하는 자체처리(자원화 또는 개별처리) 시설을 관리하는데 한계가 있으며, 축산비점오염은 실질적으로 관리사각 지대에 있음<그림 1-2>
- 가축분뇨는 충분히 처리되지 않고 퇴·액비로 사용할 경우 악취가 발생하고 작물생산성을 저해하는 역효과를 초래할 수 있으며 2차 오염을 일으킬 수 있음
- 가축분뇨 해양 배출 금지에 따라 농식품부에서는 ‘10년도 해양투기 물량 107만톤(1일 3,600톤)을 처리할 수 있도록’ 11년말까지 연간 143만톤(1일 4,750톤) 이상 처리시설(가축분뇨공동자원화, 공공처리장 등) 확충을 계획하고 있음

- 신규 처리시설 확충 : 117만톤(1일 3,900톤 × 300일)
 - 공동자원화시설 21개소 63만톤(1일 2,100톤)
 - 경축자원센터 12개소 12만톤(1일 400톤)
 - 공공처리장 9개소 27만톤(1일 900톤)
 - 액비유통센터 25개소, 액비저장조 984기 등 15만톤(1일 500톤)
- 기존 처리시설 가동률 제고 : 26만톤(1일 850톤 × 300일)
 - 가동중인 공동자원화시설 등 가동률 제고(현재 : 70%, 254만톤 → 개선 : 80%, 280만톤)를 통해 26만톤 처리

- 현재까지 축산비점오염원은 접근이 어렵고 관리주체가 모호하여 좀처럼 규명되지 않았으며, 전국적으로 그 영향이 정량화되지 않아 실질적인 관리 및 대책마련에 어려움이 있음



<그림 1-2> 가축분뇨 관리정책의 문제점

제 2 절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

- 농업수자원 측면에서 살펴보면 기후변화로 인한 온도와 강수량의 시·공간적 변화는 홍수와 가뭄의 빈도를 변화시키는 것으로 나타나고 있음
- 이와 같은 온도변화와 강수량의 변화는 장래 농업용수 수요량의 변화와 함께 유출량 변화에 따른 가용 수자원량의 변화를 가져 올 수 있으며, 토지이용변화와 더불어 유역 내 용수 수요가 변화하므로 수요공급의 변화에 대처할 수 있는 물 관리 방안이 도출되어야 함
- 최근 우리나라는 국민소득 향상과 더불어 식생활 변화에 따른 육류소비의 급증과 정부의 축산진흥정책 지원 등으로 인해, 한우와 돼지 축종을 사육하는 농가수는 지속적으로 감소하는 반면, 사육두수는 점차 증가하고 있음
- 2011년 9월 기준 한우 42만두(전국 13.7%), 젖소 7만3000두(전국 18.2%)를 사육하고 있는 충청남도는 기후변화, 국제 곡물가격 상승 및 FTA 개방 등에 맞선 적극적인 대응책으로 조사료 자급화 종합대책을 세우고 가축분뇨 자원화와 연계해 조사료 재배면적을 확대하는 한편, 생산공급 거점센터를 육성할 계획임
- 2012년부터 해양투기가 전면 금지됨에 따라, 농림수산식품부는 가축분뇨 자원화 촉진을 통한 자연순환농업활성화를 위해 연간 1,000억원('11년 1,041억원) 규모의 예산을 지원할 계획이며, 이를 통해 가축분뇨의 자원화처리기반('11년 662억원)과 퇴·액비의 유통기반을 구축('11년 130억원)하고 양질의 퇴·액비 생산 및 공급을 위한 장비지원('11년 9억원), 퇴·액비 자연순환농업조직체 운영자금 지원(연간 240억원) 등의 사업을 추진할 계획임<표 1-4>
- 한·미 FTA 체결에 따라 농림수산식품부는 농어업분야 국내보완대책 ('07)을 수립하고 축산경쟁력 제고를 위하여 가축분뇨처리시설 및 축사시설현대화 사업에 4.7조원 ('08 ~ '17), 도축·가공업체 지원과 수출작업장 현대화 사업에 2.1조원 ('09 ~ '17)을 각각 지원하기로 결정하였음

<표 1-4> 축산분야에 대한 기관별 투자계획

기관	목적	주요내용	예산	근거	비고
환경부	가축분뇨 관리 선진화 방안	공공처리시설 투자계획	852억 원 ('11년 기준)	지류·지천 환경대책('11)	총 7,112억 원 투자계획
	가축분뇨 자원화 사업	가축분뇨 자원화 처리기반구축	662억 원 ('11년 기준)	가축분뇨 해양배출 감축대책('07)	연간 1,000억 원 규모의 지속투자
		퇴·액비 유통기반 구축	130억 원 ('11년 기준)		
		양질의 퇴·액비 생산 및 공급 장비 지원	9억 원 ('11년 기준)		
		퇴·액비 자연순환농업조직체 운영자금 지원	240억 원 (매년)		
농림수산식품부	한·미 FTA 체결에 따른 축산 경쟁력 제고	처리시설 및 축사시설현대화	4.7조 원 ('08 ~ '17)	FTA 국내보완 대책('07)	-
		가공 산업 활성화	2.1조 원 ('09 ~ '17)		
	한·EU FTA 체결에 따른 축산 경쟁력 제고	처리시설 및 축사시설현대화	0.5조 원 ('11 ~ '20)		10년간('11 ~ '20) 총 2조 원 지원
		가공 산업 활성화	0.5조 원 ('11 ~ '20)		
		방역관리	0.5조 원 ('11 ~ '20)		
		가공원료유·한우조직화 지원 등 신규사업	0.5조 원 ('11 ~ '20)		

*기획재정부 보도자료, 한·EU FTA 체결에 따른 국내산업 경쟁력 강화대책(기획재정부, 2010)

*농림수산식품부 보도자료, 「농식품부, 가축분뇨 해양투기 근절에 역량집중(농림수산식품부, 2011)」

*가축분뇨 관리 선진화 방안(환경부, 2011)

- 기획재정부 ('10)는 최근 한·EU FTA 체결에 따른 축산분야 경쟁력 제고를 위하여 10년간 ('11 ~ ' 20) 2조원 규모의 예산을 지원할 계획임을 발표하였으며, 이에 따라 농림수산식품부는 기존사업인 가축분뇨처리시설 및 축사시설 현대화 사업과 도축·가공업체 지원 및 수출작업장 현대화 사업, 가축방역사업에 각각 0.5조원씩 증액하고, 가공원료유·한우조직화 지원을 위한 신규사업을 마련하여 0.5조원을 추가적으로 지원할 계획임
- 가축분뇨는 오·폐수발생량의 1%에 불과하나 수질오염부하량의 26.2%를 차지하는 등 하천 유출시 수질오염에 치명적이며, 밀집사육 및 구제역 발생 등으로 분뇨의 적정관리 필요성과 비점오염화 등 2차 수질오염 방지 필요성이 부각됨에 따라, 환경부는 「가축분뇨 관리 선진화 방안(2011)」을 제시하고, 가축분뇨 공공처리시설 확충을 위해 2011년부터 총 7,112억 원을 투자할 계획임<표 1-5>

<표 1-5> 환경부 지류·지천 환경대책에 따른 가축분뇨 공공처리시설 투자계획

(단위: 억 원)

시도명	2011년		2012년		2013년		2014년		2015년		2016년 이후	
	개소	금액	개소	금액	개소	금액	개소	금액	개소	금액	개소	금액
계	33	852	39	912	25	857	24	876	16	917	26	2,698
인천	1	8	1	10	1	51	1	20	0	0	0	0
경기	3	164	6	86	5	234	6	260	3	185	9	1,117
강원	0	0	0	0	1	5	2	60	2	120	2	183
충북	1	61	2	35	2	56	3	93	2	110	3	286
충남	5	60	5	41	2	85	3	95	3	160	4	486
전북	6	182	6	85	5	151	2	72	1	58	1	112
전남	4	66	5	60	3	129	3	100	1	50	1	112
경북	6	159	6	230	3	41	2	56	2	74	4	265
경남	6	120	7	338	2	101	1	60	1	70	1	67
제주	1	32	1	27	1	4	1	60	1	90	1	70

*출처 : 가축분뇨관리 선진화방안 (환경부, 2011)

○ 환경부는 사업추진의 필요성이 시급한 시·군에 대해 생산자단체인 농업협동조합이 설치·운영하는 자원화 시범사업 추진 (50톤/일~200톤/일)하기 위해 가축분뇨 지역단위 통합관리센터 자원화 시범사업 추진계획(환경부 물환경정책과, 2011)을 발표하였음(표 6)

○ 사업비는 국고 70%, 시·군 10% 그리고 농업협동조합에서 20%를 지원하며 수익성이 있는 퇴비화시설 및 바이오가스시설에 대해 사업비를 지원할 계획임

<표 1-6> 가축분뇨 지역단위 통합관리센터 자원화 시범사업

구분	계	인천 (강화)	경기 (화성)	충남 (논산·보령·청양)	전남 (나주·광양·화순)	경북 (안동·영주)
개소수	10 (퇴비 7, Bio 3)	1 (퇴비)	1 (퇴비)	3 (퇴비 1, Bio 2)	3 (퇴비 2, Bio 1)	2 (퇴비)
사업비 (백만원)	141,571	11,070	22,596	39,800	19,745	48,000

2. 연구의 필요성

- 환경적으로 건전하고 지속가능한 선진축산업 육성을 위해서는 경쟁력 제고와 함께 친환경 자원순환형 축산환경을 조성하여 청정축산의 이미지를 브랜드화 할 필요가 있음
- 친환경축산은 국내 축산여건과 소비자 트렌드 변화에 따른 선결과제로서, 세계적으로 환경과 녹색성장에 대한 중요성이 증대되고 있는 현 시점에 친환경농업육성법(법률 제 10893호)과 국제식품규격위원회(CODEX)의 친환경유기축산물 조건 및 방향에 부합하며, 고품질 축산물시장 확보를 위해 반드시 이루어야할 과제임
- 친환경 자원순환형 축산환경을 조성하기 위해서는 무엇보다 가축분뇨와 축산비점오염의 효과적인 관리가 이루어져야함
- 이를 위해 공공처리시설(전체 가축분뇨의 9.5%) 위주의 축산폐수관리로부터 탈피가 시급하며, 전체의 85.6%에 해당하는 자원화와 그 관리를 담당하는 농림수산식품부는 유역환경개선을 위한 적극적인 정책 도입과 함께 축산비점오염원관리를 위한 대책이 요구됨
- 그러나 현재까지 축산비점오염원은 접근이 어렵고 관리주체가 모호하여 좀처럼 규명되지 않았으며, 전국적으로 그 영향이 정량화되지 않아 실질적인 관리 및 대책마련에 어려움이 있었음
- 따라서 가축분뇨의 발생으로부터 처리, 자원화에 이르기까지 각 관리체계에 있어서 축산비점오염의 배출경로와 수계오염부하량, 수질환경 영향을 정밀하게 분석하여 향후 대책마련을 위한 기초자료를 확보할 필요가 있음
- 또한, 전국적으로 비점오염이 수계에 미치는 영향과, 그 중 축산비점오염의 영향을 면밀히 분석하여 향후 정책 및 제도개선을 위한 과학적 기초자료로서 활용할 필요가 있음

3. 연구개발의 목표 및 내용

가. 연구개발의 최종목표 및 주요내용

(1) 연구개발의 최종목표

- 지역별 비점오염 모니터링을 통한 농업(경종, 축산) 비점오염원 분석 및 부하량 제시
- 농업 유래 비점오염이 유역 환경에 미치는 영향을 비교분석 및 관리정책 제시
- 축산비점오염원 모니터링을 통한 비점오염화 특성비교 및 관리방안 제시



<그림 1-4> 연구개발의 최종목표

(2) 연구개발 목표의 성격

- 지역별 비점오염 모니터링을 통한 농업(경종 · 축산) 비점오염 분석 및 부하량 제시
 - 현장 모니터링에 기초하여 지역 특성(산간, 평야, 중간지, 간척지 등)에 따른 농업(경종·축산) 비점오염의 발생, 배출, 오염부하 비교분석을 통한 부하량 제시
 - 농업비점오염원에 대한 정량적 자료를 확보하고 비점오염 관리를 위한 기초자료 제시
- 농업 유래 비점오염이 유역환경에 미치는 영향 비교분석 및 관리정책 제시
 - 현장 모니터링을 통해 가축분뇨의 발생, 처리, 자원화에 이르기까지 축산 비점오염원의 유역환경영향을 파악

- 가축분뇨처리기술 및 환경기초시설 평가를 통한 수질대책기반 마련
- 농업부문(경종·축산) 비점오염 평가를 통한 농촌 수질환경 대책기반 마련
- 농업(경종·축산) 비점오염부하 파악을 통한 효과적인 축산비점오염관리 기반 마련
- 축산비점오염원 모니터링을 통한 비점오염화 특성비교 및 관리방안 제시
 - 우리나라 하천·호소 수질에 있어서 축산 비점오염원의 수계오염부하 기여율 평가 및 관리방안 개발
 - 모니터링 및 부하량 정량화 자료를 이용하여 농업(경종·축산) 비점 오염원이 유역 환경에 미치는 영향을 분석하고 효율적 관리 정책을 개발

나. 연구개발의 주요내용

(1) 지역별 농업(경종, 축산) 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 모니터링 (과제: 1-4)

- 대상유역의 비점오염원에 대한 오염원별 기초자료조사
- 오염원별 수계 비점오염부하 특성분석을 위한 유역모니터링
- 농업(경종, 축산) 비점오염원 모니터링
- 축산비점오염원의 배출 및 오염부하 특성분석
- 대상유역 배출원별 오염부하량 해석
- 비점오염 중 농업비점오염 및 축산비점오염원 영향분석

(2) 축산비점오염원의 비점오염 영향 분석 및 관리정책 개발 (협동과제: 5-6)

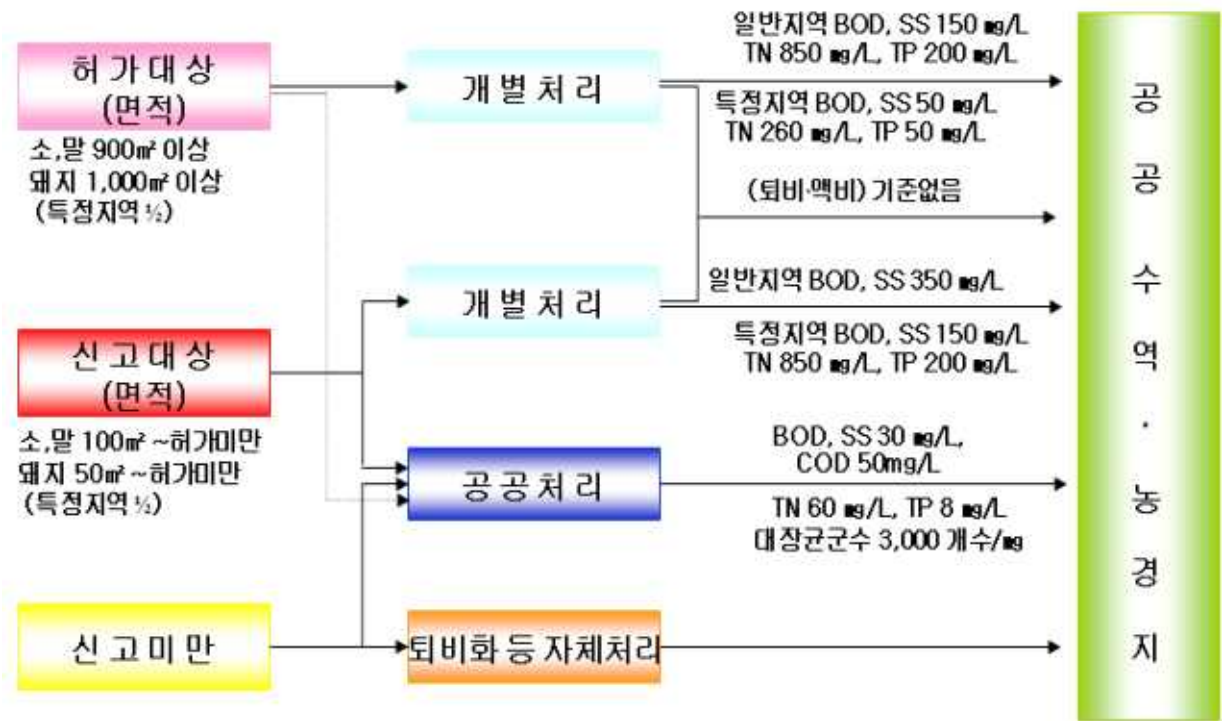
- 가축분뇨 처리시설의 비점오염원 발생·배출·오염부하 특성 모니터링
 - 개별 및 공동 가축분뇨 처리시설 모니터링
 - 자원화 처리된 가축분뇨의 이용에 따른 오염부하 특성 모니터링 및 영향분석
- 축산비점오염원이 유역 환경 및 하천·호소 수질에 미치는 영향 분석
- 축산비점오염원 특성에 따른 관리정책 개발 및 제시

제 2 장 국내외 기술개발 현황

제 1 절 국내의 정책 및 제도, 기술 현황

1. 정책 및 제도 현황

- 정부는 물관리종합대책(관계부처 합동, 1998)을 통해 비점오염원의 관리 필요성을 언급하고 비점오염원 관리방안 추진체계 구축의 필요성을 인식하였으나, 가축분뇨로 인한 비점오염물질 발생량은 원단위 산정방식으로 산정된 4대강 물관리종합대책상 비점오염부하량에서 제외되어, 이 분야에서의 대책추진으로 인한 효과는 정량적 목표산정에 반영되지 않았음(관계부처합동, 2004)
- 이후 『4대강 비점오염원관리 종합대책(관계부처합동, 2004)』 및 『가축분뇨 관리·이용 대책(환경부·농림부, 2004)』을 수립을 통해 비점오염원과 가축분뇨 관리를 위한 기초를 마련하고자 함
- 이에 따라, 농림부와 환경부는 축산폐수처리시설 및 축사주변 오염저감시설 설치지원, 축산악비 등으로 인한 오염물질 유출저감사업(2004 ~ 2011) 등을 추진하였고, 축산비점오염원 관리를 위한 조사연구(2005 ~ 2007)를 추진하였으나 아직 기초자료가 부족하고 접근에 어려움이 있어, 그 결과가 제한적임
- 한편, 농림부와 환경부는 가축분뇨 비료이용 촉진 및 비점오염물질의 유출저감을 위해 농·축협 가축분뇨 자원화처리시설을 지원하고, 액·퇴비의 비점오염원 저감대책 수립 및 시범사업을 추진하였음(2006 ~ 2011)
- 현재, 시장 및 군수는 지역주민의 생활환경과 상수원의 수질보전을 위해 조례에 의해 가축사육을 제한하고 있으며, 가축분뇨의 발생량과 직접 관련이 있는 가축사육두수에 관계 없이 사육면적만을 기준으로 허가하고 있어, 축사없이 방목하는 경우 허가대상에서 배제하고 있음
- 가축분뇨 배출시설은 사전환경성검토 대상에서 제외되어 있으며, 가축분뇨로 인한 수질오염을 관리할 기초자료 부족으로 정책추진에 어려움이 있음(환경부, 2011)
- 가축분뇨는 농가에서 비료화되거나 정화처리, 재활용·공공시설 등에서 위탁처리되고 있으나, 축산폐수는 정화가 어려운 고농도 오염물질로 방류수기준이 높고(개별처리 TN 850 mg/L), 퇴·액비화 등 자원화 할 경우 명확한 기준이 없는 실정임(그림 3)



출처 : 가축분뇨 관리 선진화 방안 (환경부, 2011)

<그림 2-1> 가축분뇨 관리체계

- 농림수산식품부는 2012년 가축분뇨의 해양투기 금지에 대비하고, 가축분뇨의 자원화를 위하여 공동자원화시설을 2011년 현재 70개소에서 2020년까지 150개소 (450만톤/년) 까지 지속적으로 확대할 계획임
- 농림수산식품부는 「저탄소 녹색성장 추진전략 (2010)」의 일환으로 기후변화 대응 역량 강화, 녹색에너지 효율성 제고, 녹색실천 확산, 지속 가능한 자연자원 관리, 녹색 국제협력 강화 등 5대 핵심분야를 선정한 바 있음
- 또한, 저탄소 녹색성장과 기후변화에 대응하고 신재생에너지 확충 등에 기여하기 위해 ‘가축분뇨 에너지화 사업’을 추진하고 있으며, 환경오염 방지와 화석에너지 대체, 온실가스 감축, 화학비료 대체, 농촌생활환경 개선, 청정에너지 농업 등의 효과를 거양하는데 목적이 있음
- 그러나 자원순환형 축산환경 조성을 위하여 다양한 노력을 경주하고 있음에도 불구하고, 전체 가축분뇨 처리의 85.6%에 해당하는 자원화처리와 축산과정에서 다양한 경로를 통해 배출되는 축산비점오염에 대한 관리대책은 미흡한 실정임

2. 관련기술 및 연구 현황

가. 비점오염부하량 산정 연구

- 이경보 등(2005)은 동진강 유역의 비점오염 부하량에 대한 조사를 통해서 소유역별 토지이용에 따른 부하량 기여도를 평가하고 유달부하량과 유달율에 대해 고찰하여 최적관리 기법에 적용할 수 있는 방안에 대한 자료를 제공함
- 양해근(2006)은 비점오염원 조사에 있어서 인위적영향이 큰 곡성천 하류부분과 상류의 계류부의 영향에 대해 분석하여 토지이용 형태에 따라 수질변화가 복잡하게 나타나고 초기 유출수의 저감방안 해결이 중요하다는 것을 고찰함
- 윤춘경 등(2007)은 북한강 상류 유역인 소양강댐 유역과 남한강 상류유역에 WinHSPF 모델을 적용하여 비점오염부하량을 정량화하고, WinHSPF의 BMPRAC(Best Management Practice Evaluation)을 이용하여 오염도가 높은 주요 소유역에 비점오염원 저감시설의 수질개선효과를 검토하였음.
- 정광욱 등(2007)은 화성호유역의 오염부하 특성을 정량적으로 분석하기 위해 BASINS/HSPF 모형을 적용하였고, 유역의 주요 하천인 남양천, 자안천, 어은천 소유역의 점오염원, 비점오염원 오염현황을 비교·분석하였음
- 강문성 등(2009)은 소유역에서의 강우사상별 오염부하량을 평가하기 위해 비점오염원모형을 적용하고, 격자단위의 오염부하량 공간분포 해석을 통한 비점오염원의 잠재적 배출 지역을 구체화한 후, 최적관리기법의 대안 도출 및 수문평가지수와 토지이용변화에 따른 비점오염원의 정량화를 수행하고 평가한 바 있음
- 장주형 등(2010)은 경안천에서의 수질과 유량을 8일간으로 관측한 자료를 활용하여 시기별 점오염원과 비점오염원 정량화의 신뢰도 향상을 위한 개선방안을 제시하였음
- 전지홍 등(2010)은 낙동강 유역을 대상으로 원단위의 배출부하량을 이용한 비점오염의 배출특성에 대한 연구를 통해 비점오염원의 발생 특성에 대해 파악하고자 하였음
- 박신정 등(2012)은 배출특성과 발생량의 파악이 힘든 비점오염물질의 유출을 반영하기 위한 합리적인 수질 모니터링 방안에 대해서 연구하였으며, 이를 위해 8일 간격 모니터링 자료와 시단위 연속 자동 모니터링 자료를 이용해 강우강도에 따른 농도와 유출량의 상관관계를 고찰함

나. 농업비점오염 관련 연구

- 정상옥(1996)은 농업배수의 인자들에 대한 조사와 오염원들이 수계로 유입되는 메커니즘에 대해 파악함으로써 수질오염 저감기법을 검토하고, 최적영농기법 및 의사결정에서의 대책마련 등을 제안하였음
- 최종대 등(2001)은 강원도 중산간 농업소 유역에서 강우사상별로 오염부하량의 배출특성을 규명하기 위해 두 곳의 유역에서 유출량과 수질을 모니터링하여 비점오염물질의 부하량을 산정한 바 있음
- 신은성 등(2001)은 강원도 춘천을 중심으로 농업지역의 비점오염 유출특성에 관해 연구하였으며 고밀도 경작에 따른 가축분뇨와 비료사용에 의한 영양물질의 문제와 그에 따른 토지 관리방안에 대해 제시하였음
- 원찬희 등(2002)은 동진강 유역에서 농업활동에 의한 부하량 산정을 위해서 비영농기, 영농기의 수질 및 유량을 측정하고 지천의 유량과 유입부하량을 측정하여 비점오염원의 배출부하량을 산정하였음
- 이혁과 김계현(2005)은 농업비점오염의 효율적인 관리의 필요성과 수계오염총량관리제에 대한 대비로서 GIS를 기반으로 하는 관리 방안에 대해 연구를 했으며, 아울러 구축한 프로그램을 통해 삭감방안에 대해서 모색한 바 있음
- 한국현 등(2005)은 논에서의 오염 배출 특성을 파악하기 위해서 시비 수준이나 시비 형태에 의한 차이 외에도 조사 시 발생하는 채수 빈도와 조사방법의 차이에 의한 배출 부하산정 결과의 차이를 연구하였으며 이 연구를 통해 논 오염부하량 산정시 합리적인 모니터링 방안에 대해 고찰함
- 김진호 등(2007)은 농업 비점오염물질의 유출 특성에 관해서 강우사상에 따라 유출계수를 다르게 줌으로써 유출부하량과 강우량간의 상관관계에 대해 연구하였으며 신뢰성 있는 자료를 얻기 위해서는 장기간 모니터링이 필요하다고 고찰함
- 정용락 등(2007)은 농업과 축산 비점오염의 영향이 큰 남양호에서의 비점오염원 유출특성 및 유달율에 대해 연구함으로써 농업용 저수지의 관리방안에 대한 연구와 기초자료를 제공함
- 박태양 등(2011)은 침사구의 밭 비점오염 저감효과 평가를 위해서 시험포장을 구성해 연구했으며, 강우시 비점오염 유출 농도를 파악하고 비점오염저감 장치에서의 저감효과는 추후연구를 통해 확인할 필요가 있다고 고찰함

다. 축산비점오염 관련 연구

- 최지용과 신은성(1999)은 「국토환경용량을 고려한 축산오염 관리방안 연구」를 통해, 가축분뇨의 오염부하량을 파악하고 농지에서의 수용 능력, 수질오염기여도 등을 평가하여 우리나라의 국토여건에 적합한 축산오염 관리방안을 제시하고자 하였음
- 노기안 등(1999)은 가축분뇨를 효율적으로 이용함으로써 화학비료 사용량을 줄이거나 볏짚 등 유기자원 환원을 통해 양분의 지하용탈에 의한 수계오염 가능성을 크게 줄일 수 있다고 제안하였으나, 본 연구는 지표수 유출에 대한 손실을 함께 살피지 못한 점이 있음
- 박백균 등(2001)은 돈분뇨의 액비 사용 시 벼의 생장에 대한 영향과 유출수 수질에 대한 연구를 통해서 액비의 안정적인 이용 방안을 모색하고 농업환경에 미치는 영향에 대해 고찰하였음
- 홍영진 등(2001)은 질산성 질소의 질소 동위원소비를 분석하여 질산성 질소의 기원을 규명하고 각 오염원(점원, 비점원)과 오염물질(화학비료, 가축분뇨 및 가정하수)의 기여도를 해석하고자 하였음
- 농림부(2002)는 「축산오염 저감을 위한 농업유역의 관리기법 개발 연구」를 통해, 축사 지붕 낙수처리시설 미비, 축사주변의 우회수로 미비 등의 문제점이 가장 큰 문제점으로 지적하였음
- 김종구 등(2004)은 배수조건이 다른 논에서 돈분뇨 액비사용이 벼 생육 및 양분이동에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 돈분뇨에 따른 논토양에서 무기성분 유출과 벼 수량 및 환경에 미치는 영향을 분석하였음
- 최선화(2007)는 「가축분뇨 처리현황과 효율적 관리방안 연구」를 통해, 우리나라 가축분뇨의 발생 및 특성, 가축분뇨 관리제도, 처리방법 등에 대해 고찰하고, 효율적인 관리방안을 제시하고자 하였음
- 노희명 등(2008)은 혐기소화 돈분 액비를 처리한 토양에서 배추의 생육과 비점오염원의 용탈 및 유거되는 양을 조사하였으며, 인공강우 재현장치를 이용한 실험을 통해 유거수의 경우 암모니아 질소보다 질산태 질소의 농도가 높은 것을 조사함
- 한기봉 등(2008)은 축종별 분뇨발생량과 배출부하의 원단위 산정에 대한 연구를 통해, 축종별 분 발생량 뿐 아니라 계절에 따른 변화를 고려함으로써, 축종의 생체량 변화에 따른 분의 발생량을 정량화했음
- 이영신 등(2009)은 강우 시에 직접적으로 유출되는 축산퇴비의 영향에 대한 연구를 통해 농지표면에서 직접 유출되는 유출수의 특성을 파악하고 수계로 유출되는 비점오염원의 비율을 산정하였음

제 2 절 해외의 정책 및 제도, 기술 현황

1. 정책 및 제도 현황

- 미국의 경우 미국 환경청의 1996년도 조사에 의하면, 지난 25년간 공장배수와 도시하수 처리에 천문학적 투자를 했음에도 불구하고 수질개선에 많은 문제가 있음을 인정하고, 이에 대한 가장 큰 원인으로 비점오염을 효과적으로 대처하지 못했기 때문인 것으로 보고하였음
- 비점오염원 관리는 Clean Water Act의 Section 319에 근거하여 법적규제를 하지 않고, 국고보조금 (예를 들어 60% 등)을 통하여 지방정부에 자발적으로 비점오염원을 관리하도록 하고 있음
- 미국 농무성과 환경청에서는 비점오염원 관리를 위해 RCWP (Rural Clean Water Program)을 운영하고 있으며, RCWP는 미국 전국에 21개 대표유역을 설정하고 비점오염원을 관리하기 위한 최적관리기법의 효과를 장기간에 걸쳐 조사/분석한 바 있음 (한강물환경연구소, 2009)
- 이외에 Coastal Zone Nonpoint Source Pollution Control ('90), Clean Lake Program ('72), National Estuary Program, Agricultural Nonpoint Source Programs 등의 근거로 산림, 농업, 도로 및 교량, 습지 등에서의 비점오염원을 관리와 모니터링을 수행하고 있음 (환경관리공단, 2008)
- University of Alabama와 Center for Watershed Protection은 2001년에 EPA Office of Water에서 연구비를 수주하여 NPDES (National Pollutant Discharge Elimination System) MS4 (Municipal Separate Storm Sewer System) 강우유출수 허가받은 대표적인 기관들의 강우유출수 자료들을 수집하여 평가하고 있음
- 이와 같은 강우유출수 수질자료와 현장특성자료들은 수집 검토하여 전국 강우유출수 특성을 파악하고, 향후 시료채취 필요에 관한 안내, 자료가 부족한 지역에 강우 유출수 관리 활동을 향상시키기 위해 200개가 넘는 지자체에서 전국에 걸쳐 10년 넘게 수집한 모니터링 자료는 강우유출수 수질특성을 파악하고 과거의 기준이 되었던 자료와 비교에 유용하게 사용하기 위하여 NSQD (National Stormwater Quality Database)라는 데이터베이스를 만들어 체계적으로 관리하고 있음
- 영국에서는 정부가 비점오염 대책을 수립하고 WFD (Water Framework Directive)에서 모니터링 조사 사업을 수행하고 있음
- 일본의 경우, 1978년 점오염원을 철저히 관리하여도 오염문제가 완전히 해결되지 않게 되자, 비점오염원 위원회를 설치하였고, 최근까지 국가차원에서 비점오염원에 대한 수질관계법이나 지침을 제도화하지 못하고 있었으나, 각종의 수질관리대책에는 그 중요성이 인식되어 다양한 비점오염원 관리기법이 도입되고 있음

2. 관련기술 및 연구 현황

가. 비점오염원 정량화 기술

- Saleh et al. (2000)는 텍사스의 North Bosque River 유역의 상류를 대상으로 수질변화를 평가하였고, King and Balogh (2001)는 SWAT 모형을 이용하여 밭과 산림지에서의 변화에 따른 수질변화의 정량화를 시도하였음.
- Culver et al. (2002)은 버지니아의 유역을 대상으로 지하수의 잠재적 질소성분 리칭에 관한 오염총량 배분의 영향에 관하여 해석하였음.
- Santhi et al. (2001)는 점원과 비점오염에 관한 관리 영향을 평가하기 위하여 SWAT 모형을 적용한 바 있으며, Kang et al. (2006)은 논에서의 비점오염원 기작을 포함하는 모형을 개발하여 소유역에 그 거동을 평가하여 소유역의 토지이용별 비점오염원 정량화 및 삭감방안을 제시한 바 있음.
- AGNPS 모형을 이용한 농업비점오염원의 정량화 및 최적관리방안을 도출하기 위한 연구도 수행되어왔는데, Summer 등 (1990)은 호소의 수질 변화 예측을 위해 호소에 유입되는 오염부하량을 AGNPS 모형으로 추정한 바 있음.
- Kang et al. (2004)은 GLEAMS 모형 적용을 위해 미국 알라바마주의 계분시비가 이루어지고 있는 Bermuda-Rye 초지에 대해 토양특성을 고려한 수문/수질 성분을 정량화 및 평가한 바 있음.

나. 비점오염 모델링 기술

- 수질모형은 과거 40년 동안 다양한 공간적 규모 (point, field, and watershed scales)에 대한 오염물질 기작 및 이송 과정을 모의하기 위하여 개발되어져 왔으며(Srivastava et al., 2007), 비점오염원 모형의 개발은 1970년대에 본격화되어 1980년대에 현재 이용되고 있는 대부분의 모형이 완성되었음
- 그 후에 농업부분의 비점오염에 관한 연구가 활발히 진행되었으며, 1970년대와 1980년대에는 최적관리기법의 적용성과 효과들에 관한 많은 연구가 있었고, 1980년대와 1990년대에는 USLE, HSPF, AGNPS, ANSWERS, SWRRB, CREAMS, GLEAMS, 그리고 SWAT 등과 같은 컴퓨터모델들을 개발하여 현장에 적용하였음
- 1990년대 이후 지리정보시스템 (geographic information system, GIS)의 응용과 오염총량제 실시 등에 따라 도시 및 농촌유역에서의 비점오염의 추정과 관리방안에 따른 발생량과 배출량의 저감을 계량화하기 위한 도구로서 발전되었음 (Park, 2006)
- 국외의 많은 연구자들이 유역의 비점오염원 관리를 위하여 비점오염원 모형을 개발하여 시범유역을 대상으로 광범위하게 적용하였고, 비점오염관리방안 및 최적관리기법 등의 다양한 응용성을 제안하였으며, Borah and Bera (2003, 2004), Srivastava et al.

- (2007), 그리고 USEPA (2008) 등은 주요 비점오염모형의 종류 및 특징, 적용 및 평가, 그리고 최근 연구동향 및 적용사례를 자세히 정리하여 소개하고 있음 (강과 김, 2009)
- USEPA (2008)에서는 공공성과 사용자의 적용과 사용이 가능한 유역수질모형에 초점을 맞추어 주요 유역 비점오염원모형을 선정하여 추천하고 있는데, USEPA (2008)에서 추천하고 있는 주요 비점오염원 모형으로는 AGNPS, STEPL (Spreadsheet Tool for Estimating Pollutant Load), GWLF (Generalized Watershed Loading Function), HSPF (Hydrologic Simulation Program- FORTRAN), SWMM (Storm Water Management Model), P8-UCM (P8-Urban Catchment Model), 그리고 SWAT (Soil and Water Assessment Tool) 등이 있음
 - 국외의 농촌유역에 주로 적용되는 비점오염원 모형은 SWAT과 HSPF 모형으로, Saleh 과 Du (2004)는 HSPF 모형이 일 유출량과 유사량에 대해 정확성이 더 높고, SWAT 모형은 영양물질에 대해 보다 더 정확한 모의를 한다고 하였음
 - 비점오염원 모형들의 지속적인 개발과 응용은 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 성능 및 기술의 향상으로 수질 모델링과 관련된 연구가 가속화하고 있으며, 최근에는 지리정보시스템, 전문가 시스템 (expert system), 사용자 인터페이스 (graphical user interface, GUI), 객체지향 모델링 기법 (object-oriented modeling system, OOM), 원격탐사 (remote sensing, RS) 등의 새로운 기술을 수질모형과 통합하기 위한 시스템 개발과 적용성 평가 등의 연구가 활발히 시도되고 있음 (강과 김, 2009)

다. 농업비점오염 관련 연구

- Sharpley et al.(1985)은 농경지로부터 유래되는 지표면 유출수의 화학적 조성 이 하천 과 호소의 부영양화를 유발하는데 크게 기여한다고 보고하였으며, Owens 등(1991)은 서로 다른 토양관리 형태를 가진 네 개의 소유역에서 양분이동 상태를 비교함
- Parker(1998)은 농업 비점오염원의 관리에 대한 연구를 통해 자원의 관리 및 수질 관리 에 대한 기준을 경제적 개념과 접목시켜 비점오염 관리에 대한 방향을 제시함
- M.N Ripa et al.(2006)은 토지이용과 농업비점오염원에서의 BMP적용에 대한 연구를 하였으며 유역 내에서의 BMP적용의 효율을 측정하기 위해서 GIS와 모델을 적용하였으며 이를 토대로 지속가능한 농업지역의 관리방안을 고찰함
- Jeon et al. (2006)은 논 표면수의 영양물질 농도는 시비에 의해 그 변화폭이 매우 크기 때문에 논에서의 유출이 일어나는 시점에 따라 논에서의 비점오염원 물질, 특히 영양물질 부하량에 지대한 영향을 미치는 것으로 보고함
- O.E Olarewaju et al.(2009)은 농업 지역의 오염물질 특히 nitrate와 phosphorus의 영향을 연구하였음
- J. Spooner et al.(1993)은 유역 내에서 비점오염관리를 통한 수질 변화를 반영하기 위

한 모니터링 방법에 대한 연구를 하였으며, 비점오염관리의 타당성을 증명하기 위한 모니터링을 위해서는 수질과 토양 관리 방식의 공통점을 찾고 BMP적용 전후 몇 년간 관리에 대한 모니터링이 이루어져야 함

- U.S Tim et al.(1993)은 GIS와 H/WQ models을 이용한 농업 비점을 평가하는 방법에 대한 연구를 하였으며 이를 통해서 종합적인 자료를 구축하고 비점오염 관리 방안을 모색 하였음
- C. Santhi et al.(2005)은 수질관리계획(WQMPs)를 통한 BMP를 적용해 유역의 비점오염원 관리의 효율성을 측정하였으며, 이것을 SWAT model을 통해 연구하였다. 결과로 부하량 감소를 위한 BMP의 적용 가능성에 대해서 고찰함
- Z..M Easton et al.(2009)은 농업지역의 유역에서의 오염원별 인의 거동에 대해서 비점오염 모델을 적용하였으며, 특히 비료와 분뇨의 거동에 대해 주요하게 분석하였음

라. 축산비점오염 관련 연구

- Ramos et al.(2006)은 가금류의 분뇨가 유출될 때의 영향을 분변성 대장균의 측정을 통해 연구하였으며, 강우시 70%이상이 유출되어 수계 오염부하량에 기여하는 것으로 보고 함
- Hooda et al.(2000)은 축산밀집지역에서의 수질에 대해서 연구를 통해서 일반적인 수질악화를 확인하고, 수질개선을 위한 방안으로 유출수에서 가축 분뇨와 비료를 관리하고 액비의 감소와 박테리아 같은 미생물들의 관리를 제안함
- Woli et al.(2004)은 질소 부하량을 측정하고 유역 내의 토지이용을 분석하여 하천수질을 평가하였으며, 회귀분석을 통해 축산지역의 밀집도와 질소 부하량의 상관성을 분석함
- Wang et al.(2010)은 초지나 산림지역의 완충대에서 우분뇨 유출수의 질산태 질소의 감소에 대해 연구한 바 있음
- J. Corey(2011)은 Long Branch Creek에서 가축분뇨와 비료의 비점오염원에 대한 영향을 평가한 바 있음

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 산간지역 모니터링 결과

1. 유역현황 분석

1,2차년도 연구 대상지의 경우 유역의 면적이 작고 수문/수질 계측망 자료 이용에 있어 어려움이 있었으며, 유역 내 축산 규모가 작아 축산계 오염원이 하천수질에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 조사되었다. 이에 3차년도에는 1,2차년도 대상지보다 축산에 대한 영향 파악 및 유출 특성이 용이하고 축산농가의 밀집도가 높은 지역을 대상으로 변경하여 모니터링을 실시하였다. 다음은 대상유역선정을 위한 사전조사에 대해 기술하였다. 또한, 축산비점 모니터링을 지점을 선정하기 위하여 문헌 조사 및 현장 답사를 통해 사전에 대상지를 선정하였으며 선정결과는 다음과 같다.

가. 신규 모니터링 지점

(1) 대상유역 선정시 고려사항

대상유역 선정시 고려사항은 ① 수문 및 수질측정과 관련하여, 수문 및 수질측정의 용이성, 모니터링 현장접근성, 관측망, 장기적 관측의 안전성 등을 고려하였으며, ② 축산농가 모니터링과 관련해서는 축산사육두수, 축산농가 모니터링 면적, 축산분뇨처리방식 등 그리고 마지막으로 ③ 장비설치의 용이성, 주변현황 등을 고려하였다.

또한, 모니터링 지점 선정은 농업(경종, 축산) 비점오염원 모니터링 자료를 안정적으로 수집할 수 있고, 토지이용이 복잡하지 않으며, 배수계통이 단순하여 점원 및 비점오염원 유출 파악이 용이한 지점을 선정하였다. 또한 축산비점오염원의 배출 및 오염부하 특성분석을 분석하기 위하여, 배경 농도 및 부하량을 파악할 수 있는 배후유역과 축산비점이 유출되는 지점인 축사 및 농경지를 포함하는 유역 구분이 명확할 수 있도록 모니터링 지점을 선정하였다. 이를 통하여, 축산비점의 유출의 농도 및 부하량을 파악하여 비점오염 중 농업비점오염 및 축산비점오염원 영향분석을 하는 것이 목표이다.

(2) 선정된 후보지역 현장조사

산간지역 현장조사 결과

산간지역의 신규 모니터링 지점 선정을 위해 우선, 대상유역 내에 있는 둔사 및 우사를 방문하여, 가축두수 및 축산농가의 규모 등을 조사하고, 비점유출 경로 등을 파악하였다. 최종적으로 수문/수질 계측망을 종합적으로 판단하여, 수문 및 수질 측정 후보지들을 검토하

였다. 또한 조사된 자료는 <표 3-1>과 같이 자체적으로 지표를 선정하여 대상지역을 선정 하였으며 선정 결과 금호강 유역의 북안천 일대를 대상으로 선정하였다.



<그림3-1> 대상지점 사전조사

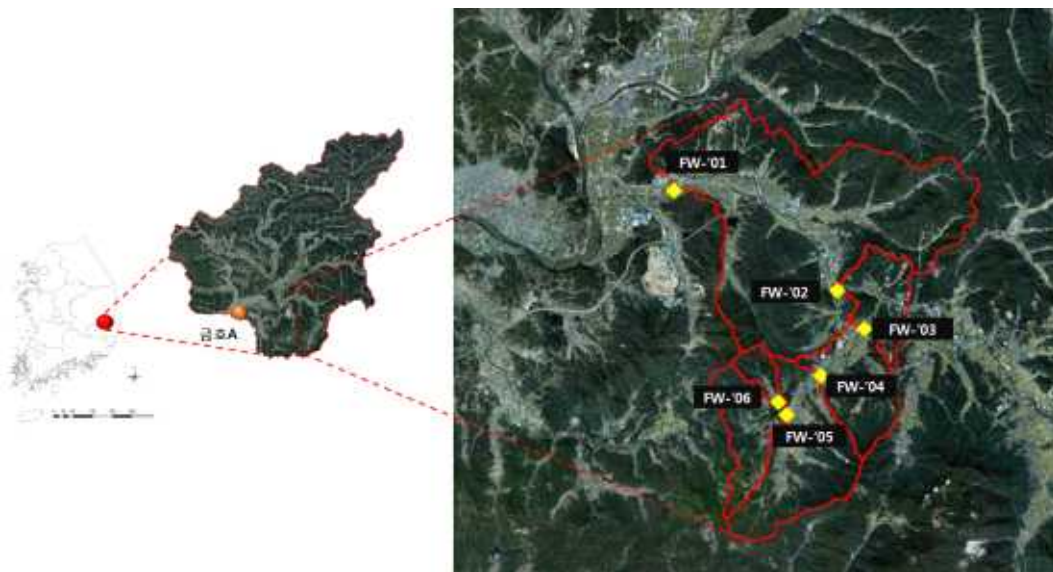
<표 3-1> 산간지역 유역 선정을 위한 지표 및 세부지표

지 표	세부지표	지표를 고려한 적정성 여부				
		1	2	3	4	5
○ 접근성	- 연구기관과 연구지점과의 거리/시간	○				
	- 모니터링 조사 지점간의 거리					○
	- 간선도로와 연구지점간의 접근성					○
○ 유역현황	- 유역조사를 위한 유역의 크기					○
	- 지류와 분류의 개수				○	
	- 유역 내 산간, 평야 포함 면적(70% 이상)				○	
	- 유역 내 경사도(40% 이상)			○		
	- 유역 내 자원화물 사용량 확인 여부			○		
	- 유역 내 농경지(논 or 밭) 유무					○
	- 유역 내 자원화물 사용 농경지 여부				○	
○ 축산현황	- 하천과 축산시설의 거리				○	
	- 축산시설 내 가축두수(돼지 2,000두)					○
	- 축산시설 내 자원화 시설 설치 여부					○
	- 분과뇨 발생량 확인 가능 여부				○	
○ 모니터링 지점	- 자원화물의 생산량/사용량 확인 가능 여부			○		
	- 정기 모니터링 지점 개수(10지점) 가능성		○			
	- 강우 모니터링 지점 개수(6지점) 가능성			○		
	- 모니터링 시설 설치의 용이성				○	
	- 유량 및 수위 측정의 용이성				○	
	- 수질시료 채취의 용이성				○	
○ 관련기관 협조	- 모니터링 시설 및 인력의 안정성				○	
	- 관련 공공기관 공무원의 협조 여부				○	
	- 유역 내 축산업자의 협조 여부			○		
	- 유역 내 영농·주민인의 협조 여부			○		
총합계				91		

나. 기초조사 자료

산간지역 모니터링에서는 1·2차 연도 연구에서 경기도 가평군 두밀리 일대를 대상지로 선정하여 모니터링을 실시하였다. 1·2차 연도 대상 구역 내에 돼지농가와 퇴비화 시설을 포함하고 있는 구역으로 축산 농가에서 발생하는 유출수와 축산 농가 상·하류, 농경지, 구역말단 모니터링을 실시하여 축산 농가의 영향을 분석하고자 하였다. 그러나 구역의 규모가 작고 축사의 밀집도가 낮으며, 비 가림 시설이 잘 되어있는 퇴비시설 등으로 인하여 1차·2차 연구에서는 축산 농가가 구역에 미치는 영향을 평가함에 있어 어려움이 있는 것으로 판단되었다. 이에 3차 연도 연구에서는 축산 밀집도가 높고, 구역 면적이 큰 지점을 대상구역으로 선정하여 모니터링을 실시하고, 1·2차 연도 대상구역인 가평 지역의 결과와 비교 분석해 보고자 하였다.

수문 및 수질측정의 용이성과 축산사육 현황 등을 고려하여 금호강 상류의 북안천 유역을 선정하였다. 대상구역은 경상북도 영천시 북안면 일대로 축산 농가가 밀집되어 있으며, 산간지역의 특성을 고려할 수 있는 지역이다. <그림 3-2>은 대상구역 및 모니터링 지점을 나타내었다. 대상구역 하류 지역에는 국가 측정망 금호A 총량지점과 국토해양부관리 유량 관측소가 위치하고 있어 모델 자료를 구축함에 있어 용이한 지역으로 판단되었다. 또한 당해 연도에는 구역 내 축사가 많이 위치하고 있으며, 가축 사육 두수가 많은 지역을 대상지역으로 선정하여 기존 산간지역 조사지점과 결과를 비교하고자 하였다.

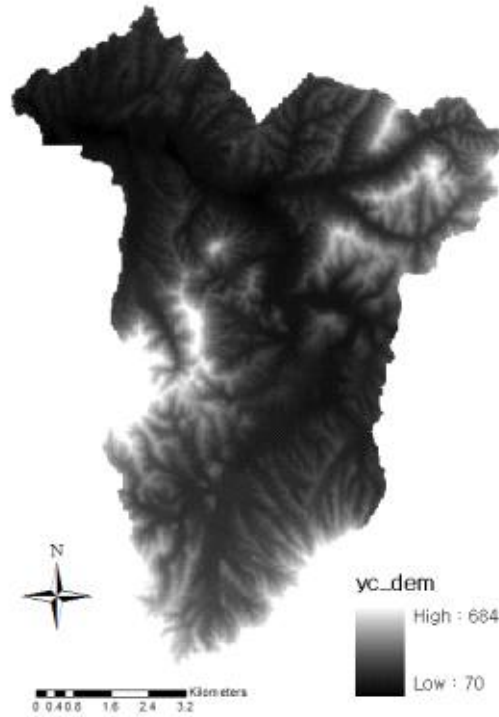


<그림 3-2> 산간지역 대상구역 위치 및 모니터링 지점

다. 산간지역 지형분석

(1) 지형분석

북안천 유역의 지형의 분석을 위하여 국가지리유통망(<http://www.ngis.go.kr>)에서 제공 받은 1:25,000 수치지형도를 사용하여 지형을 분석하였다. 수치지형도를 이용하여 표고를 분석한 결과 70 m~684 m의 표고를 나타내었으며, <그림 3-3>와 같다

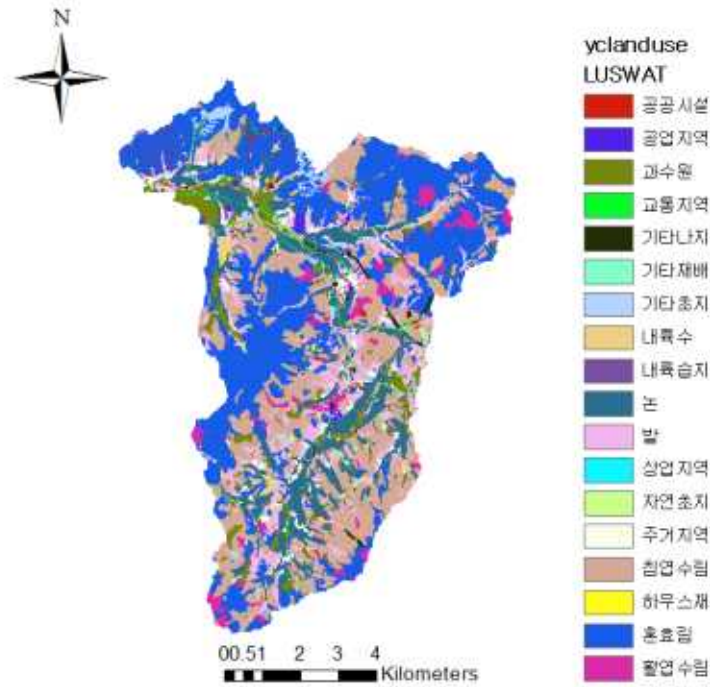


<그림 3-3> 산간지역 영천지점 수치지형도

(2) 토지이용 현황

산간지역 대상유역(북안천 상류)의 총 면적은 78.02 km²로 이 중 논과 밭, 과수원 등의 농경지가 차지하는 면적은 23.42 km²로 약 30.02%를 차지하고 있으며, 산림이 차지하는 면적은 활엽수림 2.57 km², 침엽수림 18.49 km², 혼효림 26.20 km²로 나타났으며 유역의 60.59%를 차지하고 있다. 나머지 4.35%는 시가화 지역으로 구성되어 있으며, 초지 1.84%, 습지 0.43%, 나지 0.61%, 수역 2.17%로 나타났다<그림 3-4>.

1차·2차 연구 대상 지역인 가평지역과 비교하여 대상유역 면적이 확대되었으며, 토지 이용 현황 비교 결과 산림 지역 면적 비율은 약간 낮아지고, 농업지역의 면적 비율은 다소 높아진 것으로 나타났다.



<그림 3-4> 산간지역 영천지점 토지이용도

<표 3-2> 산간지역 토지이용 현황

대분류	면적(km ²)	구성비(%)	중분류	면적(km ²)	구성비(%)
시가화 지역	3.39	4.35	주거지역	1.79	2.296
			공업지역	0.40	0.508
			상업지역	0.04	0.053
			교통지역	0.76	0.971
			공공시설지역	0.41	0.519
농업지역	23.42	30.02	논	10.30	13.203
			밭	8.44	10.816
			하우스재배지	0.00	0.005
			과수원	4.34	5.565
			기타채배지	0.34	0.435
산림지역	47.27	60.59	활엽수림	2.57	3.299
			침엽수림	18.49	23.704
			혼효림	26.20	33.583
초지	1.44	1.84	자연초지	0.28	0.365
			기타초지	1.15	1.475
습지	0.34	0.43	내륙습지	0.34	0.434
나지	0.47	0.61	기타나지	0.47	0.606
수역	1.69	2.17	내륙수	1.69	2.165
유역면적	78.02 km ²				

라. 모니터링 지점 현황

모니터링 지점은 북안천 유역(대상유역)에서 축산농가에 의해 발생하는 비점오염원 유출 특성을 분석하기 위하여 유역 내 가축분포 현황을 고려하여 선정하였다. 북안천 유역은 상류 지역에 저류지가 많이 분포되어있으며, 저류지로부터 농경지 농업용수를 공급받는 것으로 조사되었다. 또한 저류지로 인하여 강우량이 많은 해의 경우 하천 범람이 잦았으며, 이에 수해상습지구로 선정되어 ‘수해상습지 개선사업’으로 외수범람 방지를 위한 제방 축제 및 보축사업이 진행 중인 것으로 나타났다.

(1) FW-‘01 (유역말단 지점)

FW- ‘01 지점은 대상유역의 최종 말단 지점으로 북안천과 금호강이 합류되기 직전에 위치하고 있으며, 접근이 쉽고 수위계 설치가 가능한 교량이 있는 지점으로 선정하였다. 산림에서 발생한 배경농도가 농경지와 축산농가 등을 거쳐 최종적으로 지나는 말단 지점으로 유량과 수질농도 등을 측정하기 위해 Kalesto 수위계(초음파 수위계)를 설치하였으며, 축산에 의한 영향을 평가하기 위한 모델의 입력자료를 구축하고자 하였다. 모니터링 지점의 전경과 설치되어 있는 수위계의 사진은 <그림 3-5>와 같다.



<그림 3-5> FW-‘01 모니터링 지점

(2) FW-‘02

FW-`02 지점은 돼지농가 하류 지점과 말단 지점 사이로, FW-`03 지점과 약 3.5 km와 떨어져 있는 지점이다<그림 3-6>. FW-`02 지점은 연구기간 중 하천 정비 사업이 진행되고 있으며, 정비 사업 지점 하류에 오탉 방지막이 설치되어 있다. FW-`02 지점은 하천의 폭이 넓고 접근이 어려워 평시에만 조사를 실시하였다.



<그림 3-6> FW-'02 모니터링 지점

(3) FW-'03

FW-'03 지점은 돼지농가가 밀집되어있는 지역으로 축산농가와 농경지에서 배출되는 오염물질이 하천의 유량과 수질농도에 미치는 영향을 분석하기 위해 선정하였다. FW-'03 지점에는 보가 위치하고 있으며, 하류에서 진행되는 하천 정비 공사와 인근 농경지 관개용수 확보를 위하여 보에 나무판자를 임의로 설치하여 막아두는 것으로 조사되었다. 선정된 지점은 <그림 3-7>와 같다.



<그림 3-7> FW-'03 모니터링 지점

(4) FW-'04

FW-'04 지점은 돼지농가가 밀집되어 있는 지역의 상류 지점으로 이는 상류 도유지에서 발원된 하천수가 지류와 합류되어 북안천으로 유입되는 지점이다<그림 3-8>. FW-'04 유역에는 1개의 돈사와 56개의 우사가 위치하고 있으나, 돈사의 경우 분뇨를 공공처리시설로 위탁처리하기 때문에 돈사 보다 우사에서 발생하는 오염물질이 하천수에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 또한 북안천 유역의 경우 상류에 저류지가 많이 위치하고 있으며, 강우량이 많은 경우 저류지 방류로 인하여 하천 유량 변동이 큰 것으로 조사되었다.



<그림 3-8> FW-'03 모니터링 지점

(5) FW-'05

FW-'05 지점은 유역의 상류 지점으로 도유지로부터 발생하는 방류수와 농경지 유출수가 합류되어 흐르는 지점이다. 상류의 저류지 물은 평시 농경지 관개수로 이용되고 있었으며, 농경지 용수공급시 용수로를 통해 흐르는 물의 일부가 하천으로 유입되는 것으로 조사되었다. 비교적 크지 않은 강우시에는 저류지에서 방류가 없는 것으로 조사되었으며, 강우시 FW-'06 지점으로부터 유입되는 양이 많은 것으로 조사되었다. 선정된 지점은 <그림 3-9>과 같다.



<그림 3-9> FW-'03 모니터링 지점

(6) FW-'06

FW-'06 지점은 유역의 가장 상류에 위치한 지점으로 대부분 산림과 농경지로 구성되어 있다. FW-'06 지점의 상류 농경지는 대부분 상류에 위치한 저류지(도유지 및 무명 저류지)로부터 농업용수를 공급받아 관개하는 것으로 조사되었다. 관개된 농업용수는 강우시 배수로를 통해 하천으로 유입되고 있는 것으로 조사되었다. 선정된 지점은 <그림 3-10>과 같다.



<그림 3-10> FW-'03 모니터링 지점

마. 모니터링 지점별 유역 현황

(1) 지점별 토지이용 현황

지점별 유역 면적 및 토지이용 현황은 <표 3-3>와 같다. FW-'01를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 78.02 km² 으로 시가화 지역은 전체 면적의 4.35%를 차지하며, 농업지역은 30.02%, 산림지역 60.59%, 초지 1.84%, 습지 0.43%, 나지 0.61%, 그리고 수역은 2.17%를 차지하고 있다. 지점 FW-'02를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 33.0 km² 으로 시가화 지역은 전체 면적의 3.57%를 차지하며, 농업지역은 37.10%, 산림지역 54.49%, 초지 1.63%, 습지 0.31%, 나지 0.85%, 그리고 수역은 2.06%를 차지하고 있다. 지점 FW-'03 지점을 말단으로 하는 유역은 27.8 km²의 면적을 차지하고 있으며, 이 중 시가화 지역이 전체 면적의 3.44%, 농업지역이 38.68%, 산림지역 53.40%, 초지 1.60%, 습지 0.28%, 나지 0.39%, 그리고 수역이 2.22%의 비중을 차지하고 있다. 지점 FW-'04를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 20.0 km² 으로 시가화 지역은 전체 면적의 2.95%를 차지하며, 농업지역은 35.08%, 산림지역 58.01%, 초지 1.50%, 습지 0.03%, 나지 0.35%, 그리고 수역은 2.08%를 차지하고 있다. FW-'05를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 7.3 km² 으로 시가화 지역은 전체 면적의 1.69%를 차지하며, 농업지역은 24.59%, 산림지역 68.84%, 초지 2.29%를 차지하고 있으며, 수역은 2.61%를 차지하고 있다. FW-'06을 말단으로 하는 유역의 총 면적은 1.5 km² 이며, 산림이 81.33%로 대부분을 차지하고 있으며, 농업지역이 17.57%, 초지가 0.23%, 그리고 수역은 0.87%를 차지하고 있다.

<표 3-3> 하천 모니터링 지점별 유역 면적 및 토지이용 현황

구분(%)	FW-'01	FW-'02	FW-'03	FW-'04	FW-'05	FW-'06
시가화지역	4.35	3.57	3.44	2.95	1.68	0.00
농업지역	30.02	37.10	38.68	35.08	24.58	17.57
산림지역	60.59	54.49	53.40	58.01	68.84	81.33
초지	1.84	1.63	1.60	1.50	2.29	0.23
습지	0.43	0.31	0.28	0.03	0.00	0.00
나지	0.61	0.85	0.39	0.35	0.00	0.00
수역	2.17	2.06	2.22	2.08	2.61	0.87
면적(km ²)	78.0	33.0	27.8	20.0	7.3	1.5

(2) 행정구역 현황

대상유역의 행정구역 현황은 영천시 금노동, 대청면, 방어동, 북안면, 작산동과 함께 경주시 서면 일부 지역을 포함하고 있는 것으로 나타났다<표 3-4>.

<표 3-4> 대상유역 행정구역(법정동) 현황

지점명	행 정 구 역			
	시도	시군구	읍면동	리
FW-'01	경상 북도	영천시	북안면, 작산동, 금노동, 방어동	송포리, 대성리, 유하리, 반정리, 유상리, 임포리 서당리, 옥천리, 고지리, 지포리, 내포리, 관리, 신촌지, 원당리
FW-'02		영천시, 경주시	북안면, 서면	고지리, 이화리
FW-'03		영천시	북안면,	도천리, 신리리, 신대리, 효리
FW-'04			북안면	신대리, 명주리, 용계리, 당리, 상리
FW-'05			북안면, 대청면	북리, 도유리 직천리
FW-'06			북안면	도유리

바. 산간지역 오염원 현황

(1) 생활계 오염원 현황

생활계 오염원 조사는 유역 내에 거주하고 있는 인구 현황을 통해 이루어지며, 인구는 시가 인구나 비시가 인구로 구분할 수 있다. <표 3-5>는 대상유역의 인구 현황을 나타내었다. 대상유역의 전체 인구는 총 5,140명이며, 이 중 시가 인구가 2명, 비시가 인구가 5,138명으로 나타났다. 소유역 별 인구를 분석한 결과, FW-1은 3,113명, FW-2는 298명, FW-3은 604명, FW-4는 836명, FW-5는 283명, 그리고 FW-6은 6명으로 분석되었다. FW-1의 인구는 총 3,113명으로 대상유역에서 가장 많은 인구가 분포되어 있으며, FW-6이 가장 적은 인구가 거주하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3-5> 대상유역 인구 현황

지점명	인구(인)			비고
	시가	비시가	합계	
FW-1	2	3,111	3,113	
FW-2		298	298	
FW-3		604	604	
FW-4		836	836	
FW-5	-	283	283	
FW-6	-	6	6	
합계	2	5,138	5,140	

자료 : 2013년 전국오염원조사 자료(환경부,2013)

<표 3-6>는 산간지역 대상유역의 물사용량 현황이다. 대상유역 내 시가지역 물 사용량은 가정용 0.37 m³/d, 영업용 0.43 m³/d이며, 비시가지역 물 사용량은 가정용 1,058.85 m³/d, 영업용 794.52 m³/d로 나타났다. 대상유역 중 FW-1의 물 사용량이 가장 많은 것으로 나타났으며, FW-6의 물 사용량이 가장 적은 것으로 나타났다.

<표 3-6> 대상유역 물사용량 현황

지점명	물 사용량(m ³ /d)				비고
	시가		비시가		
	가정용	영업용	가정용	영업용	
FW-1	0.37	0.43	640.30	520.05	
FW-2	-	-	61.51	178.18	
FW-3	-	-	124.82	48.57	
FW-4	-	-	172.52	26.72	
FW-5	-	-	58.48	20.85	
FW-6	-	-	1.22	0.15	
합계	0.37	0.43	1,058.85	794.52	

자료 : 2013년 전국오염원조사 자료(환경부,2013)

(2) 축산계 오염원 현황

축산계 오염원 현황은 소유역별로 구분하여 농가와 사육두수를 나타내었다<표 3-7><표 3-8>. 축종은 돼지, 유우(젖소), 한우(소), 사슴, 가금기타로 구분하여 나타내었다. FW-`1 지점은 총 115 가구의 농가가 위치하여 소유역 중 가장 많은 축산 농가가 위치하고 있으며, 이중 돼지 농가가 5가구, 유우(젖소)농가 5가구, 한우농가 94가구, 사슴농가 1가구 그리고 가금(기타) 농가 10가구 이다. 또한 사육 두수는 돼지 8,040두, 젖소 394두, 한우 1,587두, 사슴 10두 그리고 가금(기타) 수가 292,158두로 다른 지점들과 비교하여 사육 두수가 가장 많은 것으로 나타났다. FW-`2 지점은 돼지 1,350두가 있는 돼지 농가가 1가구 위치하고 있는 것으로 나타났다. FW-`3 지점은 돼지 14,692두, 한우 1,287두, 가금(기타) 100두가 있으며, 축산 농가는 총 42가구가 위치하고 있는 것으로 나타났다. 다른 지점들과 비교하여 돼지 사육 두수가 가장 많은 것으로 나타났다. FW-`4 지점의 가축 현황은 돼지가 900마리, 한우 1,222 마리이며, 총 57개의 농가가 위치하고 있고, 이 중 돼지 농가는 1가구이며, 56개의 농가는 모두 한우 농가이다. FW-`5 지점은 한우 407마리 가금(기타) 150마리가 있는 것으로 나타났으며, FW-`6 지점은 축산 농가가 존재하지 않는다.

<표 3-7> 산간지역 소유역 별 가축 두수

가축	FW-`1	FW-`2	FW-`3	FW-`4	FW-`5	FW-`6	합계
돼지	8,040	1,350	14,692	900			24,982
유우(젖소)	394						394
한우(소)	1,587	29	1,287	1,222	407		4,532
사슴	10						10
가금기타	292,158		100		150		292,408
합계	302,189	1,379	16,079	2,122	557	0	322,326

<표 3-8> 산간지역 소유역 별 축산 농가수

구분	FW-`1	FW-`2	FW-`3	FW-`4	FW-`5	FW-`6	합계
돼지	5	1	4	1			11
유우(젖소)	5						5
한우(소)	94	4	37	56	17		208
사슴	1						1
가금기타	10		1		1		12
총합계	115	5	42	57	18	0	237

(3) 산업계 오염원 현황

<표 3-9>은 산업계 현황을 나타내고 있다. 대상유역 내에는 총 14개의 산업체가 있으며, 800.33 m³/day만큼의 폐수를 발생시키고 있다. 이중 FW-`1 지점 산업체 개수는 12개이며, 폐수 발생량은 730.59 m³/day로 가장 많은 양의 폐수가 발생하고 있다. FW-`2 지점과 FW-`4 지점에 각각 1개의 산업체가 위치하고 있으며, 폐수 발생량은 각각 1.70 m³/day, 68.04 m³/day이다.

<표 3-9> 산간지역 소유역 별 산업체 현황

구분	산업체 (개수)	폐수발생량 (m ³ /d)	비고
FW-`1	12	730.59	
FW-`2	1	1.70	
FW-`3	-	0.00	
FW-`4	1	68.04	
FW-`5	-	0.00	
FW-`6	-	0.00	
합계	14	800.33	

(4) 토지계 오염원 현황

<표 3-10>은 토지지목 현황을 나타내고 있다. 토지계 오염원 현황은 전, 답, 임야, 대지, 기타 5개 지목으로 구분하여 조사하였다. 대상유역 지목별 총 면적은 78.0 km²이며, 임야가 52.9 km²(67.8%)로 가장 많은 면적을 차지하고 있고, 답 9.7 km²(12.4%), 기타 5.5 km²(7.1%), 전 5.4 km²(6.9%), 대지 5.4 km²(5.8%) 순으로 분포되어 있는 것으로 조사되었다.

<표 3-10> 산간지역 소유역별 토지지목 현황

지목	전	답	임야	대지	기타	합계
FW-`1	3.0	5.0	31.3	2.7	3.0	45.0
FW-`2	0.3	0.3	3.7	0.5	0.4	5.2
FW-`3	0.7	1.6	4.2	0.6	0.8	7.8
FW-`4	1.0	2.1	8.1	0.6	0.9	12.7
FW-`5	0.4	0.6	4.2	0.2	0.4	5.8
FW-`6	0.0	0.1	1.4	0.0	0.1	1.5
합계	5.4	9.7	52.9	4.5	5.5	78.0

2. 오염부하량 산정 결과 (1·2차 연도 결과와 비교)

대상유역에 대한 결과자료의 합리적인 해석과 유역 내 수계 수질에 미치는 오염원들의 영향을 파악하기 위하여 각 소유역별로 오염부하량을 산정하였다. 산정된 소유역별 오염부하량 산정을 통하여 정성적인 오염발생원별 기여도 분석이 가능할 것으로 사료된다. 3차 연도 연구에서 대상지역이 변경됨에 따라 3차년도 연구 대상지를 'FW 신규 유역'으로 표기하고 1·2차 연구 대상지를 'FW 기존 유역'으로 표기하여 오염부하량 산정 결과를 비교 분석하였다. 산간지역 신규 유역은 모니터링 지점을 기준으로 하여 6개 소유역으로 세분하여 분석하였다.

가. 산간지역 발생부하량 산정 결과

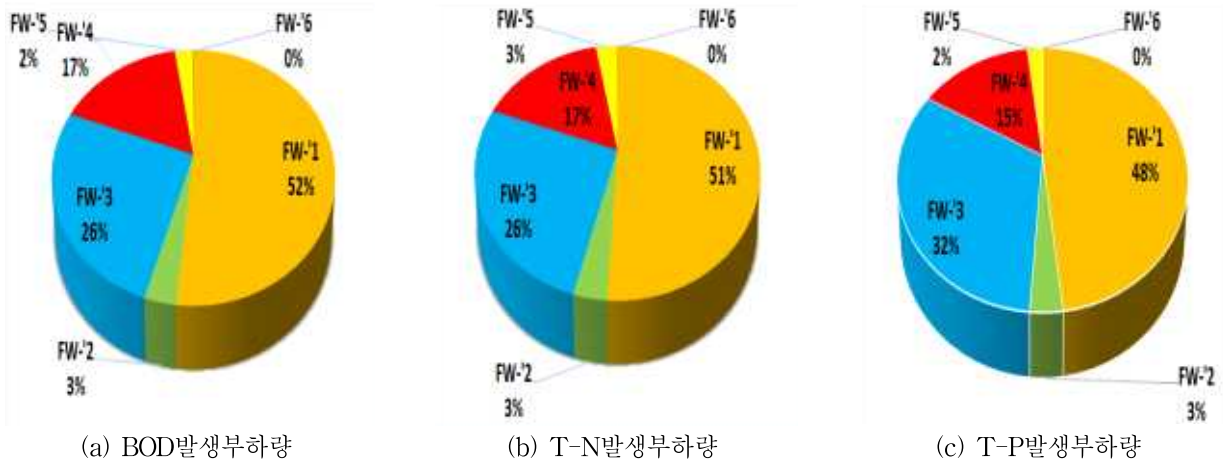
<표 3-11>은 FW 신규 유역의 발생부하량 산정결과를 나타내었다. FW 신규 유역의 BOD 발생부하량은 총 9,133.29 kg/day로 산정되었으며, FW-1유역의 BOD 발생부하량이 전체의 51.6%에 해당하는 4,716.95 kg/day로 가장 높게 나타났다. 신규 유역의 T-N 발생부하량은 총 2,303.70 kg/day와 T-P 발생부하량은 총 740.94 kg/day로 산정되었으며, FW-1유역의 T-N 발생부하량은 전체의 51.0%에 해당하는 1,174.27 kg/day이고, T-P 발생부하량은 전체의 48.1%에 해당하는 356.40 kg/day로 가장 높게 나타났다.

FW 기존 유역의 경우 8개의 소유역 중 발생부하량의 경우 BOD, T-N, T-P 항목 모두 유역 면적이 가장 작지만 대규모 축산 농가가 집중되어 있는 유역에서 발생부하량이 가장 높게 나타났다. 반면 신규유역의 경우 유역 면적이 커지고, 축산 농가가 소유역 별로 다양하게 분포되어 있어, 유역 면적이 가장 크고 가축 사육 두수가 많은 FW-1 유역에서 가장 높은 발생부하량을 나타내었다.

<표 3-11> FW 신규 유역의 발생부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

소유역명	BOD발생부하량	T-N발생부하량	T-P발생부하량
FW-1	4,716.95	1,174.27	356.40
FW-2	280.52	74.52	22.88
FW-3	2,368.30	605.24	236.31
FW-4	1,534.99	382.48	110.22
FW-5	226.80	65.77	14.76
FW-6	5.73	1.42	0.38
총합계	9,133.29	2,303.70	740.94



<그림 3-11> 산간지역(FW) 신규구역 소유역별 발생부하량 점유율

<표 3-12>부터 <표 3-14>은 FW 신규 구역의 각 소유역에 대한 BOD, T-N, T-P 발생부하량을 오염원 별로 나타내었다. FW 신규구역의 오염원 별 발생 부하량 비교결과 양식계와 매립계의 오염원은 없는 것으로 조사되었으며, BOD, T-N, T-P 모두 축산계 부하량이 가장 높은 것으로 분석되었다.

FW 기존 구역의 오염원별 발생부하량을 분석결과 구역내 산업계, 양식계, 매립계의 발생부하량은 없는 것으로 나타났으며, 생활계, 축산계, 토지계 중 축산계의 발생부하량이 BOD, T-N, T-P 모두 가장 높은 것으로 분석되어 기존구역과 신규구역 모두 축산계 발생 부하량 점유율이 가장 높은 것으로 분석되었다<그림 3-12>.

<표 3-12> FW 신규 구역의 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)

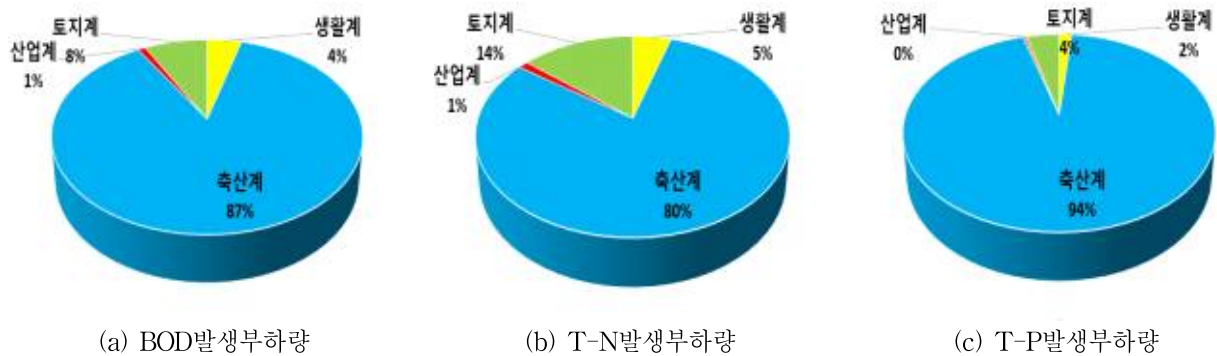
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	4,716.95	242.99	3,848.92	87.10	537.94	-	-
FW-'2	280.52	45.87	211.46	0.17	23.03	-	-
FW-'3	2,368.30	37.94	2,280.45	0.03	49.89	-	-
FW-'4	1,534.99	45.32	1,408.42	2.04	79.21	-	-
FW-'5	226.80	17.44	187.45	0.00	21.91	-	-
FW-'6	5.73	0.31	5.08	0.00	0.34	-	-
총합계	9,133.29	389.87	7,941.77	89.34	712.32	-	-

<표 3-13> FW 신규 유역의 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	1,174.27	67.97	876.55	22.40	207.35	-	-
FW-'2	74.52	13.29	52.52	0.04	8.67	-	-
FW-'3	605.24	10.43	563.76	0.08	30.98	-	-
FW-'4	382.48	12.28	310.77	5.37	54.07	-	-
FW-'5	65.77	4.79	41.46	0.00	19.53	-	-
FW-'6	1.42	0.09	1.12	0.00	0.21	-	-
총합계	2,303.70	108.83	1,846.19	27.87	320.80	-	-

<표 3-14> FW 신규 유역의 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	356.40	7.26	325.67	3.43	20.03	-	-
FW-'2	22.88	1.37	20.66	0.00	0.84	-	-
FW-'3	236.31	1.13	232.59	0.01	2.58	-	-
FW-'4	110.22	1.35	104.02	0.43	4.41	-	-
FW-'5	14.76	0.52	12.82	0.00	1.42	-	-
FW-'6	0.38	0.01	0.35	0.00	0.02	-	-
총합계	740.94	11.65	696.11	3.87	29.30	-	-



<그림 3-12> FW 신규유역 오염원별 발생부하량 점유율

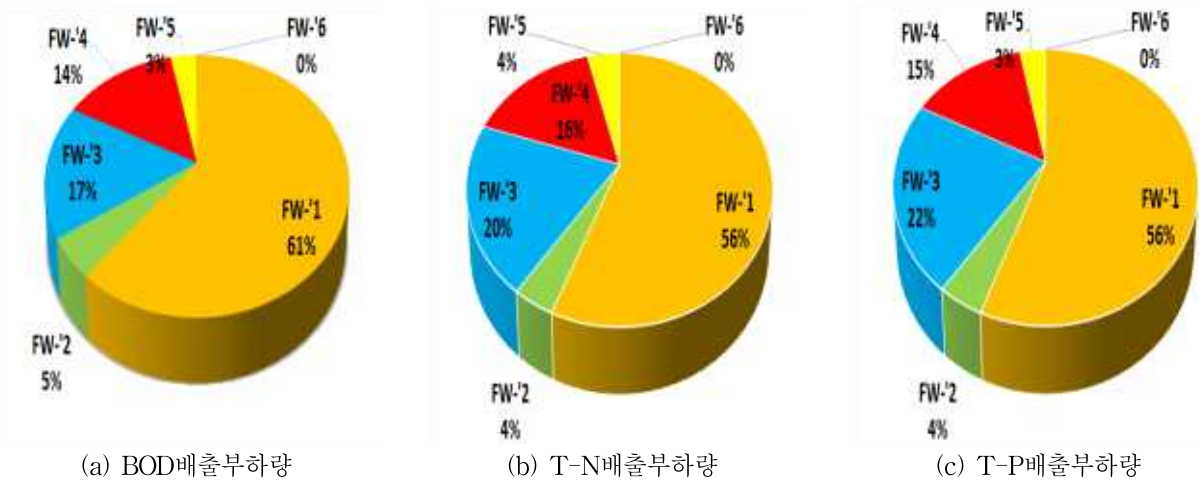
나. 배출부하량 산정 결과

<표 3-15>은 FW 신규 유역의 배출부하량 산정결과를 나타내었다. FW 신규유역의 BOD 배출부하량은 총 1,647.07 kg/day로 산정되었으며, FW-'1유역의 BOD 배출부하량이 전체의 61.0%에 해당하는 1,005.18 kg/day로 가장 높게 나타났다. T-N 배출부하량은 총 824.90 kg/day로 산정되었으며, T-P 배출부하량은 총 89.19 kg/day로 산정되었다. T-N과 T-P 배출부하량은 각각 462.69 kg/day, 49.80 kg/day로 FW-'1에서 가장 높게 나타났다.

FW 기존 구역의 경우 BOD 배출부하량은 면적이 가장 큰 소유역에서 가장 높은 값을 나타내었으며, T-N, T-P 항목은 축산 농가가 집중되어 있는 구역에서 배출부하량이 가장 높게 나타나 신규 구역과 다른 경향을 나타내었다.

<표 3-15> FW 신규 구역의 배출부하량 산정결과 (단위 : kg/day)

소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
FW-'1	1,005.18	462.69	49.80
FW-'2	80.52	31.09	3.69
FW-'3	272.38	165.22	19.88
FW-'4	234.27	132.29	12.90
FW-'5	53.70	33.08	2.87
FW-'6	1.03	0.54	0.05
총합계	1,647.07	824.90	89.19



<그림 3-13> FW 기존구역 소유역별 배출부하량 점유율

<표3-16>부터 <표 3-18>은 FW 신규 구역의 각 소유역에 대한 BOD, T-N, T-P 배출부하량을 오염원 별로 나타내었다. FW 신규구역의 오염원별 배출부하량 비교 결과 BOD, T-N, T-P 모두 축산계 배출부하량의 비율이 높게 나타났으며, 이 중 BOD는 토지계 배출부하량이 차지하는 비율이 축산계 배출부하량보다 약간 높게 나타났다. T-N과 T-P는 축산계 배출부하량 비율이 가장 높은 것으로 분석되었다.

FW 기존 구역의 오염원별 배출부하량을 분석결과 생활계, 축산계, 토지계 중 BOD와 T-N은 토지계 배출부하량이 차지하는 비율이 높으며, T-P의 경우 축산계의 배출부하량이 가장 높은 것으로 분석되었다. 3차 연도 연구 대상지 변경에 따라 대상구역 내 축산 농가 수와 가축 두수가 증가함에 하여 기존 구역과 신규 구역간의 오염원별 배출부하량 점유율이 다르게 나타난 것으로 판단된다.

<표 3-16> FW 유역 오염원별 BOD 배출부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	1,005.18	145.55	335.04	3.12	521.46	-	-
FW-'2	80.52	38.66	19.03	0.02	22.82	-	-
FW-'3	272.38	30.56	192.36	0.03	49.43	-	-
FW-'4	234.27	35.62	118.12	2.04	78.48	-	-
FW-'5	53.70	15.04	16.95	0.00	21.70	-	-
FW-'6	1.03	0.23	0.46	0.00	0.33	-	-
총합계	1,647.07	265.67	681.97	5.21	694.23	-	-

<표 3-17> FW 유역 오염원별 T-N 배출부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	462.69	55.93	202.48	0.70	203.59	-	-
FW-'2	31.09	9.88	12.61	0.01	8.59	-	-
FW-'3	165.22	7.95	126.58	0.00	30.69	-	-
FW-'4	132.29	9.93	68.73	0.07	53.57	-	-
FW-'5	33.08	3.73	10.00	0.00	19.35	-	-
FW-'6	0.54	0.06	0.27	0.00	0.21	-	-
총합계	824.90	87.48	420.66	0.78	315.99	-	-

<표 3-18> FW 유역 오염원별 T-P 배출부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
FW-'1	49.80	6.75	23.28	0.21	19.57	-	-
FW-'2	3.69	1.31	1.55	0.00	0.83	-	-
FW-'3	19.88	1.08	16.24	0.00	2.56	-	-
FW-'4	12.90	1.29	6.99	0.25	4.37	-	-
FW-'5	2.87	0.50	0.97	0.00	1.40	-	-
FW-'6	0.05	0.01	0.03	0.00	0.02	-	-
총합계	89.19	10.92	49.06	0.47	28.75	-	-



<그림 3-14> FW 신규유역 오염원별 배출부하량 점유율

3. 3차년도 모니터링 결과

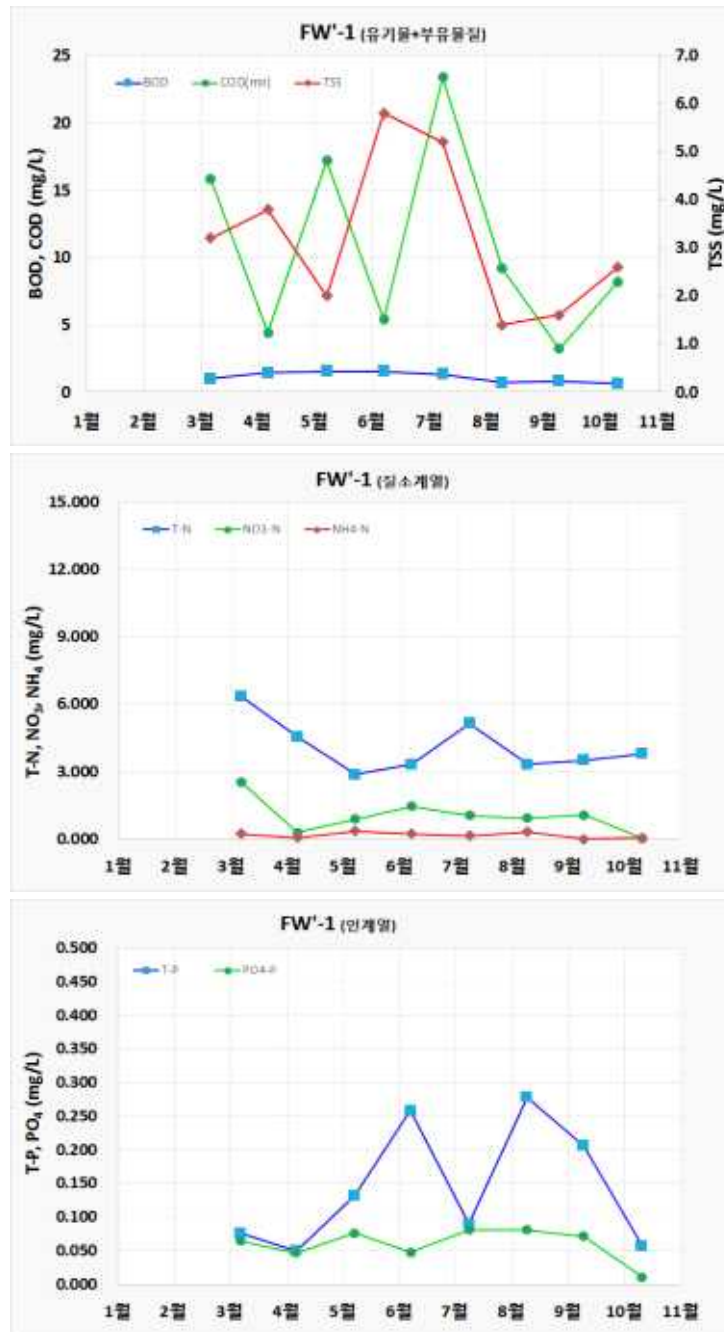
가. 정기 모니터링

산간지역(FW) 신규 지점의 월별 유기물질, 영양물질 (질소계열, 인계열)에 대한 분석을 실시하였다. <그림 3-15> ~ <그림 3-20>는 지점별 대표 유기물질 (BOD, CODCr 등), 영양물질(T-N, NO₃, NH₄, NO₂, T-P, PO₄ 등)에 대해 월별 변화 값을 보여주고 있다. 3차년도 연구에서는 연구 대상지가 변경되어 1월 2월 모니터링은 1·2차 연도 연구 대상지인 가평 지점에서 모니터링을 실시하였으며, 3월부터 영천 지점에서 모니터링을 실시하였다. 3차 연도 1월 2월 모니터링 결과는 부록에 수록하였다.

유기물질 분석 결과 BOD는 0.07 mg/L - 5.24 mg/L의 범위를, CODCr은 0.08 mg/L - 77.8 mg/L의 범위를 가진다.

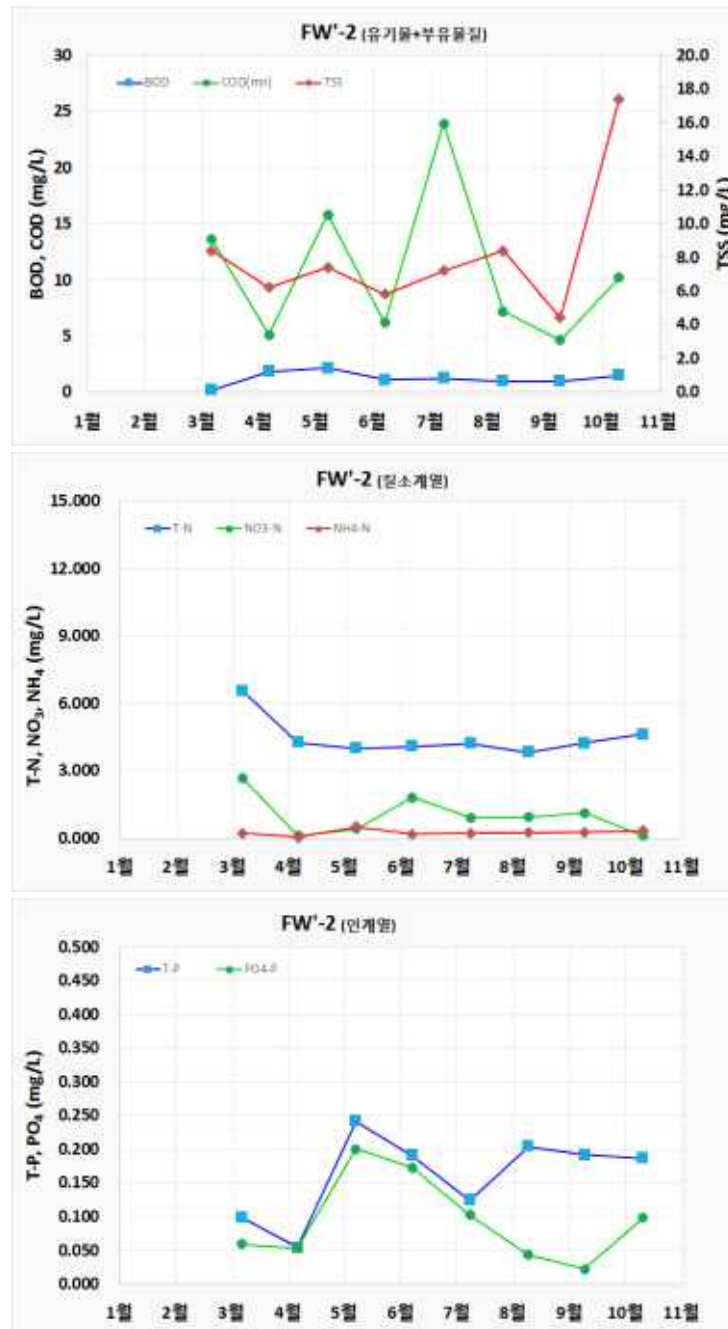
영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계열 중 T-N은 0.400 mg/L - 26.222 mg/L의 범위를, NH₄-N은 0.010 mg/L - 3.986 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.011 mg/L) - 2.273 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.001 mg/L - 6.459 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.002 mg/L - 0.044 mg/L 범위를 가진다.

<그림 3-15>은 FW-1지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.62 mg/L - 1.55 mg/L의 범위를, CODcr은 3.20 mg/L - 23.4 mg/L의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 2.870 mg/L - 6.360 mg/L의 범위를, NO₃은 0.038 mg/L - 2.542 mg/L의 범위를, NH₃는 0.003 mg/L - 0.343 mg/L의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.049 mg/L - 0.278 mg/L의 범위를, PO₄의 경우 0.011 mg/L - 0.081 mg/L의 범위를 가진다.



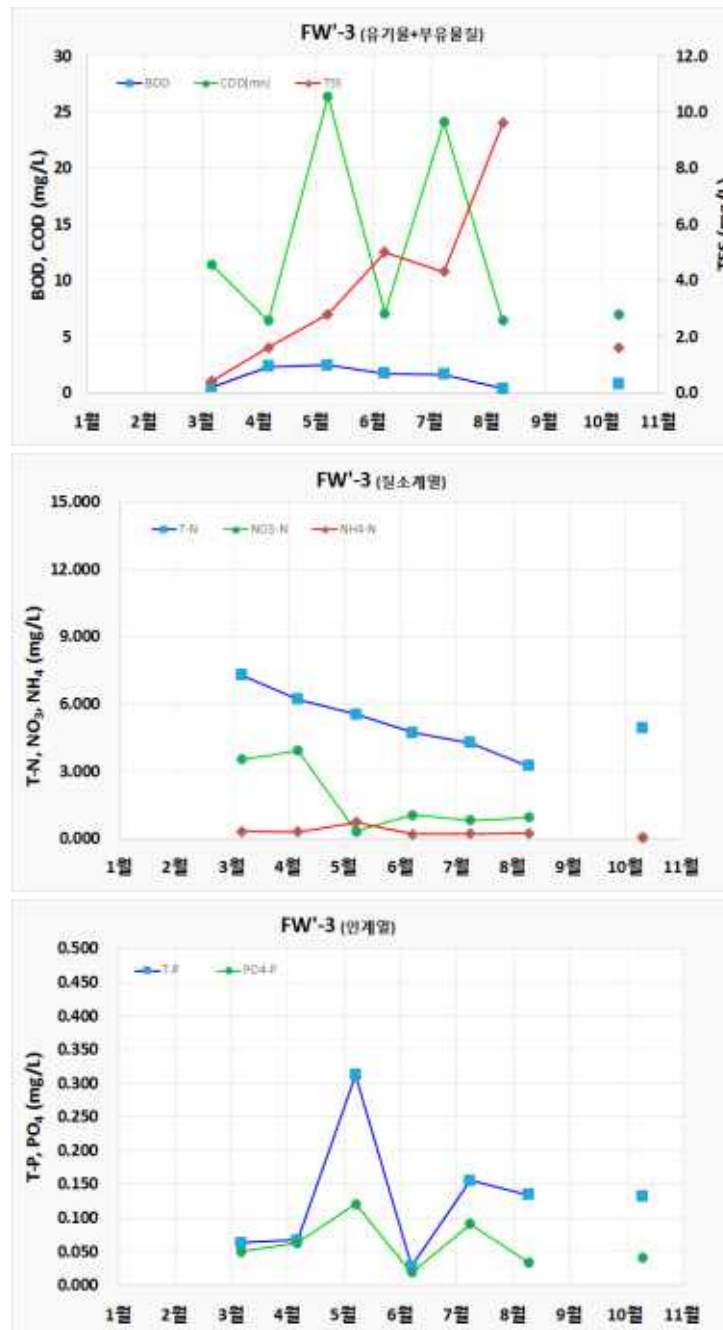
<그림 3-15> 정기 모니터링 결과 (FW-'1)

<그림 3-16>은 FW-'2지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.15 mg/L - 2.12 mg/L 의 범위를, COD_{cr}은 4.6 mg/L - 23.9 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 3.815 mg/L - 6.566 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.014 mg/L - 2.260 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.105 mg/L - 2.681 mg/L 의 범위를, NH₃는 0.051 mg/L - 0.514 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.054 mg/L - 0.241 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.022 mg/L - 0.200 mg/L 의 범위를 가진다.



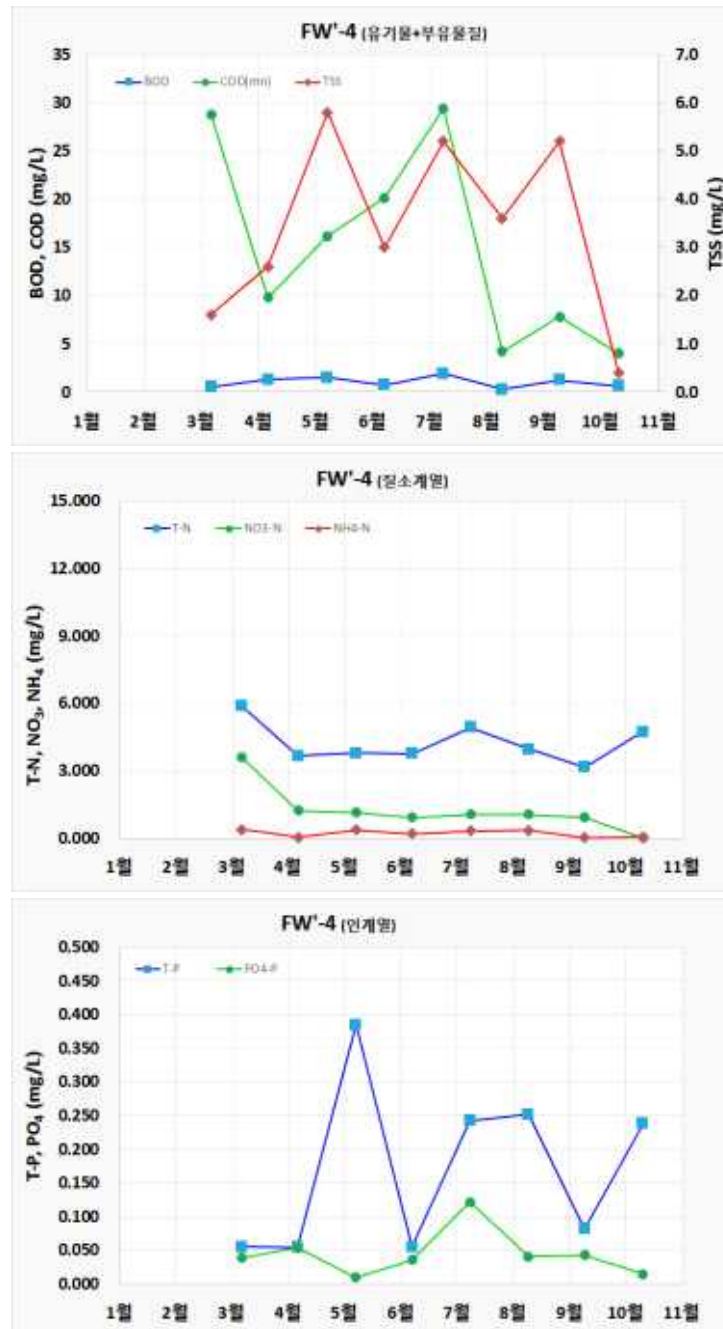
<그림 3-16> 정기 모니터링 결과 (FW-'2)

<그림 3-17>은 FW-'3지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 9월 FW-'3 지점의 하천정비 공사로 인하여 모니터링을 실시하지 못하였으며, 10월부터는 공사가 이루어지기 전 지점을 대상으로 모니터링을 실시하였다. 유기물질의 경우 BOD는 0.35 mg/L - 2.47 mg/L 의 범위를, COD_{cr}은 6.40 mg/L - 26.40 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 3.216 mg/L - 7.272 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.013 mg/L - 3.276 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.027 mg/L - 3.922 mg/L 의 범위를, NH₃는 0.056 mg/L - 0.717 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.028 mg/L - 0.312 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.019 mg/L - 0.121 mg/L 의 범위를 가진다.



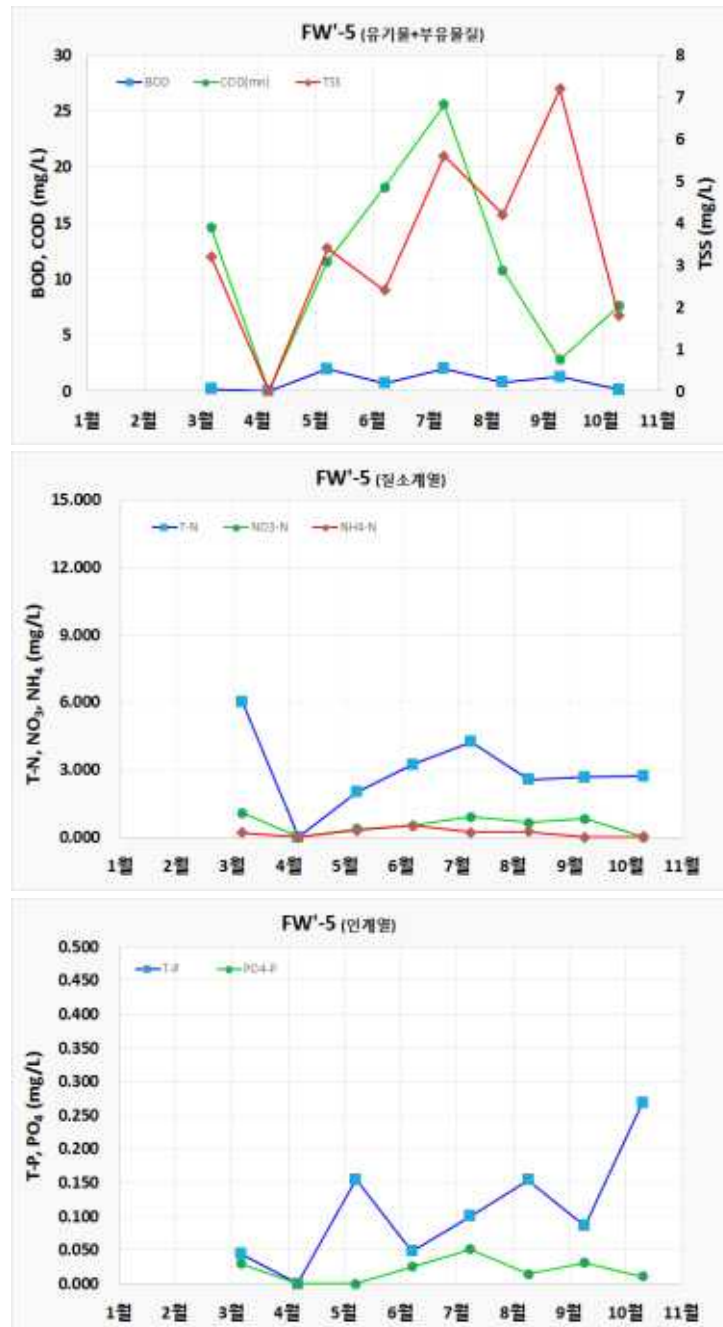
<그림 3-17> 정기 모니터링 결과 (FW-'3)

<그림 3-18>은 FW-'4지점의 수질 정기모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.30 mg/L - 1.91 mg/L 의 범위를, COD_{cr}은 4.00 mg/L - 29.40 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 3.152 mg/L - 5.861 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.015 mg/L - 3.319 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.012 mg/L - 3.586 mg/L 의 범위를, NH₃는 0.015 mg/L - 0.380 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.055 mg/L - 0.384 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.10 mg/L - 0.122 mg/L 의 범위를 가진다.



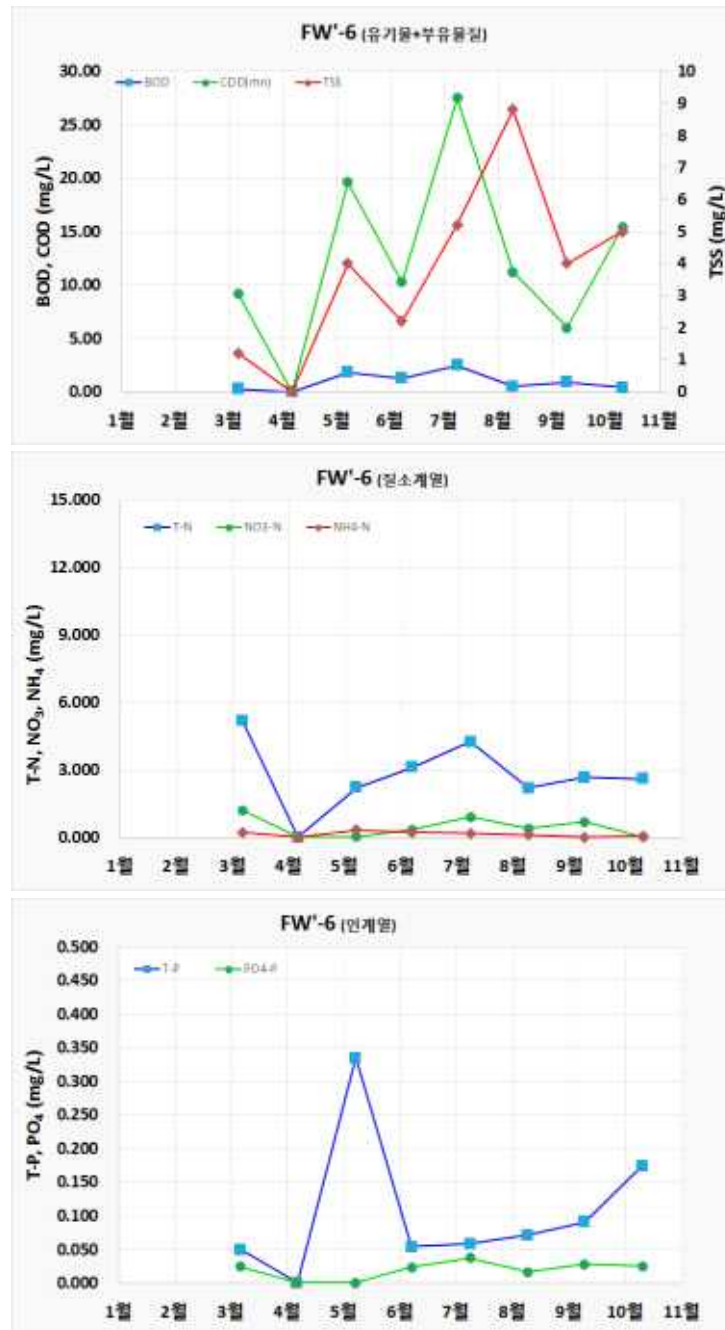
<그림 3-18> 정기 모니터링 결과 (FW-'4)

<그림 3-19>은 FW-'5지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.13 mg/L - 2.04 mg/L 의 범위를, COD_{cr}은 2.80 mg/L - 25.60 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 1.994 mg/L - 6.008 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.006 mg/L - 0.733 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.010 mg/L - 1.070 mg/L 의 범위를, NH₃는 0.001 mg/L - 0.526 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.044 mg/L - 0.269 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.011 mg/L - 0.051 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-19> 정기 모니터링 결과 (FW-'5)

<그림 3-20>는 FW-'6지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.27 mg/L - 2.46 mg/L 의 범위를, COD_{Cr}은 6.00 mg/L - 27.5 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 2.176 mg/L - 5.184 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.006 mg/L - 2.260 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.011 mg/L - 1.204 mg/L 의 범위를, NH₃는 0.005 mg/L - 0.310 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 2.176 mg/L - 5.184 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.016 mg/L - 0.037 mg/L 의 범위를 가진다.

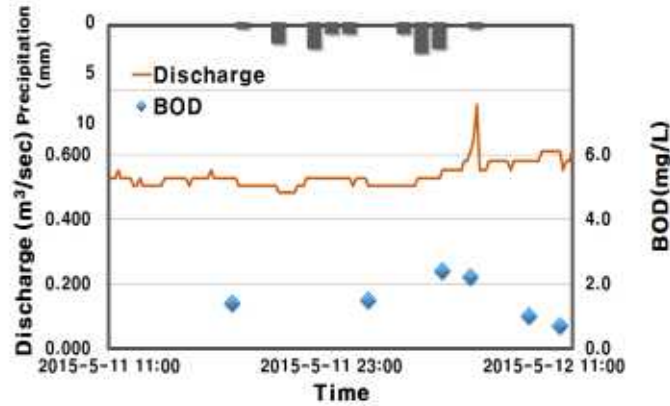


<그림 3-20> 정기 모니터링 결과 (FW-'6)

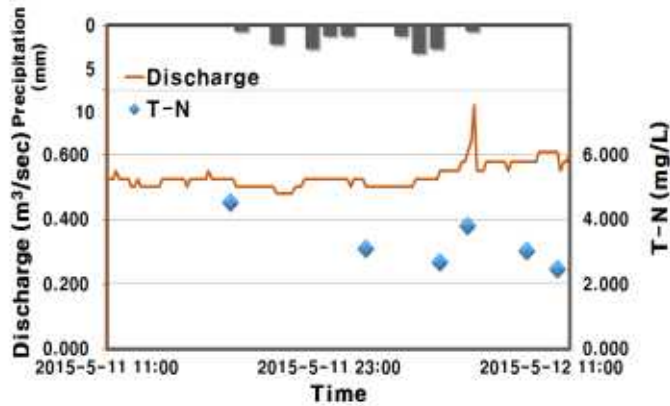
나. 정밀 모니터링

(1) 1차 모니터링

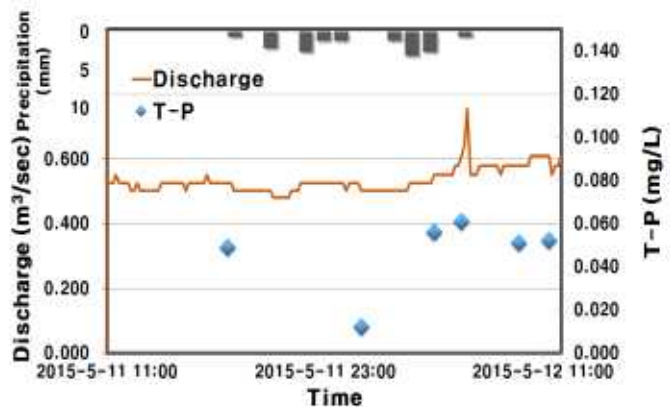
<그림 3-21>은 FW-'01 지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.7 - 2.4 mg/L의 범위를, T-N은 2.480 - 4.558 mg/L의 범위를, T-P는 0.012 - 0.061 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



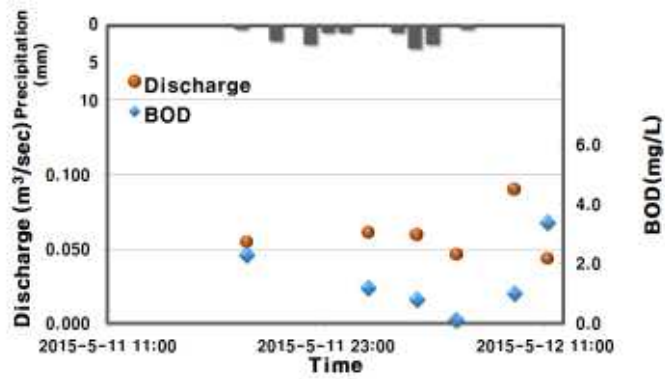
(b) T-N



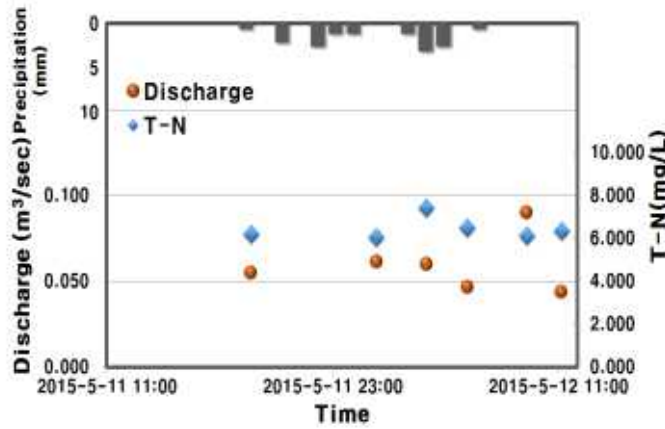
(c) T-P

<그림 3-21> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 1차 모니터링)

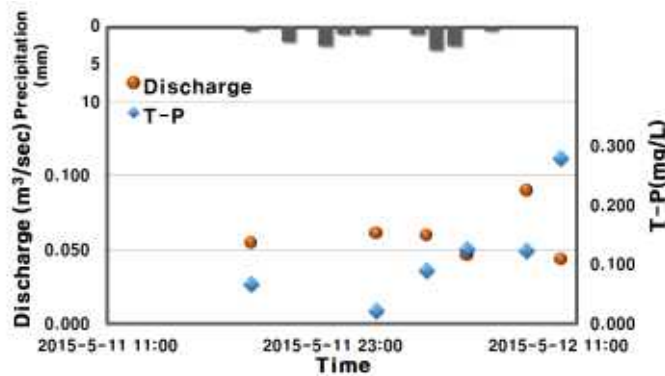
<그림 3-22>은 FW-'03 지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.1 - 3.4 mg/L의 범위를, T-N은 6.042 - 7.422 mg/L의 범위를, T-P는 0.021 - 0.279 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



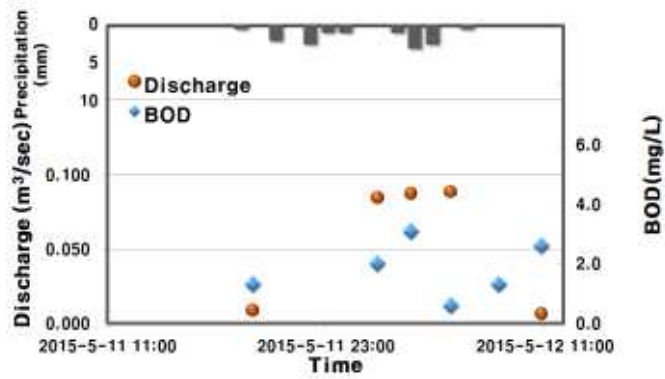
(b) T-N



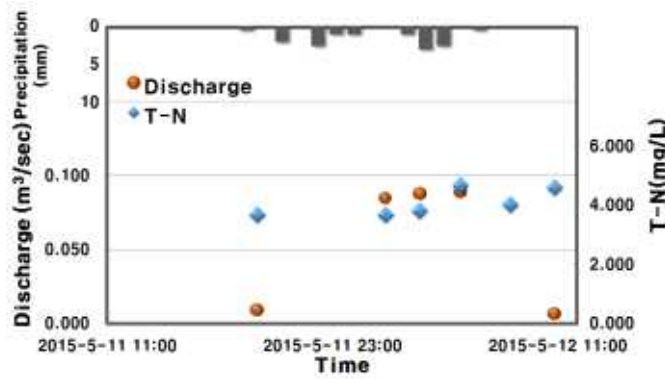
(c) T-P

<그림 3-22> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 1차 모니터링)

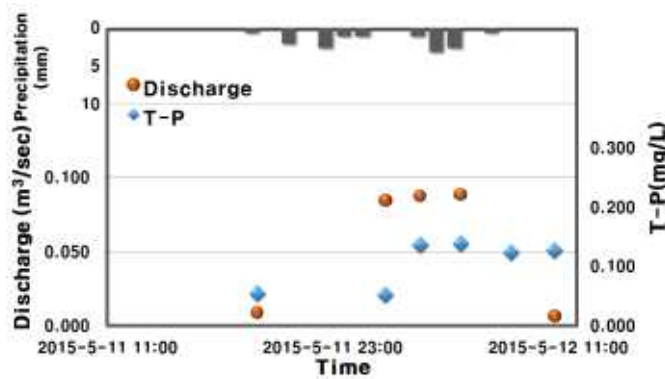
<그림 3-23>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.6 - 3.1 mg/L의 범위를, T-N은 3.648 - 4.640 mg/L의 범위를, T-P는 0.051 - 0.138 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



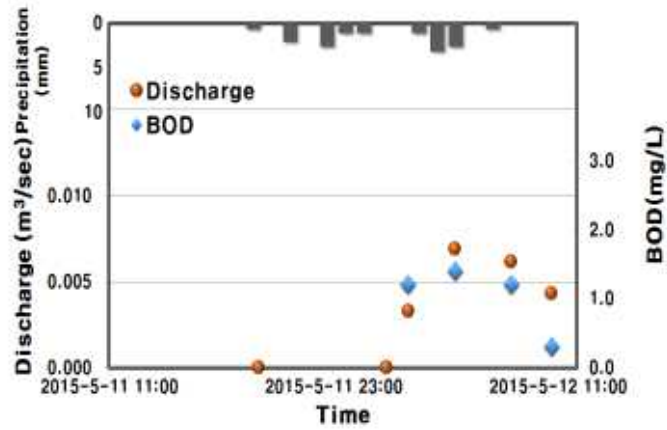
(b) T-N



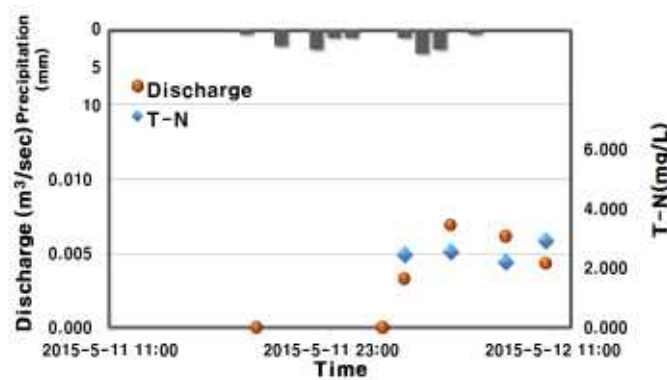
(c) T-P

<그림 3-23> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 1차 모니터링)

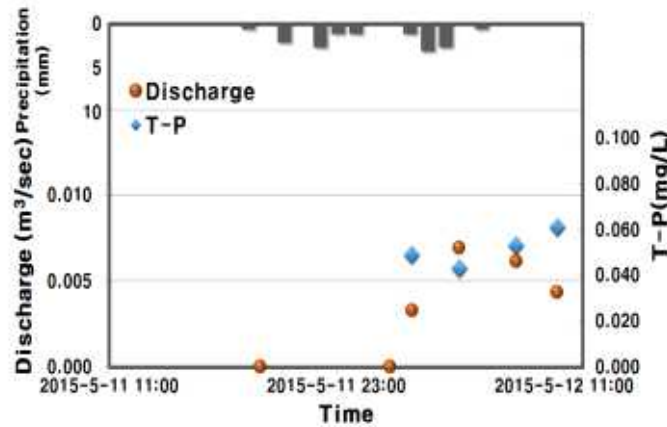
<그림 3-24>은 FW-'05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.3 - 1.4 mg/L의 범위를, T-N은 2.213 - 2.917 mg/L의 범위를, T-P는 0.043 - 0.061 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



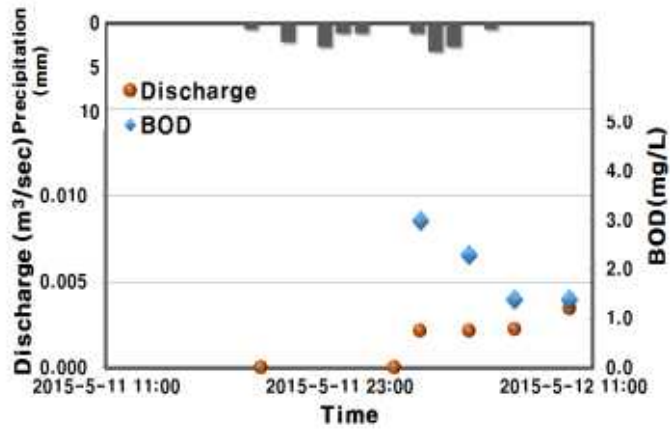
(b) T-N



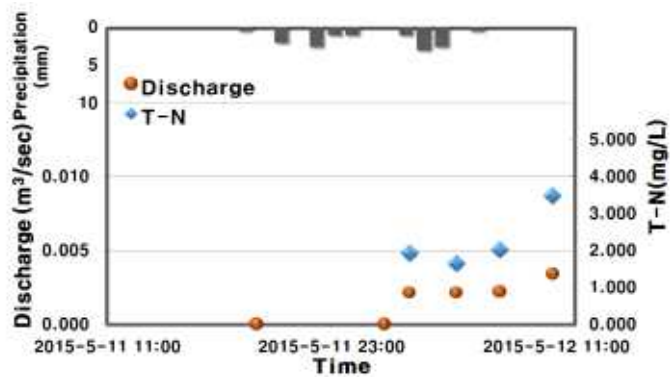
(c) T-P

<그림 3-24> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 1차 모니터링)

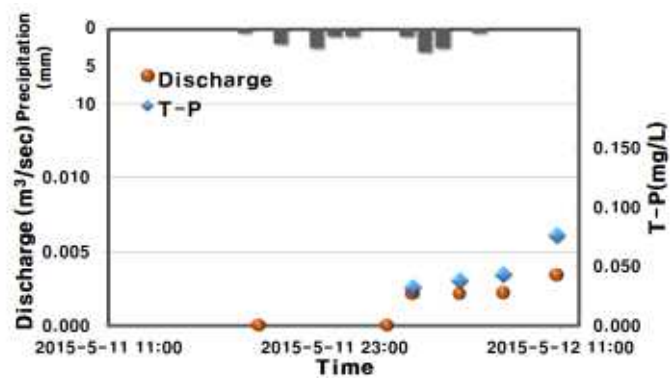
<그림 3-25>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.4 - 3.1 mg/L의 범위를, T-N은 1.642 - 3.486 mg/L의 범위를, T-P는 0.032 - 0.076 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

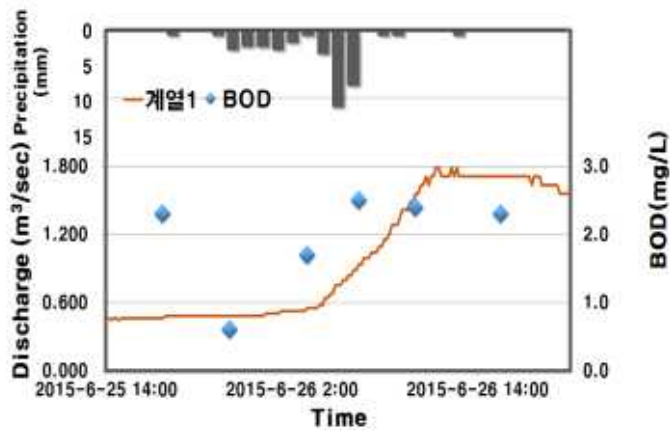


(c) T-P

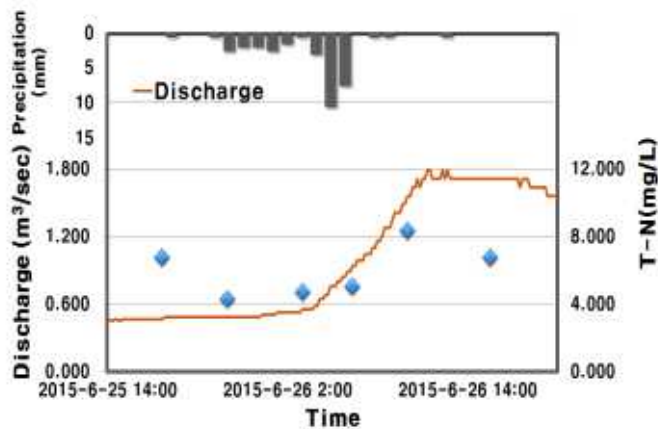
<그림 3-25> 정밀 모니터링 결과 (FW-'06, 1차 모니터링)

(2) 2차 모니터링

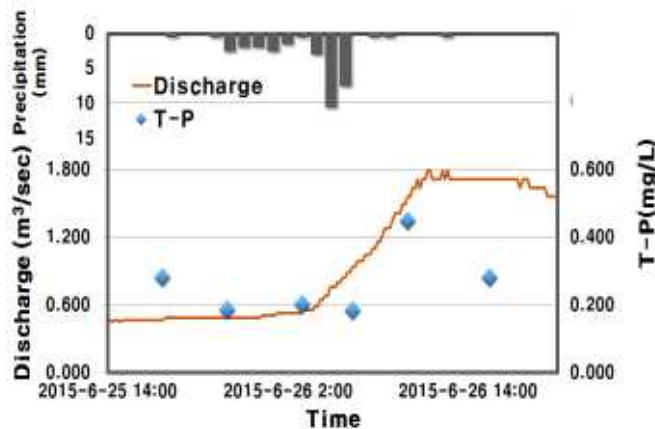
<그림 3-26>은 FW-'01지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.6 - 2.5 mg/L의 범위를, T-N은 4.302 - 8.357 mg/L의 범위를, T-P는 0.181 - 0.447 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



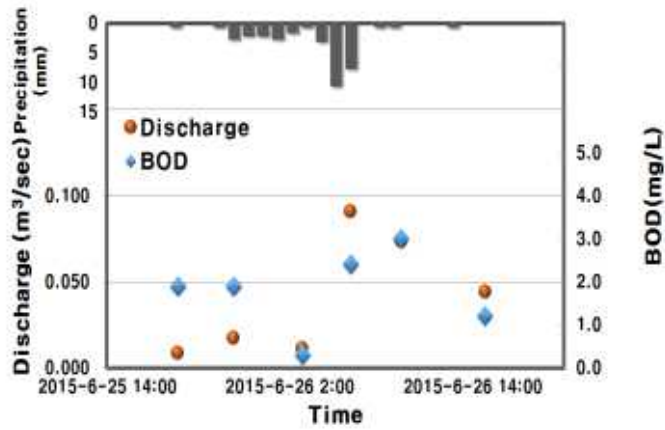
(b) T-N



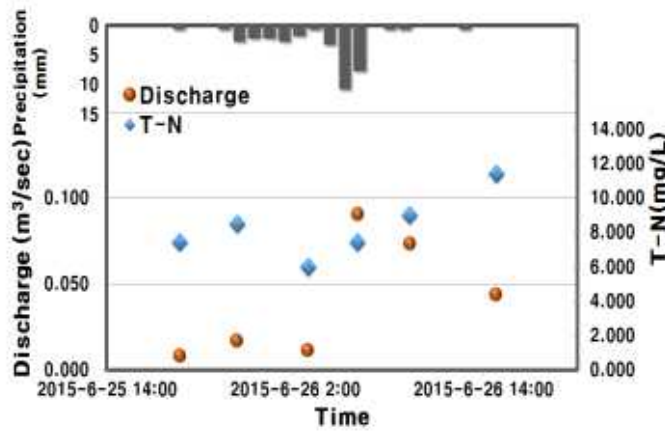
(c) T-P

<그림 3-26> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 2차 모니터링)

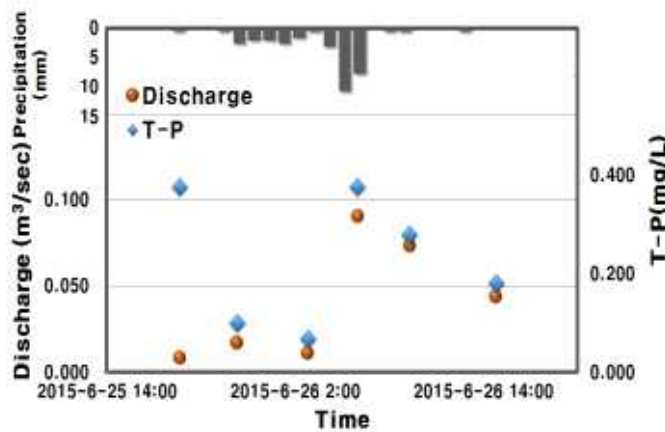
<그림 3-27>은 FW-'03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.3 - 3.0 mg/L의 범위를, T-N은 6.007 - 11.390 mg/L의 범위를, T-P는 0.068 - 0.377 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



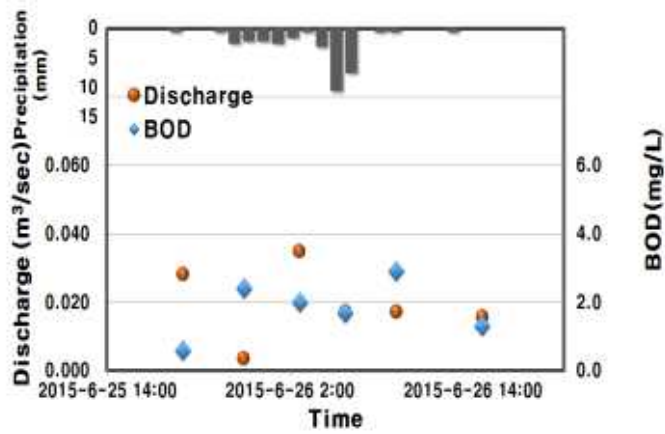
(b) T-N



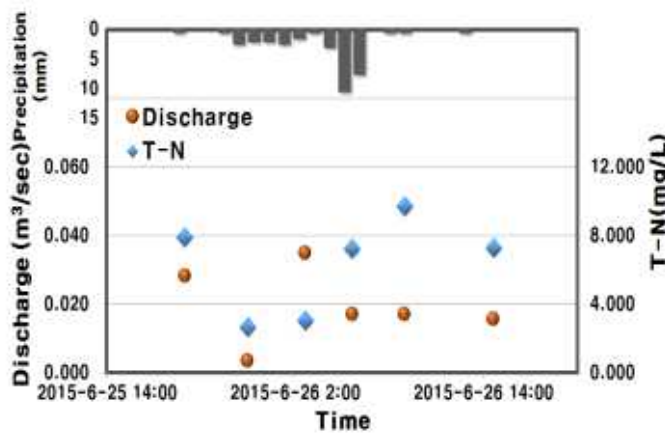
(c) T-P

<그림 3-27> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 2차 모니터링)

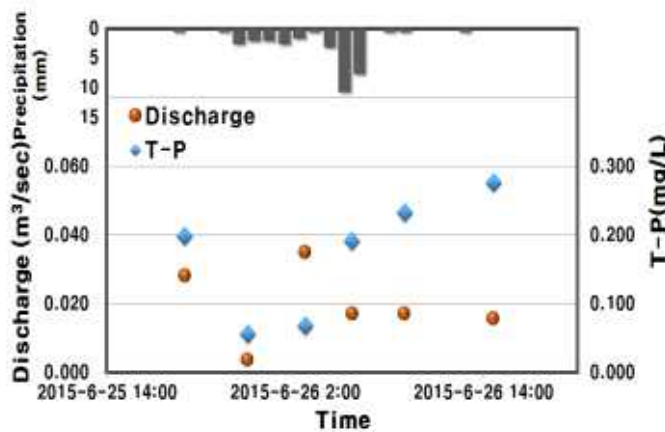
<그림 3-28>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.6 - 2.9 mg/L의 범위를, T-N은 2.698 - 9.751 mg/L의 범위를, T-P는 0.056 - 0.276 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



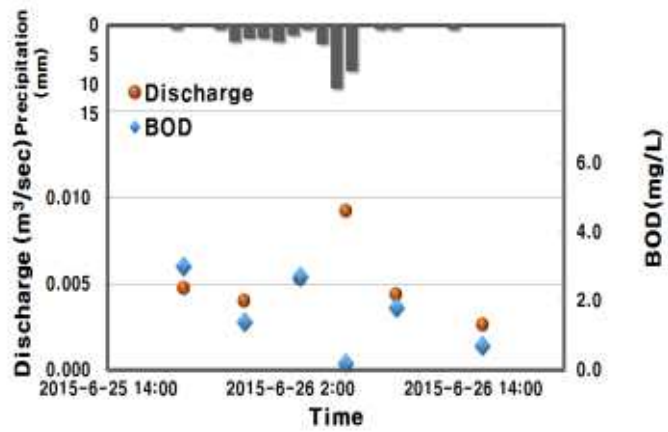
(b) T-N



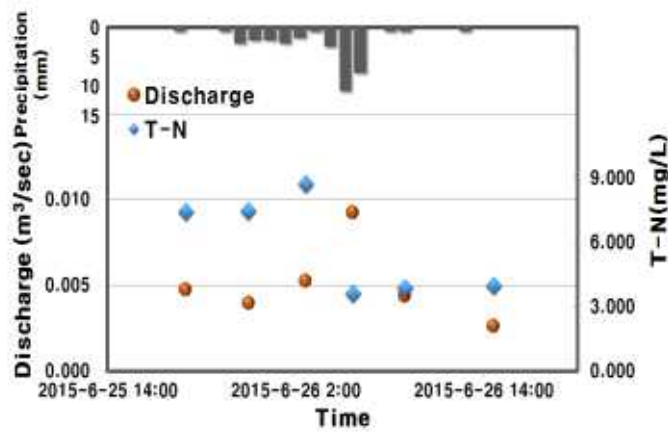
(c) T-P

<그림 3-28> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 2차 모니터링)

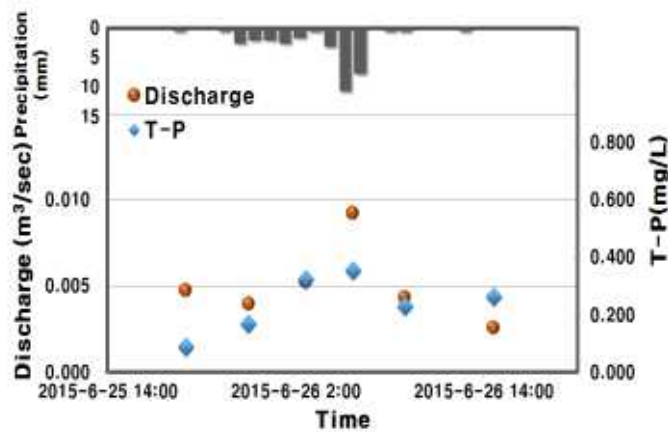
<그림 3-29>은 FW-'05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.2 - 3.0 mg/L의 범위를, T-N은 3.605 - 8.706 mg/L의 범위를, T-P는 0.090 - 0.356 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



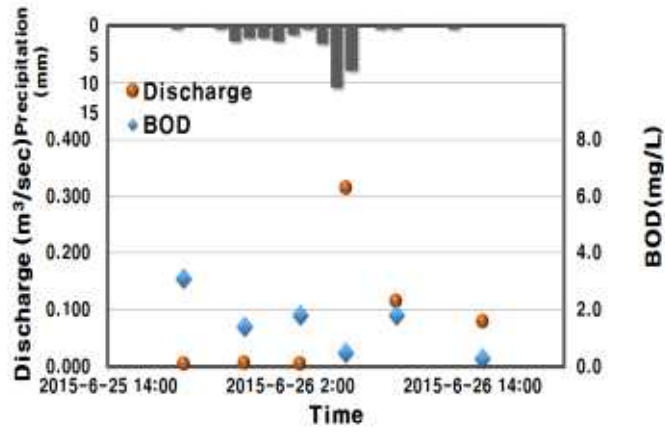
(b) T-N



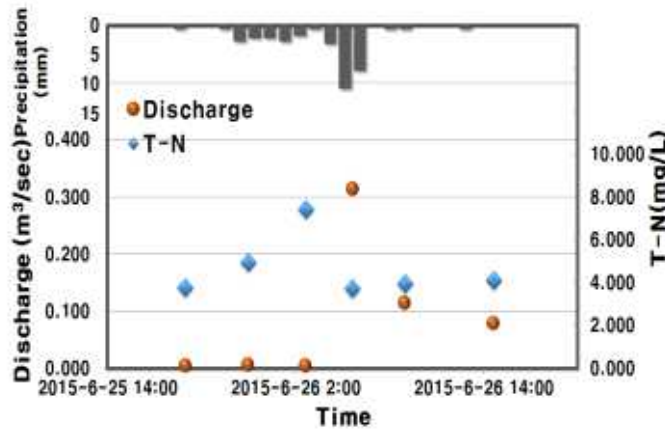
(c) T-P

<그림 3-29> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 2차 모니터링)

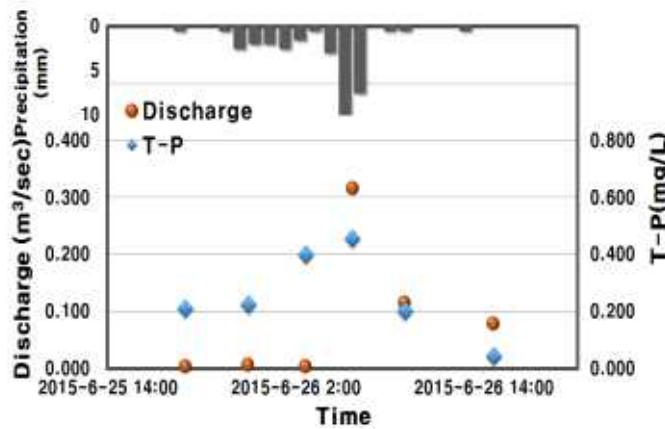
<그림 3-30>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.3 - 3.1 mg/L의 범위를, T-N은 3.732 - 7.439 mg/L의 범위를, T-P는 0.043 - 0.455 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

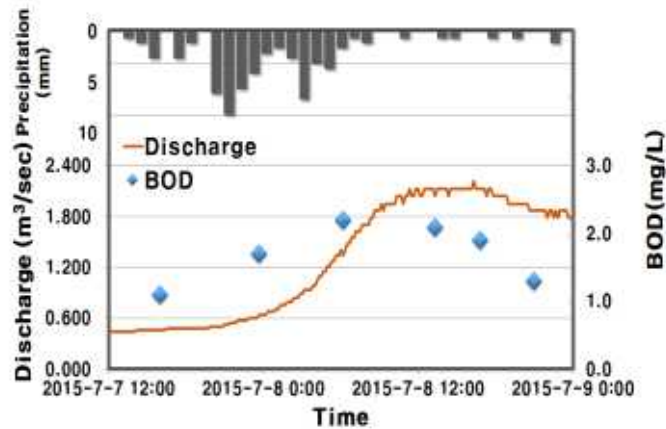


(c) T-P

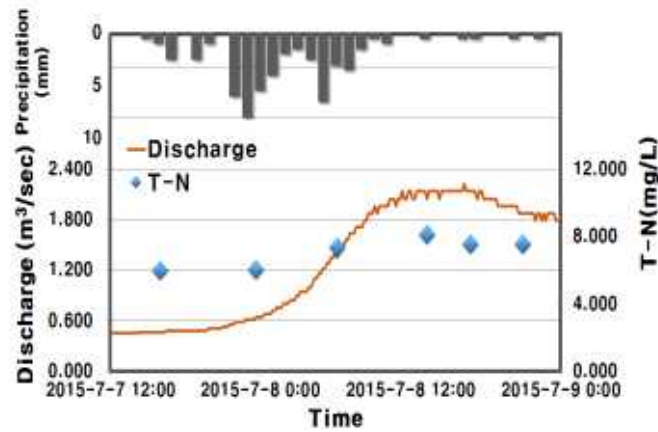
<그림 3-30> 정밀 모니터링 결과 (FW-'6, 2차 모니터링)

(3) 3차 모니터링

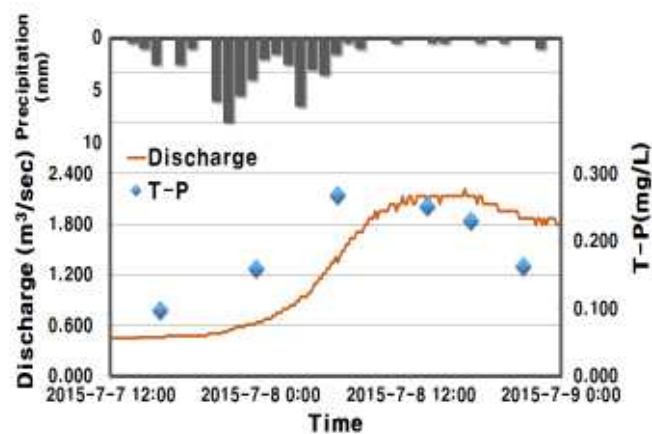
<그림 3-31>은 FW-'01지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.1 - 2.2 mg/L의 범위를, T-N은 5.998 - 8.106 mg/L의 범위를, T-P는 0.098 - 0.268 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



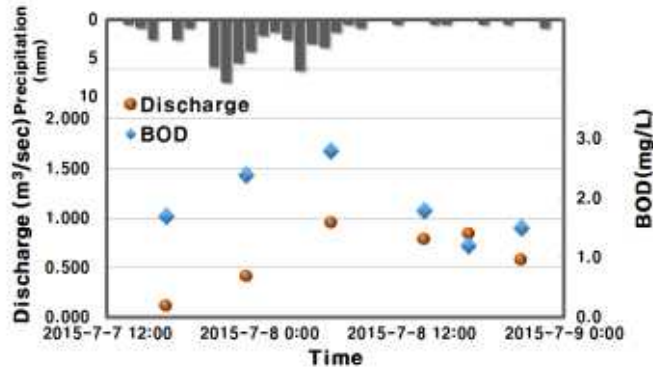
(b) T-N



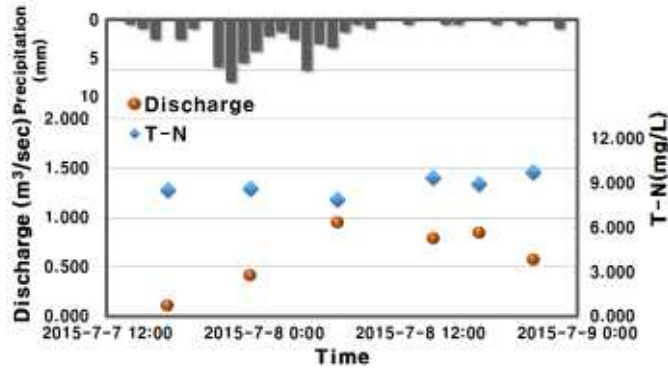
(c) T-P

<그림 3-31> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 3차 모니터링)

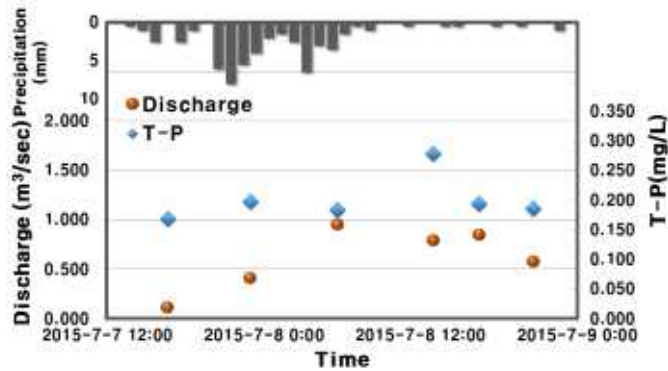
<그림 3-32>은 FW-'03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.2 - 2.8 mg/L의 범위를, T-N은 7.906 - 9.729 mg/L의 범위를, T-P는 0.169 - 0.278 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



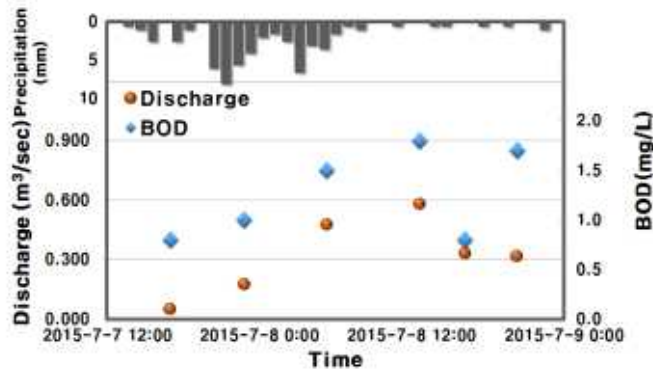
(b) T-N



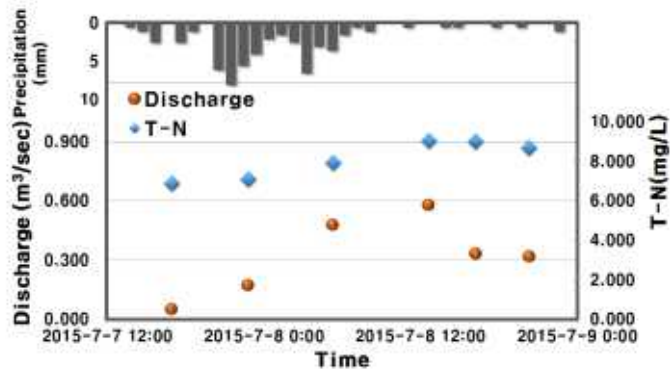
(c) T-P

<그림 3-32> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 3차 모니터링)

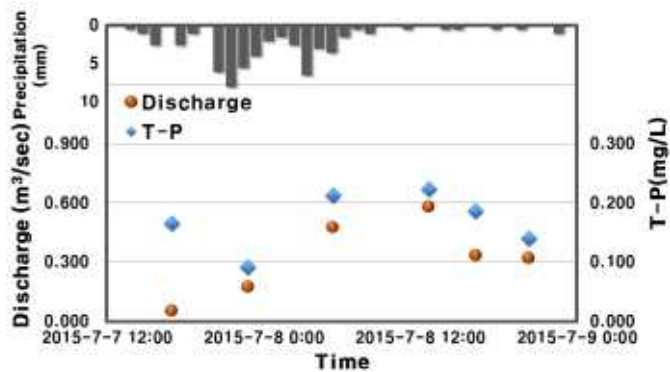
<그림 3-33>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.8 - 1.8 mg/L의 범위를, T-N은 6.881 - 9.046 mg/L의 범위를, T-P는 0.091 - 0.223 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



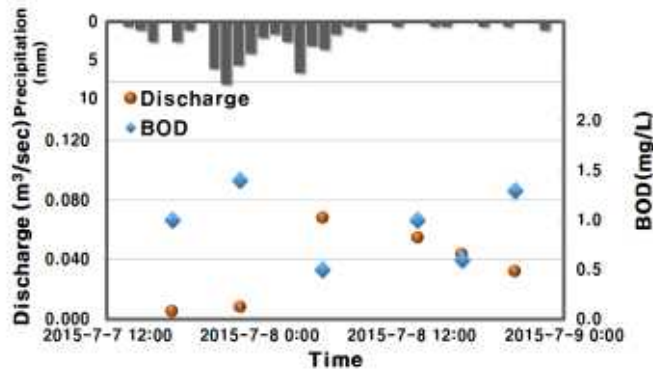
(b) T-N



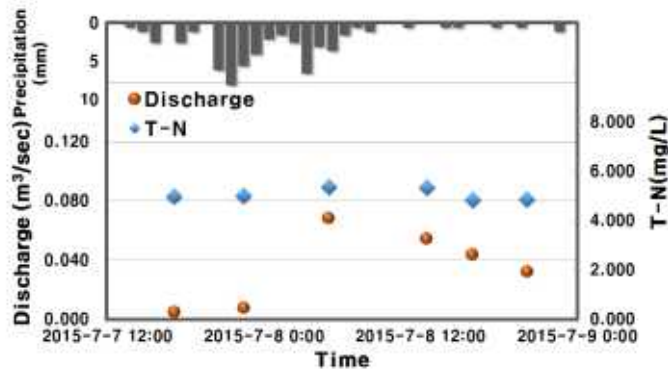
(c) T-P

<그림 3-33> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 3차 모니터링)

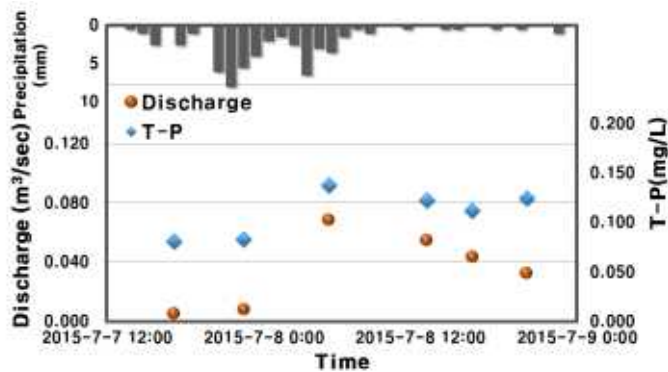
<그림 3-34>은 FW-'05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.5 - 1.4 mg/L의 범위를, T-N은 4.858 - 5.371 mg/L의 범위를, T-P는 0.081 - 0.138 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



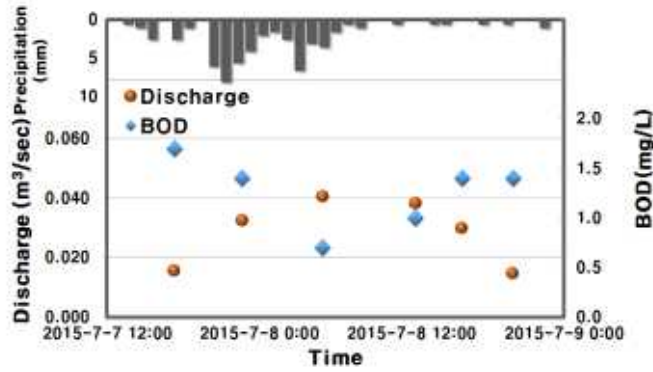
(b) T-N



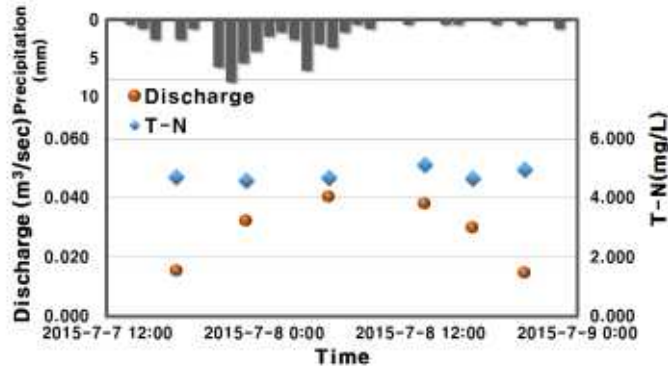
(c) T-P

<그림 3-34> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 3차 모니터링)

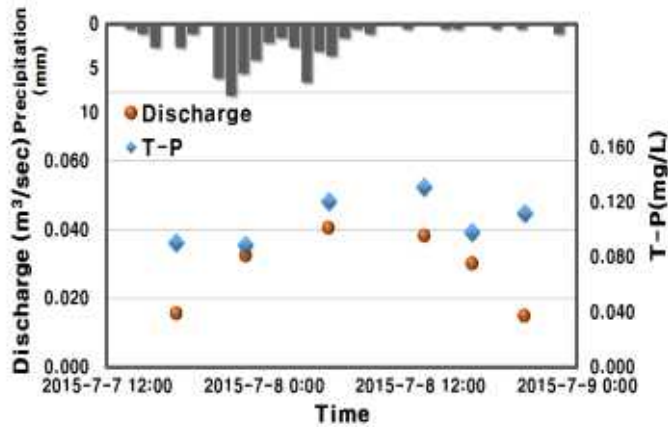
<그림 3-35>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.7 - 1.7 mg/L의 범위를, T-N은 4.602 - 5.114 mg/L의 범위를, T-P는 0.089 - 0.131 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

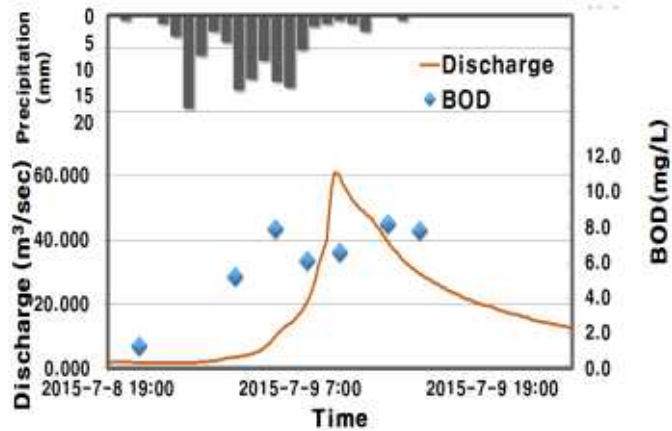


(c) T-P

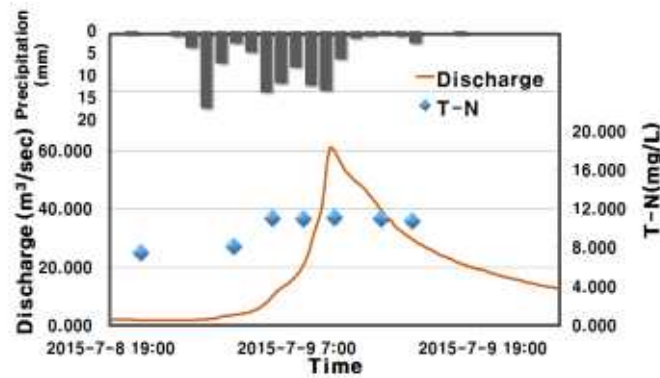
<그림 3-35> 정밀 모니터링 결과 (FW-'06, 3차 모니터링)

(4) 4차 모니터링

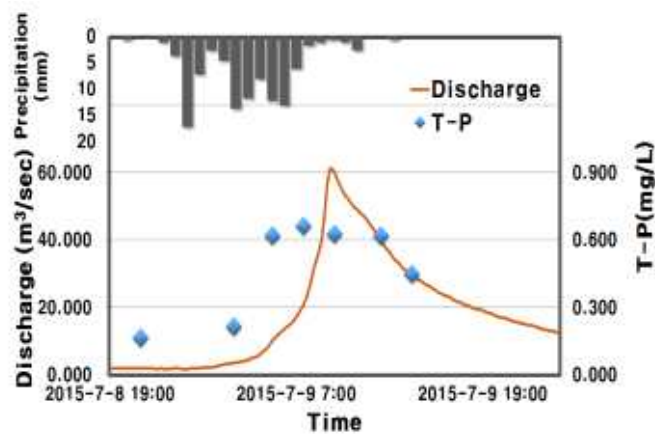
<그림 3-36>은 FW-'01지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.3 - 8.2 mg/L의 범위를, T-N은 7.536 - 11.153 mg/L의 범위를, T-P는 0.163 - 0.661 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



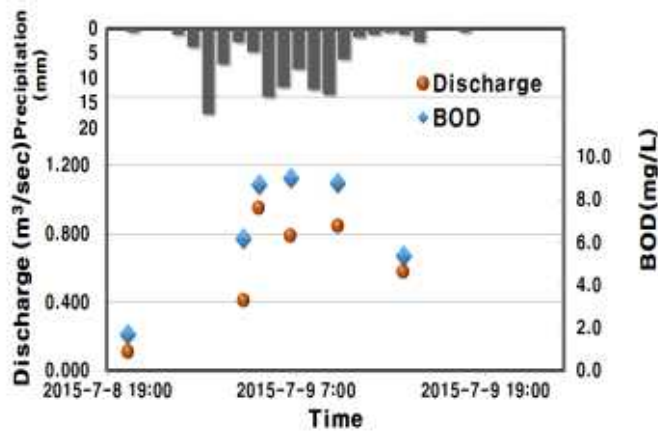
(b) T-N



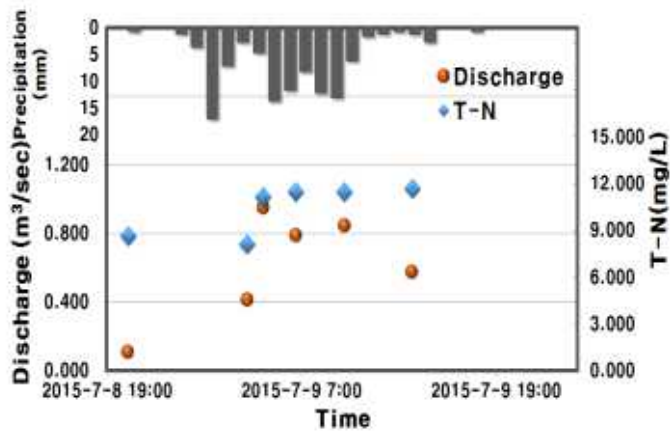
(c) T-P

<그림 3-36> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 4차 모니터링)

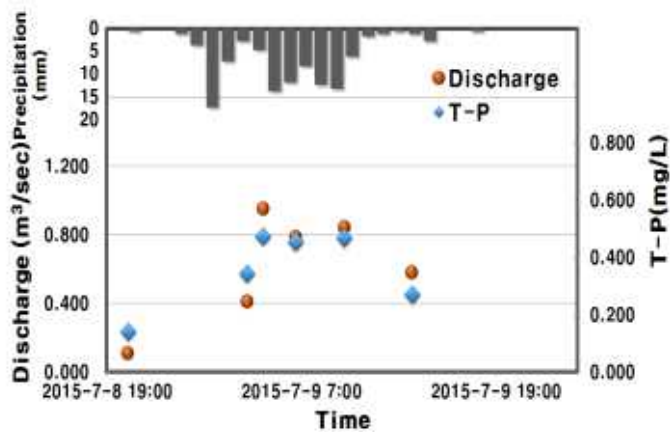
<그림 3-37>은 FW-'03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.5 - 10.0 mg/L의 범위를, T-N은 9.441 - 11.894 mg/L의 범위를, T-P는 0.186 - 0.691 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



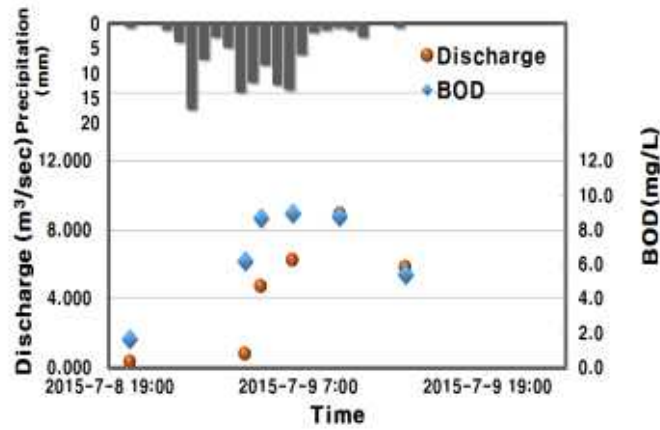
(b) T-N



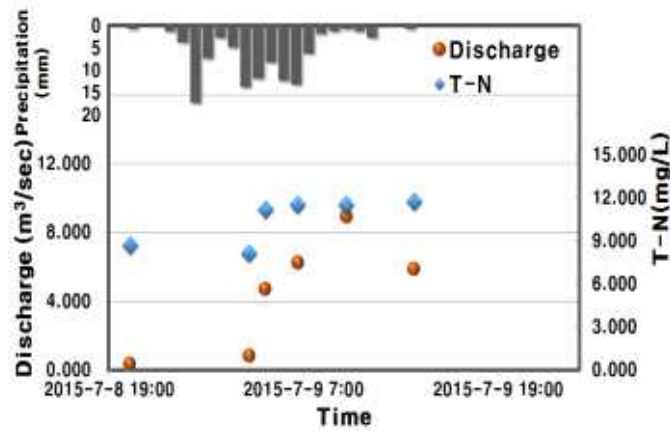
(c) T-P

<그림 3-37> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 4차 모니터링)

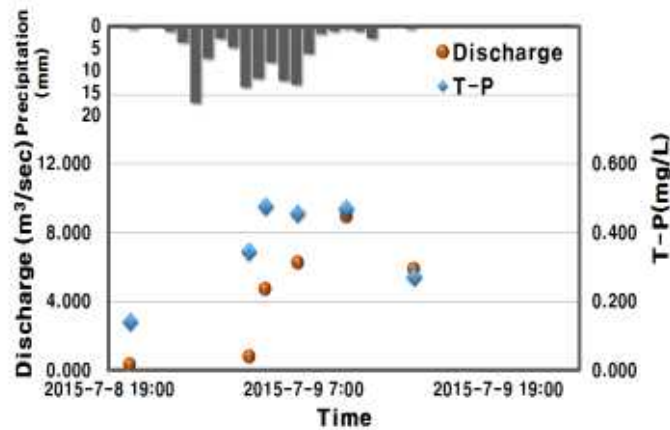
<그림 3-38>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.7 - 9.0 mg/L의 범위를, T-N은 8.155 - 11.894 mg/L의 범위를, T-P는 0.140 - 0.691 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



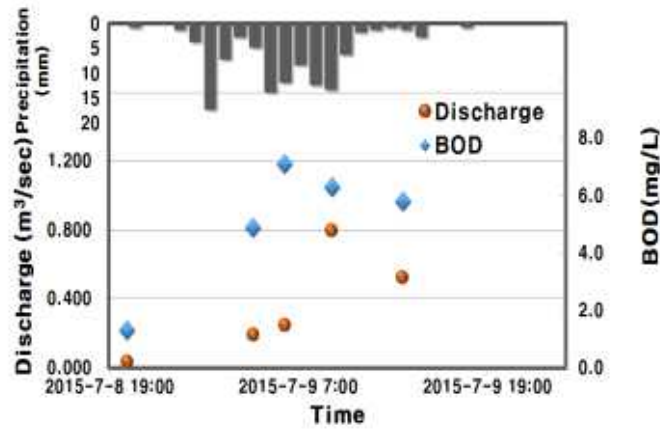
(b) T-N



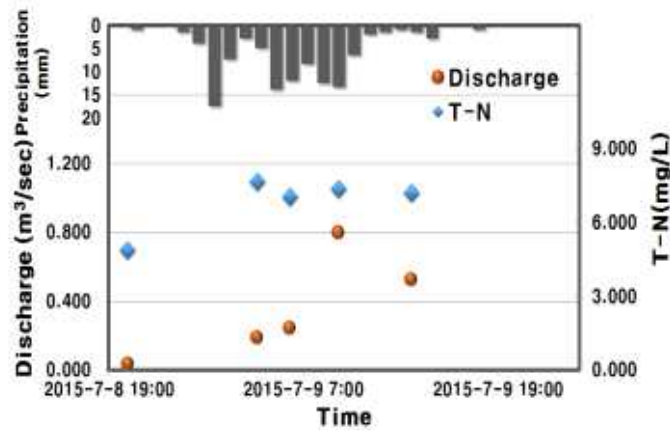
(c) T-P

<그림 3-38> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 4차 모니터링)

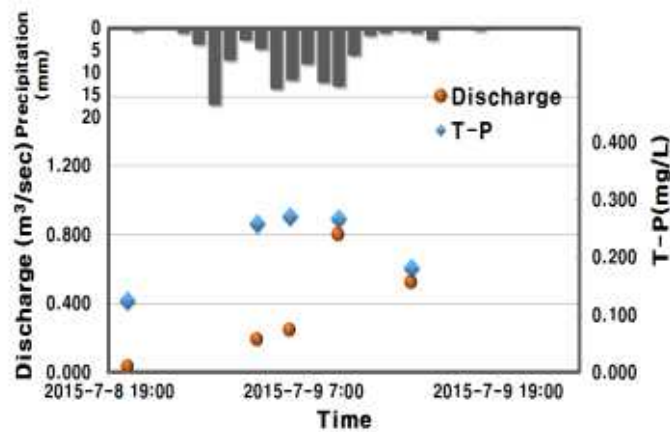
<그림 3-39>은 FW-'05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.3 - 7.1 mg/L의 범위를, T-N은 4.886 - 7.650 mg/L의 범위를, T-P는 0.125 - 0.272 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



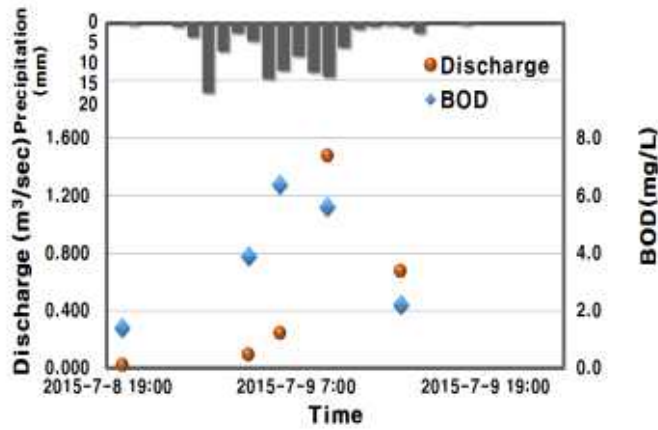
(b) T-N



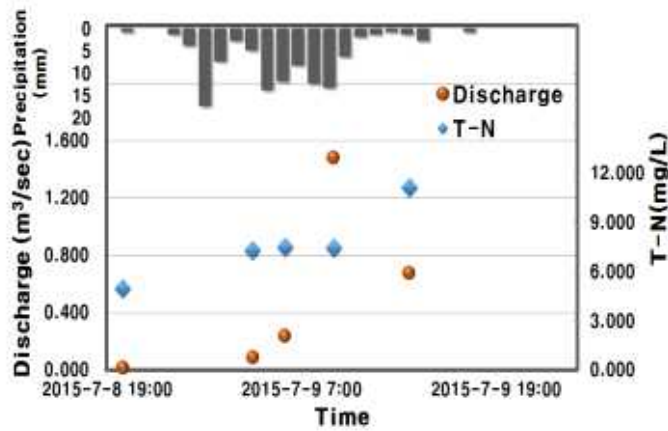
(c) T-P

<그림 3-39> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 4차 모니터링)

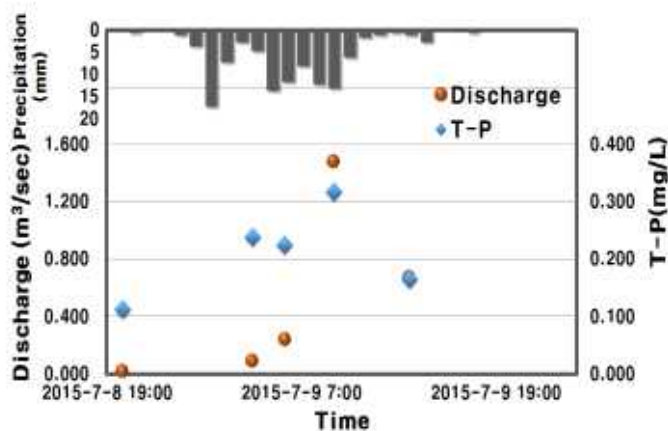
<그림 3-40>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.4 - 6.4 mg/L의 범위를, T-N은 4.972 - 11.153 mg/L의 범위를, T-P는 0.112 - 0.318 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

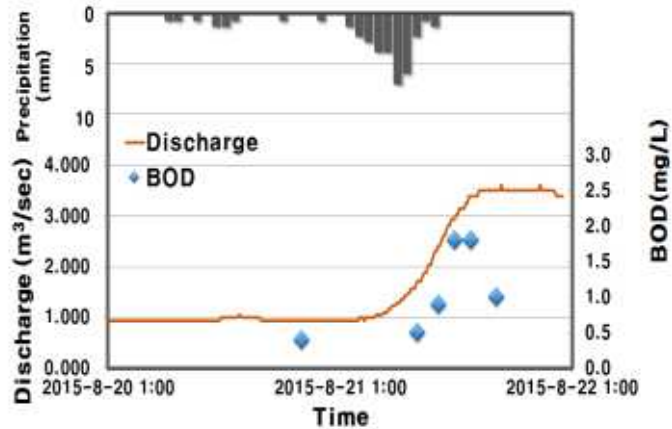


(c) T-P

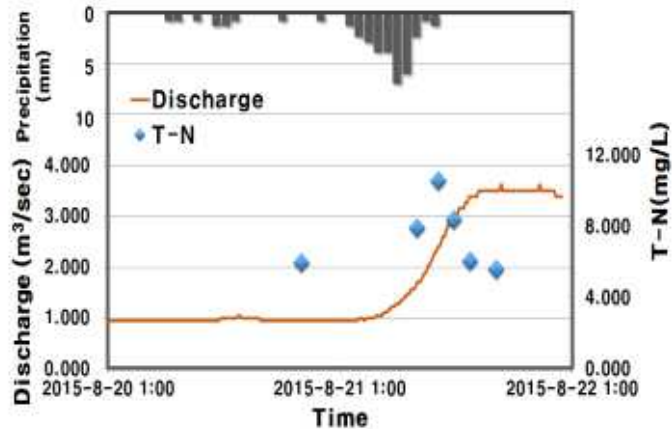
<그림 3-40> 정밀 모니터링 결과 (FW-'6, 4차 모니터링)

(5) 5차 모니터링

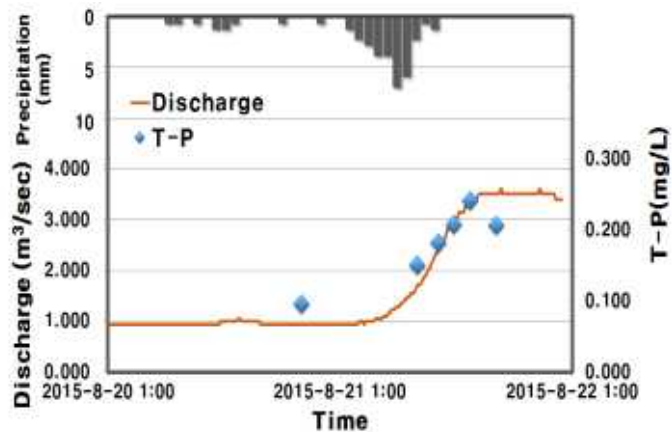
<그림 3-41>은 FW-'01지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.4 - 1.8 mg/L의 범위를, T-N은 5.556 - 10.554 mg/L의 범위를, T-P는 0.096 - 0.241 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



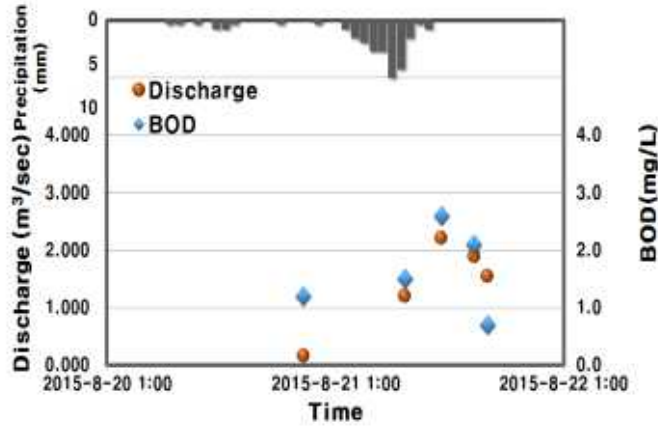
(b) T-N



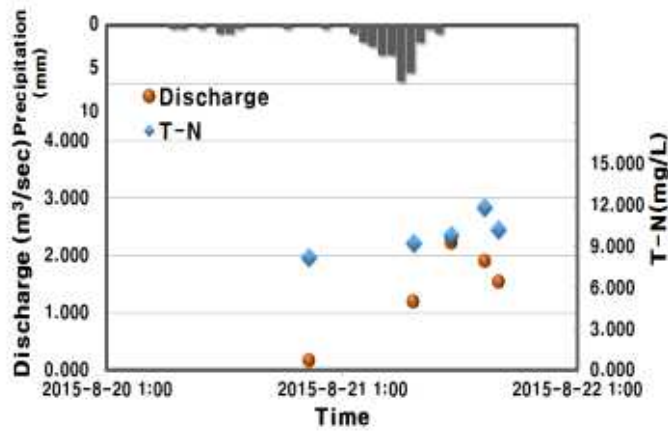
(c) T-P

<그림 3-41> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 5차 모니터링)

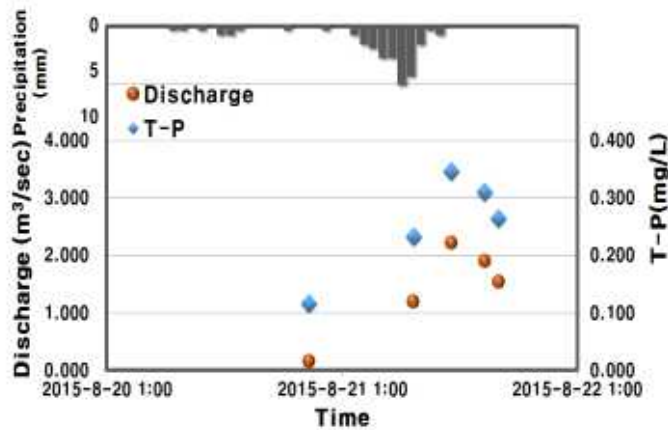
<그림 3-42>은 FW-'03지점에서서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.7 - 2.6 mg/L의 범위를, T-N은 8.187 - 11.840 mg/L의 범위를, T-P는 0.116 - 0.347 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



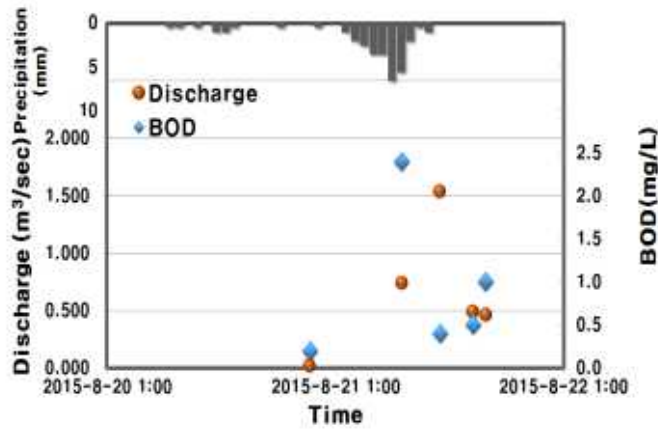
(b) T-N



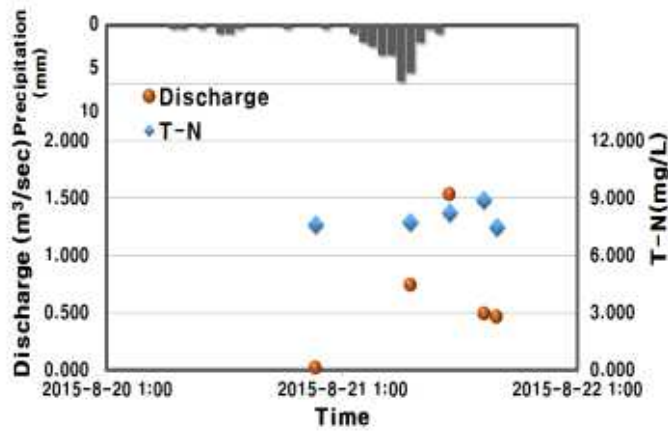
(c) T-P

<그림 3-42> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 5차 모니터링)

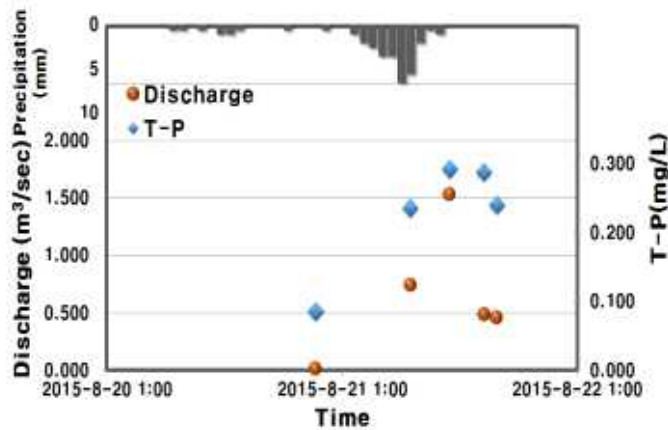
<그림 3-43>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.2 - 2.4 mg/L의 범위를, T-N은 7.485 - 8.889 mg/L의 범위를, T-P는 0.086 - 0.292 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



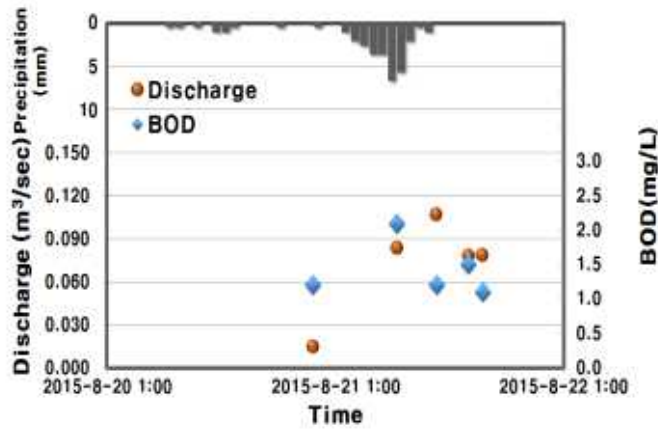
(b) T-N



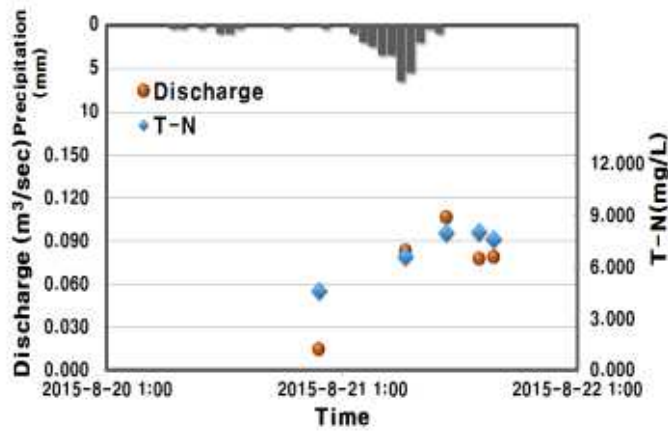
(c) T-P

<그림 3-43> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 5차 모니터링)

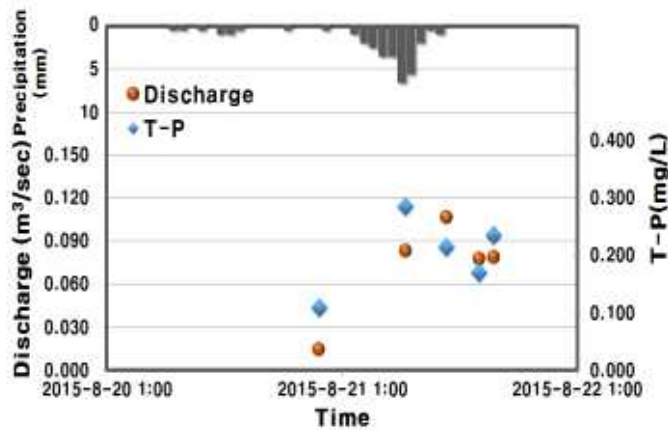
<그림 3-44>은 FW-'05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.1 - 2.1 mg/L의 범위를, T-N은 4.591 - 8.012 mg/L의 범위를, T-P는 0.109 - 0.286 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



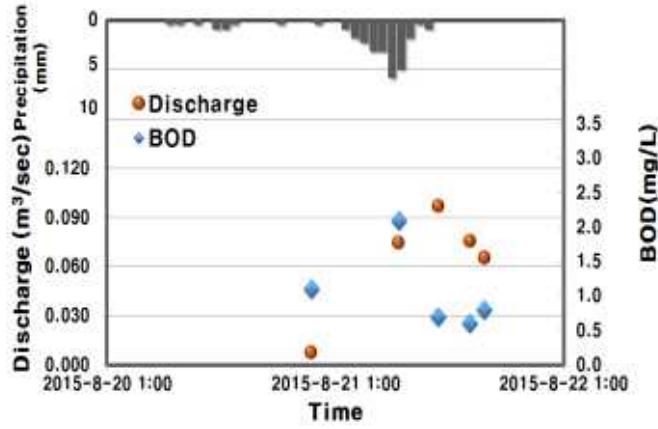
(b) T-N



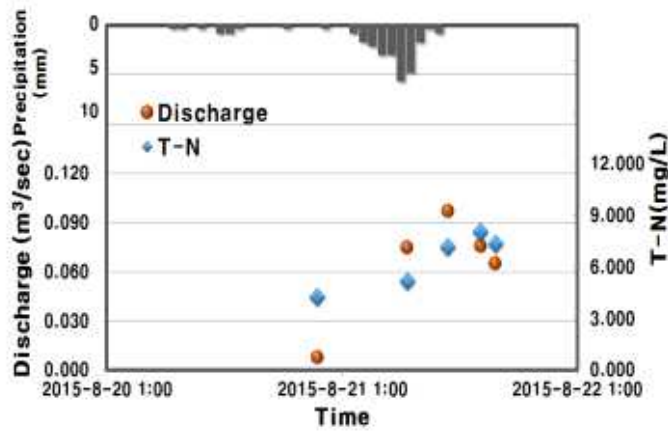
(c) T-P

<그림 3-44> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 5차 모니터링)

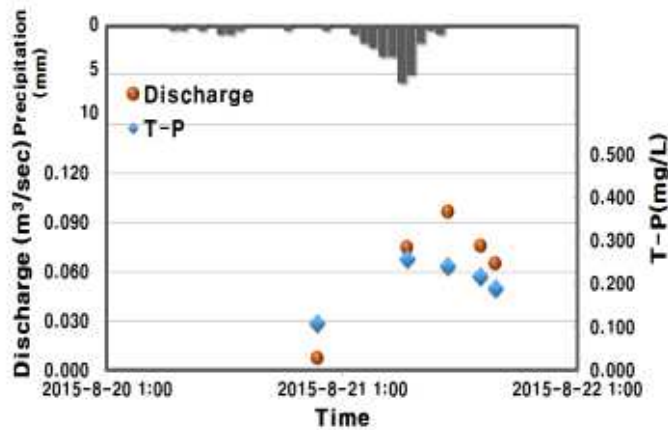
<그림 3-45>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.6 - 2.1 mg/L의 범위를, T-N은 4.241 - 8.012 mg/L의 범위를, T-P는 0.109 - 0.258 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

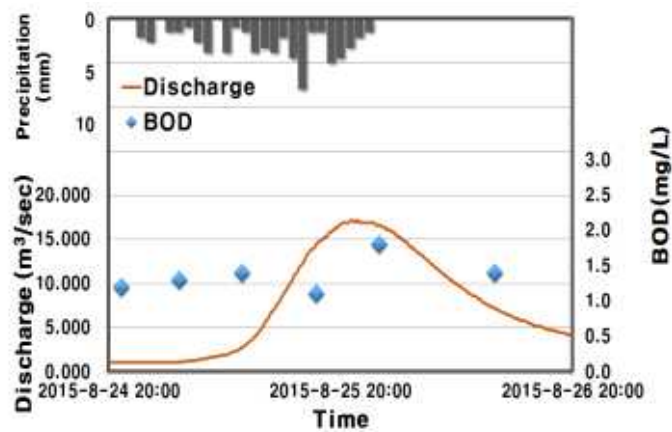


(c) T-P

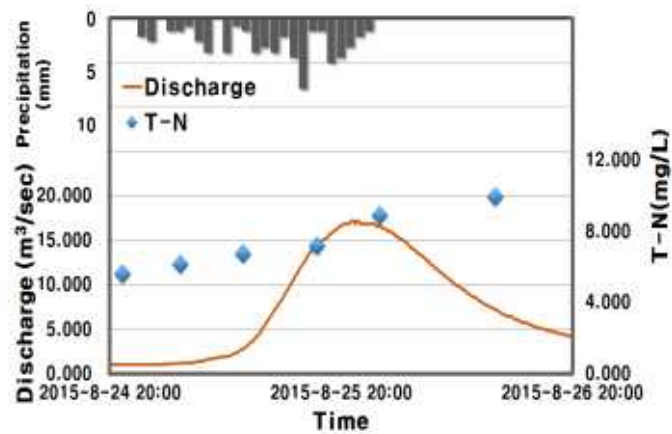
<그림 3-45> 정밀 모니터링 결과 (FW-'6, 5차 모니터링)

(6) 6차 모니터링

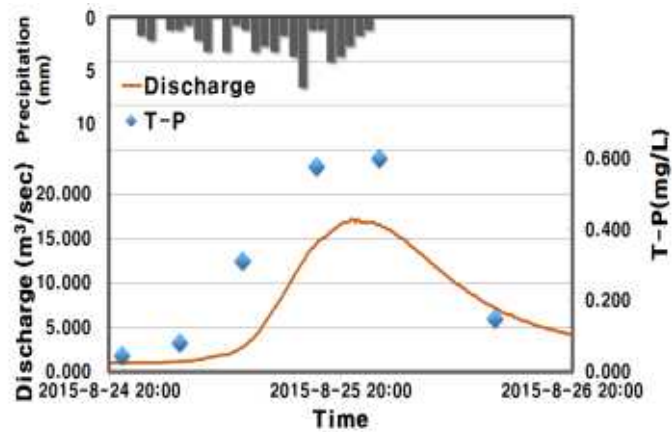
<그림 3-46>은 FW-'01지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.1 - 1.8 mg/L의 범위를, T-N은 5.585 - 9.941 mg/L의 범위를, T-P는 0.046 - 0.600 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



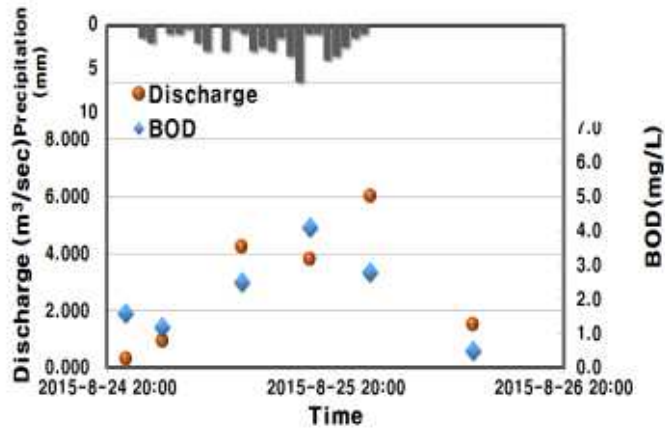
(b) T-N



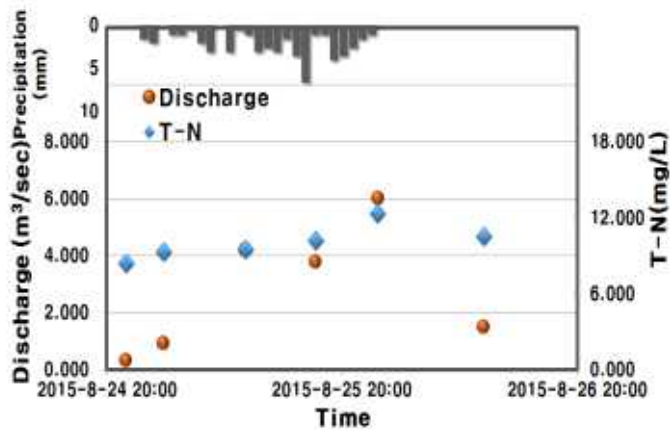
(c) T-P

<그림 3-46> 정밀 모니터링 결과 (FW-'1, 6차 모니터링)

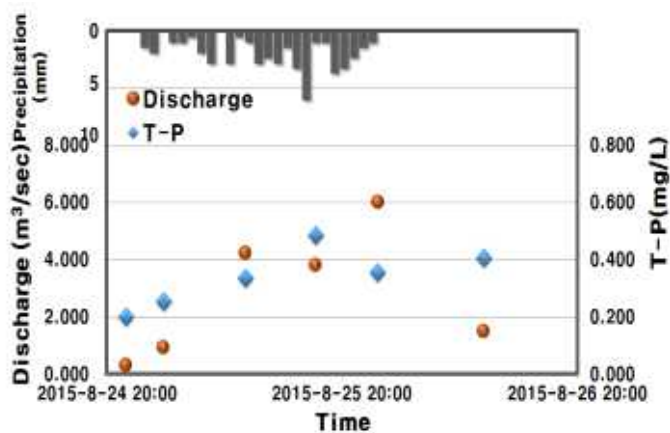
<그림 3-47>은 FW-'03지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.5 - 4.1 mg/L의 범위를, T-N은 8.450 - 12.396 mg/L의 범위를, T-P는 0.200 - 0.485 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



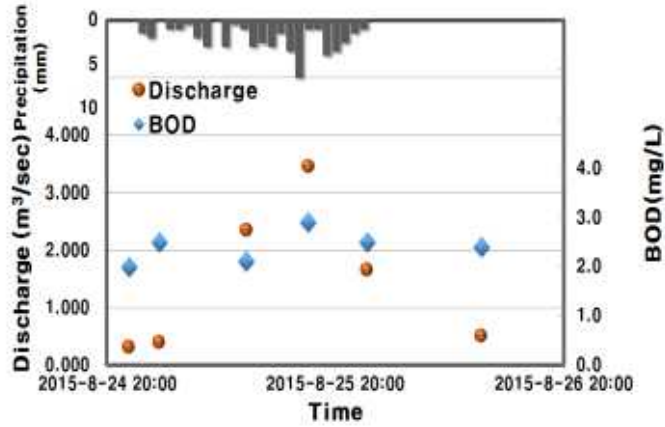
(b) T-N



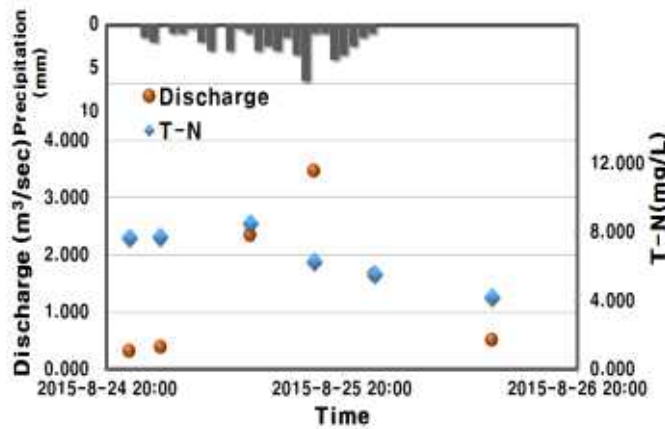
(c) T-P

<그림 3-47> 정밀 모니터링 결과 (FW-'3, 6차 모니터링)

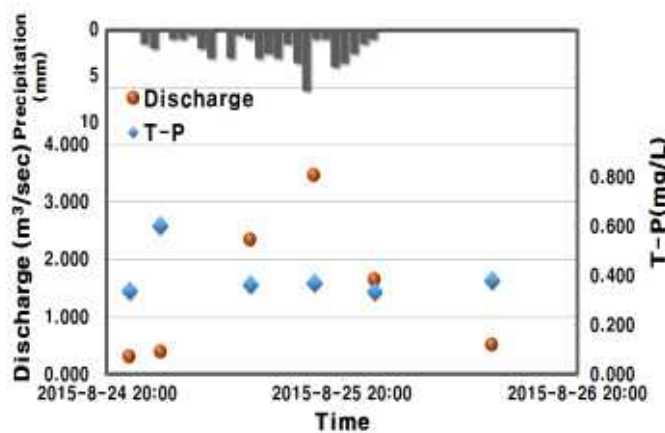
<그림 3-48>은 FW-'04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.0 - 2.9 mg/L의 범위를, T-N은 4.182 - 8.509 mg/L의 범위를, T-P는 0.335 - 0.604 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



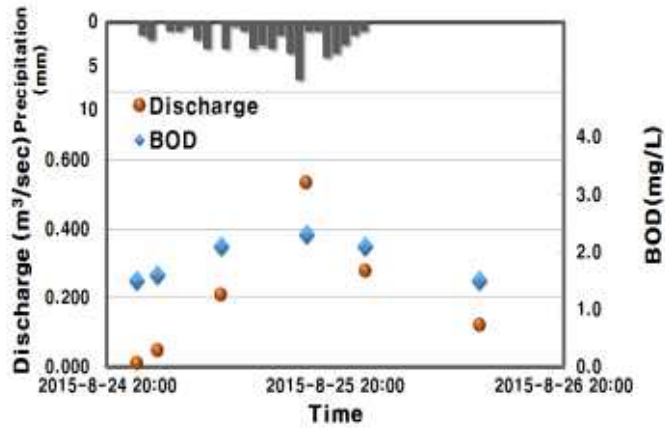
(b) T-N



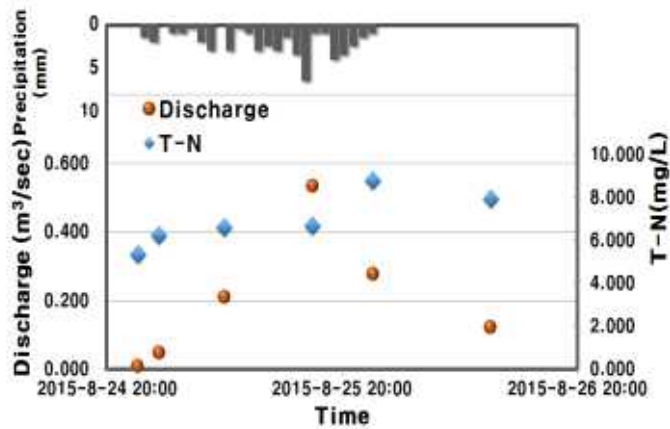
(c) T-P

<그림 3-48> 정밀 모니터링 결과 (FW-'4, 6차 모니터링)

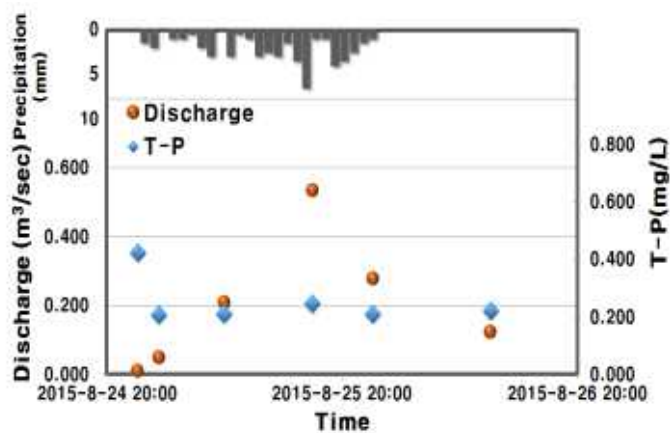
<그림 3-49>은 FW-'05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.5 - 2.3 mg/L의 범위를, T-N은 5.351 - 8.801 mg/L의 범위를, T-P는 0.208 - 0.424 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



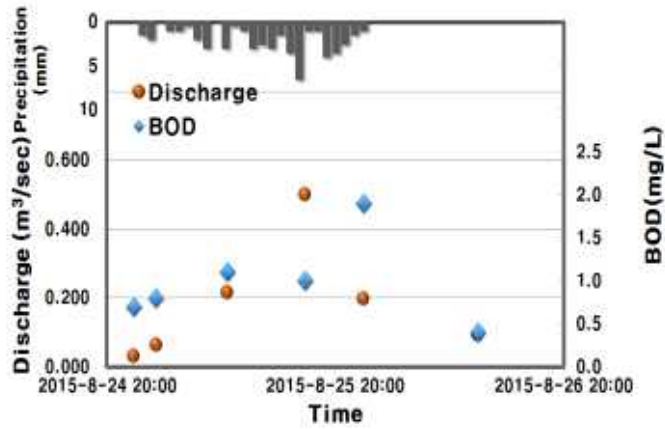
(b) T-N



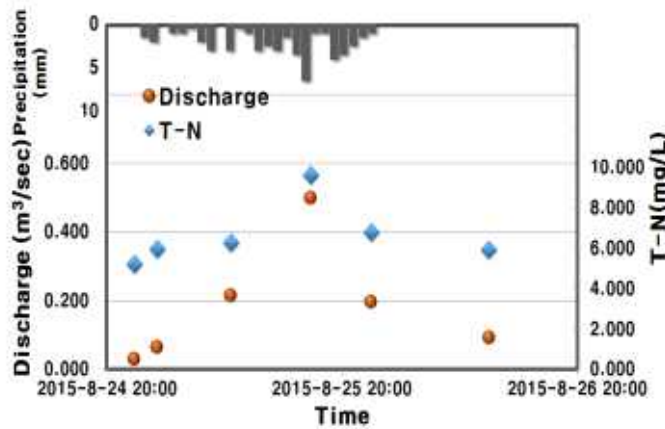
(c) T-P

<그림 3-49> 정밀 모니터링 결과 (FW-'5, 6차 모니터링)

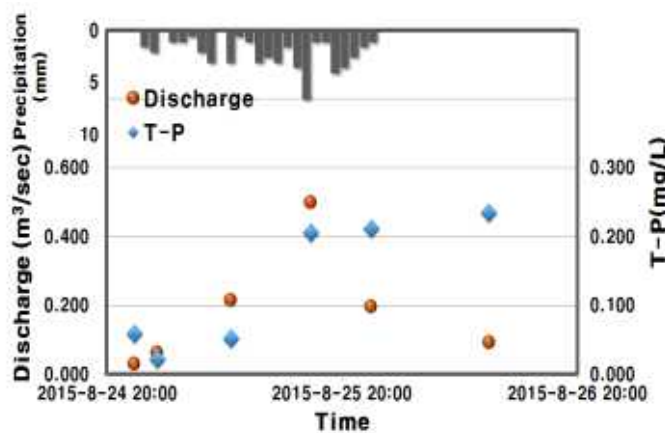
<그림 3-50>은 FW-'06지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.4 - 1.9 mg/L의 범위를, T-N은 5.235 - 9.619 mg/L의 범위를, T-P는 0.022 - 0.235 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N



(c) T-P

<그림 3-50> 정밀 모니터링 결과 (FW-'6, 6차 모니터링)

4. 모니터링 결과 해석

가. 모니터링 종합 결과

(1) 수질 분석

(가) 1·2차 연도 모니터링 결과

1·2차 연도 연구에서는 가평 두밀천 유역을 대상유역을 선정하여 월 1회 정기 모니터링과 강우시 정밀 모니터링을 실시하여 수질 시료를 수집하였다. 수집한 수질 시료는 14개 수질항목에 대하여 수질오염공정시험방법에 따라 분석하였다. <그림 3-51>는 1·2차 연도 모니터링 대상유역 내 모니터링 지점을 나타내었다. 하천을 따라 FW-1 지점부터 FW-7 지점을 선정하여 모니터링을 실시하였으며, FP-1은 논, FP-2 밭, FP-3는 축산 농가 배출수를 모니터링한 지점이다.



<그림 3-51> 1·2연구 대상유역 및 모니터링 지점

<표 3-19>과 <표 3-20>는 대상유역의 지점별 수질 분석 결과이다. 강우시와 비강우시를 구분하여 1·2차 모니터링 지점의 평균 농도 및 표준편차를 산정하였다. 산정 결과 BOD, COD_{Cr}, SS, T-N, NO₂, NO₃, NH₄ 항목 모두 FP-3 지점에서 가장 높은 값을 나타내었다. FP-3 지점은 축산 농가가 밀집되어 있고, 퇴비화 시설을 포함하고 있는 유역이다.

측사에 의한 하천 수질 영향을 평가하기 위하여, 하천이 측사를 통과하기 전 (FW-05) 과 후(FW-04)의 수질을 비교하였다. 비교 결과 질소계열과 인계열 항목에서 다소 증가하는 경향을 보였지만 차이가 크지 않았으며, 하류로 갈수록 농도 값을 다시 낮아지는 것으로 나타났다. 평시에는 축산 농가, 퇴비화 시설로부터 배출되는 오염물질이 하천으로 유입되는 양이 매우 적고, FP-3 지점의 유출이 간헐적으로 일어남에 따라 평시에는 측사의 영향이 하류에 크게 미치지 않는 것으로 분석되었다.

FW-1에서 pH는 6.5 ~ 12.7의 범위로 나타났고, EC 20.5 ~ 224.0 dS/m, 탁도 0 ~ 28.0 mg/L, SS 0.4 ~ 4.7 mg/L, BOD 0.1 ~ 3.3 mg/L, CODCr 0.1 ~ 77.8 mg/L, T-N 1.600 ~ 10.400 mg/L, T-P 0.012 ~ 4.643 mg/L, NO₃-N 0.024 ~ 3.205 mg/L, NH₄-N 0.010 ~ 3.215 mg/L, NO₂-N 0.029 ~ 0.045 mg/L, PO₄-P 0.074 ~ 0.074 mg/L, TOC 0.2 ~ 10.1의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.8, 표준편차 1.4로 나타났고, EC 30 ± 1.1 dS/m, 탁도 2.4 ± 1.7 mg/L, SS 105.7 ± 165.3 mg/L, BOD 48.3 ± 17.9 mg/L, COD 9.4 ± 5.2 mg/L, T-N 8.162 ± 9.227 mg/L, T-P 0.074 ± 0.029 mg/L, NO₃-N 2.273 ± 2.137 mg/L, NH₄-N 3.986 ± 5.498 mg/L, PO₄-P 0.038 ± 0.025 mg/L, TOC 49.4 ± 88 로 나타났다.

FW-2에서 pH는 5.7 ~ 12.1의 범위로 나타났고, EC 7.7 ~ 255.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 21.6 mg/L, SS 0.4 ~ 16.0 mg/L, BOD 0.0 ~ 2.6 mg/L, CODCr 0.2 ~ 45.6 mg/L, T-N 1.000 ~ 7.941 mg/L, T-P 0.020 ~ 5.164 mg/L, NO₃-N 0.066 ~ 3.013 mg/L, NH₄-N 0.011 ~ 3.215 mg/L, NO₂-N 0.029 ~ 0.049 mg/L, PO₄-P 0.067 ~ 0.067 mg/L, TOC 0.353 ~ 11.076의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 5.9, 표준편차 2.1로 나타났고, EC 29.7 ± 46.2 dS/m, 탁도 1.6 ± 0.9 mg/L, SS 1.9 ± 1.3 mg/L, BOD 14.2 ± 17.2 mg/L, CODCr 4.1 ± 3 mg/L, T-N 3.28 ± 1.886 mg/L, T-P 0.626 ± 1.345 mg/L, NO₃-N 1.339 ± 0.688 mg/L, NH₄-N 0.431 ± 0.723 mg/L, NO₂-N 0.037 ± 0.008 mg/L, PO₄-P 0.031 ± 0.018 mg/L, TOC 4.5 ± 7.3 로 나타났다.

FW-3에서 pH는 6.1 ~ 12.1의 범위로 나타났고, EC 7.6 ~ 308.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 57.0 mg/L, SS 0.33 ~ 38.67 mg/L, BOD 0.3 ~ 2.6 mg/L, CODCr 0.3 ~ 55.9 mg/L, T-N 1.000 ~ 6.525 mg/L, T-P 0.008 ~ 6.459 mg/L, NO₃-N 0.022 ~ 2.919 mg/L, NH₄-N 0.012 ~ 4.221 mg/L, NO₂-N 0.031 ~ 0.051 mg/L, PO₄-P 0.063 ~ 0.063 mg/L, TOC 0.9 ~ 13.0의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.1, 표준편차 2.2로 나타났고, EC 35.4 ± 60.1 dS/m, 탁도 1.0 ± 0.7 mg/L, SS 3 ± 3.8 mg/L, BOD 12.9 ± 13.3 mg/L, CODCr 4 ± 3 mg/L, T-N 2.999 ± 1.614 mg/L, T-P 0.476 ± 1.334 mg/L, NO₃-N 1.335 ± 0.369 mg/L, NH₄-N 0.391 ± 0.72 mg/L, NO₂-N 0.039 ± 0.01 mg/L, PO₄-P 0.034 ± 0.017 mg/L, TOC 6.1 ± 7.3 로 나타났다.

FW-4에서 pH는 5.9 ~ 12.8의 범위로 나타났고, EC 7.2 ~ 224.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 32.0 mg/L, SS 0.3 ~ 34.0 mg/L, BOD 0.0 ~ 2.8 mg/L, CODCr 0.1 ~ 48.5 mg/L,

T-N 0.400 ~ 9.032 mg/L, T-P 0.019 ~ 4.080 mg/L, NO₃-N 0.017 ~ 5.259 mg/L, NH₄-N 0.042 ~ 4.377 mg/L, NO₂-N 0.027 ~ 0.028 mg/L, PO₄-P 0.081 ~ 0.081 mg/L, TOC 1.3 ~ 10.2의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.1, 표준편차 2.4로 나타났고, EC 35.5±67.1 dS/m, 탁도 1.2±0.8 mg/L, SS 4.3±7.8 mg/L, BOD 13.9±14.8 mg/L, CODCr 4.4±3.3 mg/L, T-N 3.139±1.277 mg/L, T-P 0.523±1.511 mg/L, NO₃-N 1.507±0.742 mg/L, NH₄-N 0.486±0.919 mg/L, NO₂-N 0.041±0.01 mg/L, PO₄-P 0.033±0.019 mg/L, TOC 9.7±16.1로 나타났다.

FW-5에서 pH는 6.4 ~ 12.4의 범위로 나타났고, EC 1.8 ~ 308.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 55.0 mg/L, SS 0.6 ~ 12.0 mg/L, BOD 0.0 ~ 2.5 mg/L, CODCr 0.280 ~ 37.4 mg/L, T-N 0.600 ~ 4.527 mg/L, T-P 0.001 ~ 4.211 mg/L, NO₃-N 0.011 ~ 2.613 mg/L, NH₄-N 0.013 ~ 2.914 mg/L, NO₂-N 0.022 ~ 0.042 mg/L, PO₄-P 0.133 ~ 0.133 mg/L, TOC 1.779 ~ 16.214의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.1, 표준편차 2.4로 나타났고, EC 35.7±50.2 dS/m, 탁도 1.1±0.7 mg/L, SS 5.3±7.5 mg/L, BOD 12.9±12.4 mg/L, CODCr 4.4±2.7 mg/L, T-N 3.268±1.928mg/L, T-P 0.423±1.093 mg/L, NO₃-N 1.694±1.176 mg/L, NH₄-N 0.699±1.106 mg/L, NO₂-N 0.027±0.001 mg/L, PO₄-P 0.042±0.022 mg/L, TOC 8.3±9.7로 나타났다.

FW-6에서 pH는 6.4 ~ 8.7의 범위로 나타났고, EC 9.1 ~ 155.1 dS/m, 탁도 0.0 ~ 27.0 mg/L, SS 0.7 ~ 21.3 mg/L, BOD 0.1 ~ 2.5 mg/L, CODCr 2.4 ~ 29.8 mg/L, T-N 0.993 ~ 4.352 mg/L, T-P 0.010 ~ 0.342 mg/L, NO₃-N 0.124 ~ 2.466 mg/L, NH₄-N 0.013 ~ 0.390 mg/L, PO₄-P 0.083 ~ 0.083 mg/L, TOC 0.9 ~ 10.7의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.5, 표준편차 2.6로 나타났고, EC 21.2±30.1 dS/m, 탁도 1.2±0.7 mg/L, SS 5.4±5.1 mg/L, BOD 11.6±9.7 mg/L, CODCr 4.4±2.9 mg/L, T-N 2.252±0.712 mg/L, T-P 0.073±0.068 mg/L, NO₃-N 1.285±0.582 mg/L, NH₄-N 0.158±0.129 mg/L, PO₄-P 0.034±0.021 mg/L, TOC 4.4±7.5로 나타났다.

FW-7에서 pH는 6.7 ~ 9.2의 범위로 나타났고, EC 1.9 ~ 98.7 dS/m, 탁도 0.0 ~ 12.0 mg/L, SS 0.3 ~ 46.5 mg/L, BOD 0.2 ~ 2.2 mg/L, CODCr 1.0 ~ 42.0 mg/L, T-N 1.177 ~ 4.215 mg/L, T-P 0.007 ~ 0.853 mg/L, NO₃-N 0.057 ~ 1.931 mg/L, NH₄-N 0.010 ~ 0.564 mg/L, NO₂-N N.S, PO₄-P 0.107 ~ 0.107 mg/L, TOC 0.0 ~ 38.6의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.1, 표준편차 3로 나타났고, EC 15.4±19.7 dS/m, 탁도 1.1±0.5 mg/L, SS 7.9±10.7 mg/L, BOD 9.7±1.2 mg/L, CODCr 5±7.9 mg/L, T-N 1.963±0.677 mg/L, T-P 0.101±0.176 mg/L, NO₃-N 1.138±0.493 mg/L, NH₄-N 0.206±0.182 mg/L, PO₄-P 0.034±0.026 mg/L, TOC 1.9±2.6로 나타났다.

FP-3에서 pH는 4.5 ~ 7.0의 범위로 나타났고, EC 20.5 ~ 34.3 dS/m, 탁도 1.0 ~ 225.0 mg/L, SS 1.667 ~ 433.500 mg/L, BOD 0.7 ~ 5.2 mg/L, CODcr 20.800 ~ 65.000 mg/L, T-N 2.053 ~ 26.222 mg/L, T-P 0.018 ~ 0.099 mg/L, NO₃-N 0.226 ~ 6.394 mg/L, PO₄-P 0.078 ~ 0.078 mg/L, TOC 3.0 ~ 18.5의 범위로 나타났다. NH₄-N 0.022 ~ 14.392 mg/L로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.8, 표준편차 1.4로 나타났고, EC 30 ± 5.1 dS/m, 탁도 2.4 ± 1.7 mg/L, SS 105.7 ± 165.3 mg/L, BOD 48.3 ± 17.9 mg/L, CODcr 9.4 ± 5.2 mg/L, T-N 8.162 ± 9.227 mg/L, T-P 0.074 ± 0.029 mg/L, NO₃-N 2.90 ± 1.04 mg/L, NO₂-N N.S PO₄-P 0.28 ± 0.45 mg/L, TOC 1.98 ± 2.13 로 나타났다. NH₄-N 3.986 ± 5.498 mg/L로 나타났다.

<표 3-19> 기존지점 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차														
	N	pH	DO (mg/L)	EC (ds/m)	탁도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
FW-1	18	5.9±2.1	8.1±1.5	29.7±46.2	1.6±0.9	14.2±17.2	4.1±3	4.5±7.3	1.9±1.3	3.28±1.886	0.626±1.345	1.339±0.688	0.431±0.723	0.037±0.008	0.031±0.018
FW-2	18	6.1±2.2	7.7±1.4	35.4±60.1	1±0.7	12.9±13.3	4±3	6.1±7.3	3±3.8	2.999±1.614	0.476±1.334	1.335±0.639	0.391±0.72	0.039±0.01	0.034±0.017
FW-3	18	6.1±2.4	7.8±1.4	35.5±67.1	1.2±0.8	13.9±14.8	4.4±3.3	9.7±16.1	4.3±7.8	3.139±1.277	0.523±1.511	1.507±0.742	0.486±0.919	0.041±0.01	0.033±0.019
FW-4	18	6.1±2.4	7.6±1.6	35.7±50.2	1.1±0.7	12.9±12.4	4.4±2.7	8.3±9.7	5.3±7.5	3.268±1.928	0.423±1.093	1.694±1.176	0.699±1.106	0.027±0.001	0.042±0.022
FW-5	18	6.2±2.3	7.5±1.5	37.8±68.6	1.1±0.8	13.1±11.3	5.2±3.5	7.5±15.2	4.6±3.2	2.42±0.861	0.414±1.124	1.309±0.733	0.403±0.733	0.032±0.01	0.044±0.029
FW-6	18	6.5±2.6	7.5±0.6	21.2±30.1	1.2±0.7	11.6±9.7	4.4±2.9	4.4±7.5	5.4±5.1	2.252±0.712	0.073±0.068	1.285±0.582	0.158±0.129	ND	0.034±0.021
FW-7	18	7.1±3	7.6±0.6	15.4±19.7	1.1±0.5	9.7±12	5±7.9	1.9±2.6	7.9±10.7	1.963±0.677	0.101±0.176	1.138±0.493	0.206±0.182	ND	0.034±0.026
FP-3	4	6.8±1.4	6±1.1	30±5.1	2.4±1.7	48.3±17.9	9.4±5.2	49.4±88	105.7±165.3	8.162±9.227	0.074±0.029	2.273±2.137	3.986±5.498	ND	0.038±0.025

* ND: not detected

<표 3-20>는 FW 기준 지점의 강우시 모니터링의 지점별 수질 자료의 평균 및 표준 편차를 나타내었다. 강우시 수질 농도 비교 결과 질소 계열과 TOC 값을 제외한 다른 항목들에서는 전반적으로 밭 지점을 모니터링 한 FP-1 시료에서 가장 높은 값을 나타내었다. 반면 질소계열 수질 분석 값과 TOC 농도는 축산 농가에서 발생하는 유출수를 모니터링 한 FP-3 시료에서 가장 높은 값을 나타내었다. 축산 농가를 기준으로 축산 농가 상류지점인 FW-5 지점과 FW-4 지점의 농도 비교 결과 T-N, NO₃, NH₄, T-P, PO₄ 항목은 농도가 높아지는 것으로 나타났으나 하류로 가면서 다시 낮아지는 경향을 보였다. 반면 SS의 경우 농도 축산 농가를 기준으로 농도가 높아지지 않는 것으로 조사되었다.

FW-1에서 pH는 3.1 ~ 8의 범위로 나타났고, EC 4.3 ~ 132.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 900.0 mg/L, SS 0.7 ~ 892.0 mg/L, BOD 0.4 ~ 7.5 mg/L, COD_{Cr} 0.8 ~ 121.0 mg/L, T-N 1.075 ~ 3.290 mg/L, T-P 0.023 ~ 0.452 mg/L, NO₃-N 0.036 ~ 2.507 mg/L, NH₄-N 0.018 ~ 0.689 mg/L, PO₄-P 0.013 ~ 0.364 mg/L, TOC 0.6 ~ 45.1의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.9, 표준편차 0.9로 나타났고, EC 26.3±32.4 dS/m, 탁도 53.3±138.5 mg/L, SS 52.5±136.8 mg/L, BOD 2.4±1.6 mg/L, COD_{Cr} 25.6±29.6 mg/L, T-N 2.135±0.595 mg/L, T-P 0.143±0.108 mg/L, NO₃-N 1.125±0.616 mg/L, NH₄-N 0.216±0.141 mg/L, PO₄-P 0.107±0.082 mg/L, TOC 8.0±7.9로 나타났다.

FW-4에서 pH는 2.3 ~ 7.87의 범위로 나타났고, EC 6.17 ~ 215.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 1704.0 mg/L, SS 0.1 ~ 1266.0 mg/L, BOD 0.6 ~ 7.5 mg/L, COD_{Cr} 1.6 ~ 116.0 mg/L, T-N 1.203 ~ 4.619 mg/L, T-P 0.023 ~ 0.686 mg/L, NO₃-N 0.212 ~ 3.215 mg/L, NH₄-N 0.002 ~ 1.234 mg/L, PO₄-P 0.012 ~ 0.672 mg/L, TOC 0.4 ~ 30.3의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.7, 표준편차 0.9로 나타났고, EC 7.4±0.7 dS/m, 탁도 131.3±299.1 mg/L, SS 102.1±229.8 mg/L, BOD 2±1.6 mg/L, COD_{Cr} 19.0±24.8 mg/L, T-N 2.348±0.749mg/L, T-P 0.160±0.146 mg/L, NO₃-N 1.392±0.717 mg/L, NH₄-N 0.284±0.238 mg/L, PO₄-P 0.111±0.115 mg/L, TOC 7.7±6.8로 나타났다.

FW-5에서 pH는 4.7 ~ 7.8의 범위로 나타났고, EC 4.1 ~ 133.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 1862.0 mg/L, SS 0.7 ~ 1795.0 mg/L, BOD 0.4 ~ 4.5 mg/L, COD_{Cr} 1.8 ~ 59.2 mg/L, T-N 0.093 ~ 3.364 mg/L, T-P 0.034 ~ 0.453 mg/L, NO₃-N 0.022 ~ 2.055 mg/L, NH₄-N 0.002 ~ 0.297 mg/L, PO₄-P 0.015 ~ 0.383 mg/L, TOC 0.4 ~ 16.1의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.9, 표준편차 0.6로 나타났고, EC 22.3±30.3 dS/m, 탁도 153.5±387 mg/L, SS 148.6±365.2 mg/L, BOD 1.9±1.1 mg/L, COD_{Cr} 15.8±14.4 mg/L, T-N 1.785±0.734 mg/L, T-P 0.129±0.099 mg/L, NO₃-N 0.834±0.578 mg/L, NH₄-N 0.154±0.099 mg/L, PO₄-P 0.097±0.081

mg/L, TOC 5.3 ± 4.2 로 나타났다.

FW-7에서 pH는 6.2 ~ 8.43의 범위로 나타났고, EC 3.4 ~ 114.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 591.0 mg/L, SS 0.2 ~ 1036.0 mg/L, BOD 0.5 ~ 5.1 mg/L, COD_{Cr} 1.2 ~ 44.6 mg/L, T-N 0.985 ~ 3.587 mg/L, T-P 0.030 ~ 0.453 mg/L, NO₃-N 0.022 ~ 2.175 mg/L, NH₄-N 0.002 ~ 0.414 mg/L, PO₄-P 0.014 ~ 0.329 mg/L, TOC 0.4 ~ 31.0의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.2, 표준편차 0.5로 나타났고, EC 12.6 ± 20.3 dS/m, 탁도 55.5 ± 111.8 mg/L, SS 62.4 ± 174.5 mg/L, BOD 1.8 ± 1.3 mg/L, COD_{Cr} 10.3 ± 10.4 mg/L, T-N 1.932 ± 0.609 mg/L, T-P 0.116 ± 0.096 mg/L, NO₃-N 1.069 ± 0.562 mg/L, NH₄-N 0.189 ± 0.104 mg/L, PO₄-P 0.087 ± 0.08 mg/L, TOC 4.1 ± 5.3 로 나타났다.

FP-1에서 pH는 4.9 ~ 7.64의 범위로 나타났고, EC 1.2 ~ 82.1 dS/m, 탁도 2.0 ~ 3912.0 mg/L, SS 1.2 ~ 2,782.0 mg/L, BOD 0.7 ~ 10.2 mg/L, COD_{Cr} 4.2 ~ 190.0 mg/L, T-N 1.011 ~ 4.420 mg/L, T-P 0.029 ~ 9.795 mg/L, NO₃-N 0.041 ~ 2.221 mg/L, NH₄-N 0.011 ~ 1.123 mg/L, PO₄-P 0.021 ~ 9.651 mg/L, TOC 0.0 ~ 81.4의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.6, 표준편차 0.8로 나타났고, EC 19.0 ± 27.5 dS/m, 탁도 790.6 ± 1030.4 mg/L, SS 563.8 ± 742 mg/L, BOD 4.8 ± 2.9 mg/L, COD_{Cr} 48.6 ± 47.3 mg/L, T-N 2.29 ± 0.987 mg/L, T-P 0.893 ± 2.314 mg/L, NO₃-N 1.022 ± 0.761 mg/L, NH₄-N 0.414 ± 0.319 mg/L, PO₄-P 0.810 ± 2.294 mg/L, TOC 16.4 ± 22.1 로 나타났다.

FP-2에서 pH는 2.6 ~ 7.38의 범위로 나타났고, EC 5.5 ~ 68.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 380.0 mg/L, SS 1.0 ~ 262.7 mg/L, BOD 0.3 ~ 4.4 mg/L, COD_{Cr} 2.1 ~ 51.2 mg/L, T-N 1.240 ~ 5.427 mg/L, T-P 0.023 ~ 0.601 mg/L, NO₃-N 0.049 ~ 4.213 mg/L, NH₄-N 0.126 ~ 0.683 mg/L, PO₄-P 0.019 ~ 0.555 mg/L, TOC 0.7 ~ 36.1의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.2, 표준편차 1.1로 나타났고, EC 17.9 ± 13.7 dS/m, 탁도 48.5 ± 93.1 mg/L, SS 35.4 ± 64.5 mg/L, BOD 1.4 ± 0.9 mg/L, COD_{Cr} 15.2 ± 14.0 mg/L, T-N 2.58 ± 1.175 mg/L, T-P 0.179 ± 0.163 mg/L, NO₃-N 1.627 ± 1.139 mg/L, NH₄-N 0.241 ± 0.168 mg/L, PO₄-P 0.139 ± 0.132 mg/L, TOC 6.6 ± 8.5 로 나타났다.

FP-3에서 pH는 3.0 ~ 7.32의 범위로 나타났고, EC 1.0 ~ 640.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 97.0 mg/L, SS 0.3 ~ 50.7 mg/L, BOD 0.3 ~ 7.6 mg/L, COD_{Cr} 4.2 ~ 146.4 mg/L, T-N 1.050 ~ 12.595 mg/L, T-P 0.027 ~ 0.421 mg/L, NO₃-N 0.025 ~ 11.392 mg/L, NH₄-N 0.026 ~ 8.795 mg/L, PO₄-P 0.015 ~ 0.356 mg/L, TOC 1.3 ~ 164.0의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 5.9, 표준편차 1.1로 나타났고, EC 93.1 ± 163.6 dS/m, 탁도 17.4 ± 23.7 mg/L, SS 15.1 ± 14.4 mg/L, BOD 2.6 ± 2 mg/L,

COD_{Cr} 29.5±29 mg/L, T-N 4.168±3.279 mg/L, T-P 0.138±0.097 mg/L, NO₃-N 1.843±2.203 mg/L, NH₄-N 1.441±2.37 mg/L, PO₄-P 0.097±0.086 mg/L, TOC 18.3±34.3로 나타났다.

<표 3-20> 기존 지점 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차														
	N	pH	DO	EC (ds/m)	탁도	BOD (mg/L)	CODcr (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
FW1	42	6.9±0.9	7.2±0.7	26.3±32.4	53.3±138.5	2.4±1.6	25.6±29.6	8±7.9	52.5±136.8	2.135±0.559	0.143±0.108	1.125±0.616	0.216±0.141	ND	0.107±0.082
FW4	43	6.7±0.9	7.4±0.7	40.5±52.1	131.3±299.1	2±1.6	19±24.8	7.7±6.8	102.1±229.8	2.348±0.749	0.16±0.146	1.392±0.717	0.284±0.238	ND	0.111±0.115
FW5	32	6.9±0.6	7.5±0.6	22.3±30.3	153.5±387	1.9±1.1	15.8±14.4	5.3±4.2	148.6±365.2	1.785±0.734	0.129±0.099	0.834±0.578	0.154±0.099	ND	0.097±0.081
FW7	36	7.2±0.5	7.8±0.6	12.6±20.3	55.5±111.8	1.8±1.3	10.3±10.4	4.1±5.3	62.4±174.5	1.932±0.609	0.116±0.096	1.069±0.562	0.189±0.104	ND	0.087±0.08
FP1	16	6.6±0.8	6.6±1.5	19±27.5	790.6±1030.4	4.8±2.9	48.6±47.3	16.4±22.1	563.8±742	2.29±0.987	0.893±2.314	1.022±0.761	0.414±0.319	ND	0.81±2.294
FP2	17	6.2±1.1	6.6±0.6	17.9±13.7	48.5±93.1	1.4±0.9	15.2±14	6.6±8.5	35.4±64.5	2.58±1.175	0.179±0.163	1.627±1.139	0.241±0.168	ND	0.139±0.132
FP3	26	5.9±1.1	7.2±1	93.1±163.6	17.4±23.7	2.6±2	29.5±29	18.3±34.3	15.1±14.4	4.168±3.279	0.138±0.097	1.843±2.203	1.441±2.37	ND	0.097±0.086

* ND: not detected

(다) 3차년도 모니터링 결과

<표 3-21>과 <표 3-22>는 산간지역 3차 연도 연구 대상유역인 영천시 북안천 유역의 수질항목 및 지점별 수질 분석 결과이다. 산간지역 3차 모니터링 지점의 모니터링 결과를 비강우시와 강우로 구분하여 평균농도 및 표준편차를 비교하였다. SS와 탁도는 FW-2 지점에서 가장 높은 값을 보였다. 이는 FW-2 지점 부근에서 하천정비공사의 영향이 미친 것으로 보여진다. 오탉방지막 등을 설치하였으나, 하류탁수발생의 원인으로 작용한 것으로 보여진다. T-N, NO₂, NO₃, NH₄는 FW-3 지점에서 가장 높은 값을 보였다. FW-3 지점은 돈사의 밀집도가 가장 높은 지점이며, 유역면적과 전체적인 축산농가의 밀집도 보다는 돈사의 밀집도가 높은지점을 통과 후 질소계열 농도가 급증한 것으로 나타났다.

FW-1에서 pH는 5.3 ~ 8.9의 범위로 나타났고, EC 24.5 ~ 47.1 dS/m, 탁도 0.0 ~ 8.0 mg/L, SS 1.4 ~ 5.8 mg/L, BOD 0.6 ~ 1.6 mg/L, COD_{Cr} 3.2 ~ 23.4 mg/L, T-N 2.870 ~ 6.360 mg/L, T-P 0.049 ~ 0.278 mg/L, NO₃-N 0.038 ~ 2.542 mg/L, NH₄-N 0.003 ~ 0.343 mg/L, NO₂-N 0.007 ~ 1.864 mg/L, PO₄-P 0.011 ~ 0.081 mg/L, TOC 2.9 ~ 8.4 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 8, 표준편차 1.1로 나타났고, EC 37.1±7.2 dS/m, 탁도 2.6±2.9 mg/L, SS 3.2±1.5 mg/L, BOD 1.1±0.4 mg/L, COD_{Cr} 10.9±6.7 mg/L, T-N 4.109±1.095 mg/L, T-P 0.143±0.086 mg/L, NO₃-N 0.249±0.71 mg/L, NH₄-N 0.169±0.118 mg/L, NO₂-N 1.028±0.611 mg/L, PO₄-P 0.06±0.022 mg/L, TOC 5.5±1.7 mg/L DO 9.2±1.4 mg/L로 나타났다.

FW-2에서 pH는 6.2 ~ 8.7의 범위로 나타났고, EC 30.4 ~ 60.2 dS/m, 탁도 2.0 ~ 22.0 mg/L, SS 4.4 ~ 17.4 mg/L, BOD 0.1 ~ 2.1 mg/L, COD_{Cr} 4.6 ~ 23.9 mg/L, T-N 3.815 ~ 6.566 mg/L, T-P 0.054 ~ 0.241 mg/L, NO₃-N 0.105 ~ 2.681 mg/L, NH₄-N 0.051 ~ 0.514 mg/L, NO₂-N 0.014 ~ 2.260 mg/L, PO₄-P 0.022 ~ 0.200 mg/L, TOC 2.5 ~ 8.7 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.5, 표준편차 0.8로 나타났고, EC 43.2±11 dS/m, 탁도 10.5±6.1 mg/L, SS 8.2±3.7 mg/L, BOD 1.2±0.6 mg/L, COD_{Cr} 10.8±6.2 mg/L, T-N 4.474±0.821 mg/L, T-P 0.161±0.059 mg/L, NO₃-N 0.347±0.825 mg/L, NH₄-N 0.254±0.124 mg/L, NO₂-N 1.014±0.725 mg/L, PO₄-P 0.094±0.059 mg/L, TOC 5.7±2.1 mg/L DO 8.9±1.2 mg/L로 나타났다.

FW-3에서 pH는 6.5 ~ 8.3의 범위로 나타났고, EC 27.0 ~ 46.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 5.0 mg/L, SS 0.4 ~ 9.6 mg/L, BOD 0.4 ~ 2.5 mg/L, COD_{Cr} 6.4 ~ 26.4 mg/L, T-N 3.216 ~ 7.270 mg/L, T-P 0.028 ~ 0.312 mg/L, NO₃-N 0.027 ~ 3.922 mg/L, NH₄-N 0.056 ~ 0.717 mg/L, NO₂-N 0.013 ~ 3.276 mg/L, PO₄-P 0.019 ~ 0.121 mg/L, TOC 2.3 ~ 5.6 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.3, 표

준편차 0.7로 나타났고, EC 36.8 ± 6.2 dS/m, 탁도 2.1 ± 2 mg/L, SS 3.6 ± 2.9 mg/L, BOD 1.4 ± 0.8 mg/L, COD_{Cr} 12.7 ± 8.1 mg/L, T-N 5.157 ± 1.229 mg/L, T-P 0.127 ± 0.089 mg/L, NO₃-N 0.578 ± 1.439 mg/L, NH₄-N 0.282 ± 0.194 mg/L, NO₂-N 1.512 ± 1.109 mg/L, PO₄-P 0.06 ± 0.033 mg/L, TOC 4.0 ± 1.0 mg/L DO 8.9 ± 1.2 mg/L로 나타났다.

FW-'4에서 pH는 6.0 ~ 8.4의 범위로 나타났고, EC 23.6 ~ 38.9 dS/m, 탁도 0.0 ~ 7.0 mg/L, SS 0.4 ~ 5.8 mg/L, BOD 0.3 ~ 1.9 mg/L, COD_{Cr} 4.0 ~ 29.4 mg/L, T-N 3.152 ~ 5.861 mg/L, T-P 0.055 ~ 0.384 mg/L, NO₃-N 0.012 ~ 3.586 mg/L, NH₄-N 0.013 ~ 0.380 mg/L, NO₂-N 0.015 ~ 3.319 mg/L, PO₄-P 0.010 ~ 0.122 mg/L, TOC 2.2 ~ 6.7 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.1, 표준편차 0.7로 나타났고, EC 32.5 ± 5 dS/m, 탁도 2.4 ± 2.2 mg/L, SS 3.4 ± 1.8 mg/L, BOD 1.0 ± 0.5 mg/L, COD_{Cr} 15.0 ± 9.6 mg/L, T-N 4.223 ± 0.819 mg/L, T-P 0.17 ± 0.117 mg/L, NO₃-N 0.441 ± 0.955 mg/L, NH₄-N 0.204 ± 0.151 mg/L, NO₂-N 1.235 ± 1.088 mg/L, PO₄-P 0.045 ± 0.032 mg/L, TOC 4 ± 1.4 mg/L DO 7.9 ± 1.3 mg/L로 나타났다.

FW-'5에서 pH는 6.2 ~ 7.9의 범위로 나타났고, EC 16.8 ~ 33.5 dS/m, 탁도 0.0 ~ 8.0 mg/L, SS 1.8 ~ 7.2 mg/L, BOD 0.1 ~ 2.0 mg/L, COD_{Cr} 2.8 ~ 25.6 mg/L, T-N 1.994 ~ 6.008 mg/L, T-P 0.044 ~ 0.269 mg/L, NO₃-N 0.010 ~ 1.070 mg/L, NH₄-N 0.001 ~ 0.526 mg/L, NO₂-N 0.006 ~ 0.733 mg/L, PO₄-P 0.011 ~ 0.051 mg/L, TOC 2.4 ~ 5.9 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.1, 표준편차 0.6로 나타났고, EC 28.7 ± 5.3 dS/m, 탁도 3.3 ± 2.5 mg/L, SS 4.0 ± 1.7 mg/L, BOD 1.0 ± 0.7 mg/L, COD_{Cr} 13.0 ± 6.8 mg/L, T-N 3.348 ± 1.264 mg/L, T-P 0.122 ± 0.073 mg/L, NO₃-N 0.118 ± 0.332 mg/L, NH₄-N 0.216 ± 0.166 mg/L, NO₂-N 0.618 ± 0.251 mg/L, PO₄-P 0.027 ± 0.013 mg/L, TOC 4.7 ± 1.2 mg/L DO 8.0 ± 0.8 mg/L로 나타났다.

FW-'6에서 pH는 5.5 ~ 7.6의 범위로 나타났고, EC 11.1 ~ 298.8 dS/m, 탁도 0.0 ~ 12.0 mg/L, SS 1.2 ~ 8.8 mg/L, BOD 0.3 ~ 2.5 mg/L, COD_{Cr} 6.0 ~ 27.5 mg/L, T-N 2.176 ~ 5.184 mg/L, T-P 0.049 ~ 0.335 mg/L, NO₃-N 0.011 ~ 1.204 mg/L, NH₄-N 0.005 ~ 0.310 mg/L, NO₂-N 0.006 ~ 2.260 mg/L, PO₄-P 0.016 ~ 0.037 mg/L, TOC 2.4 ~ 6.0 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.9, 표준편차 0.6로 나타났고, EC 66.9 ± 95 dS/m, 탁도 4.0 ± 3.7 mg/L, SS 4.3 ± 2.3 mg/L, BOD 1.1 ± 0.8 mg/L, COD_{Cr} 14.2 ± 6.8 mg/L, T-N 3.171 ± 1.049 mg/L, T-P 0.119 ± 0.097 mg/L, NO₃-N 0.342 ± 0.416 mg/L, NH₄-N 0.147 ± 0.099 mg/L, NO₂-N 0.504 ± 0.783 mg/L, PO₄-P 0.026 ± 0.006 mg/L, TOC 4.9 ± 1.1 mg/L DO 8.2 ± 0.9 mg/L로 나타났다.

<표 3-21> 신규 지점 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차														
	N	pH	DO (mg/L)	EC (ds/m)	탁도 (NTU)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
FW-'1	8	8±1.1	9.2±1.4	37.1±7.2	2.6±2.9	1.1±0.4	10.9±6.7	5.5±1.7	3.2±1.5	4.109±1.095	0.143±0.086	0.249±0.71	0.169±0.118	1.028±0.611	0.06±0.022
FW-'2	8	7.5±0.8	8.9±1.2	43.2±11	10.5±6.1	1.2±0.6	10.8±6.2	5.7±2.1	8.2±3.7	4.474±0.821	0.161±0.059	0.347±0.825	0.254±0.124	1.014±0.725	0.094±0.059
FW-'3	7	7.3±0.7	8.9±1.5	36.8±6.2	2.1±2	1.4±0.8	12.7±8.1	4±1	3.6±2.9	5.157±1.229	0.127±0.087	0.578±1.439	0.282±0.194	1.512±1.109	0.06±0.033
FW-'4	8	7.1±0.7	7.9±1.3	32.5±5	2.4±2.2	1±0.5	15±9.6	4±1.4	3.4±1.8	4.223±0.819	0.17±0.117	0.441±0.955	0.204±0.151	1.235±1.088	0.045±0.032
FW-'5	7	7.1±0.6	8±0.8	28.7±5.3	3.3±2.5	1±0.7	13±6.8	4.7±1.2	4±1.7	3.348±1.264	0.122±0.073	0.118±0.332	0.216±0.166	0.618±0.251	0.027±0.013
FW-'6	7	6.9±0.6	8.2±0.9	66.9±95	4±3.7	1.1±0.8	14.2±6.8	4.9±1.1	4.3±2.3	3.171±1.049	0.119±0.097	0.342±0.416	0.147±0.099	0.504±0.783	0.026±0.006

FW 신규 유역의 강우 모니터링 결과 T-N, NO₃, NO₂, NH₄, T-P, PO₄ 농도는 FW-'3 지점에서 가장 높은 값을 보였으며, SS와 탁도는 FW-'1 지점에서 가장 높은 값을 나타내었다.

FW-'1에서 pH는 5.0 ~ 8.9의 범위로 나타났고, EC 20.0 ~ 45.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 0.0 mg/L, SS 0.7 ~ 118.4 mg/L, BOD 0.4 ~ 8.2 mg/L, COD_{Cr} 4.0 ~ 32.8 mg/L, T-N 2.480 ~ 11.153 mg/L, T-P 0.012 ~ 0.661 mg/L, NO₃-N 0.042 ~ 7.006 mg/L, NH₄-N 0.024 ~ 0.657 mg/L, NO₂-N 0.008 ~ 0.236mg/L, PO₄-P 0.001 ~ 0.314 mg/L, TOC 2.1 ~ 10.5의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.4, 표준편차 0.6로 나타났고, EC 34.7 ± 6.6 dS/m, 탁도 78.4 ± 151.5 mg/L, SS 18.8 ± 34 mg/L, BOD 2.4 ± 2.1 mg/L, COD_{Cr} 14.1 ± 6.8 mg/L, T-N 6.968 ± 2.46 mg/L, T-P 0.249 ± 0.19 mg/L, NO₃-N 2.996 ± 2.004 mg/L, NH₄-N 0.158 ± 0.138 mg/L, NO₂-N 0.074 ± 0.066 , PO₄-P 0.108 ± 0.087 mg/L, TOC 5.9 ± 2.0 로 나타났다.

FW-'3에서 pH는 5.2 ~ 8.2의 범위로 나타났고, EC 20.0 ~ 335.0 dS/m, 탁도 1.0 ~ 1.0 mg/L, SS 1.2 ~ 52.2 mg/L, BOD 0.1 ~ 10.0 mg/L, COD_{Cr} 5.0 ~ 37.0 mg/L, T-N 6.007 ~ 12.396 mg/L, T-P 0.021 ~ 0.691 mg/L, NO₃-N 0.865 ~ 7.448 mg/L, NH₄-N 0.032 ~ 2.392 mg/L, NO₂-N 0.041 ~ 0.942mg/L, PO₄-P 0.001 ~ 0.480 mg/L, TOC 3.0 ~ 11.0의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.2, 표준편차 0.5로 나타났고, EC 43.1 ± 50.6 dS/m, 탁도 46.6 ± 87.6 mg/L, SS 11.6 ± 1.5 mg/L, BOD 2.6 ± 2.3 mg/L, COD_{Cr} 15.1 ± 7.1 mg/L, T-N 9.057 ± 1.834 mg/L, T-P 0.277 ± 0.166 mg/L, NO₃-N 3.896 ± 1.856 mg/L, NH₄-N 0.267 ± 0.404 mg/L, NO₂-N 0.3 ± 0.238 , PO₄-P 0.148 ± 0.112 mg/L, TOC 6.1 ± 2 로 나타났다.

FW-'4에서 pH는 4.0 ~ 7.7의 범위로 나타났고, EC 14.0 ~ 40.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 0.0 mg/L, SS 0.7 ~ 80.8 mg/L, BOD 0.2 ~ 9.0 mg/L, COD_{Cr} 5.1 ~ 42.0 mg/L, T-N 2.698 ~ 11.723 mg/L, T-P 0.051 ~ 0.604 mg/L, NO₃-N 0.516 ~ 7.292 mg/L, NH₄-N 0.032 ~ 1.443 mg/L, NO₂-N 0.006 ~ 0.187 mg/L, PO₄-P 0.000 ~ 0.335 mg/L, TOC 2.1 ~ 17.3의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.1, 표준편차 0.8로 나타났고, EC 29.6 ± 6.3 dS/m, 탁도 33.2 ± 53.9 mg/L, SS 17.8 ± 20.8 mg/L, BOD 2.5 ± 2.3 mg/L, COD_{Cr} 20.8 ± 9.7 mg/L, T-N 7.243 ± 2.449 mg/L, T-P 0.239 ± 0.135 mg/L, NO₃-N 3.294 ± 2.001 mg/L, NH₄-N 0.164 ± 0.241 mg/L, NO₂-N 0.042 ± 0.041 mg/L, PO₄-P 0.101 ± 0.085 mg/L, TOC 5.6 ± 2.7 로 나타났다.

FW-'5에서 pH는 3.8 ~ 7.9의 범위로 나타났고, EC 10.0 ~ 41.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 0.0 mg/L, SS 0.3 ~ 46.8 mg/L, BOD 0.2 ~ 7.1 mg/L, COD_{Cr} 5.7 ~ 50.2 mg/L, T-N 2.213 ~ 8.801 mg/L, T-P 0.043 ~ 0.424 mg/L, NO₃-N 0.059 ~ 5.630 mg/L, NH₄-N 0.012 ~ 0.334 mg/L, NO₂-N 0.008 ~ 0.194mg/L, PO₄-P 0.000 ~

0.155 mg/L, TOC 3.0 ~ 9.0의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.3, 표준편차 0.8로 나타났고, EC 25.5 ± 8.5 dS/m, 탁도 36.1 ± 59.3 mg/L, SS 11.1 ± 12.7 mg/L, BOD 2 ± 1.7 mg/L, COD_{Cr} 22.6 ± 10.4 mg/L, T-N 5.819 ± 1.874 mg/L, T-P 0.186 ± 0.094 mg/L, NO₃-N 2.42 ± 1.606 mg/L, NH₄-N 0.131 ± 0.091 mg/L, NO₂-N 0.031 ± 0.038 , PO₄-P 0.062 ± 0.047 mg/L, TOC 5.8 ± 1.5 로 나타났다.

FW-'6에서 pH는 4.0 ~ 8.0의 범위로 나타났고, EC 9.7 ~ 42.0 dS/m, 탁도 0.0 ~ 0.0 mg/L, SS 0.4 ~ 70.2 mg/L, BOD 0.3 ~ 6.4 mg/L, COD_{Cr} 5.3 ~ 38.2 mg/L, T-N 1.642 ~ 11.153 mg/L, T-P 0.022 ~ 0.455 mg/L, NO₃-N 0.223 ~ 0.5113 mg/L, NH₄-N 0.034 ~ 0.717 mg/L, NO₂-N 0.002 ~ 0.203 mg/L, PO₄-P 0.000 ~ 0.111 mg/L, TOC 2.9 ~ 9.4의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.2, 표준편차 0.8로 나타났고, EC 25.7 ± 9 dS/m, 탁도 43.7 ± 80.2 mg/L, SS 13.7 ± 19.1 mg/L, BOD 1.7 ± 1.4 mg/L, COD_{Cr} 19.5 ± 9.1 mg/L, T-N 5.496 ± 2.083 mg/L, T-P 0.163 ± 0.104 mg/L, NO₃-N 2.367 ± 1.572 mg/L, NH₄-N 0.154 ± 0.142 mg/L, NO₂-N 0.027 ± 0.04 mg/L, PO₄-P 0.044 ± 0.032 mg/L, TOC 5.9 ± 1.5 로 나타났다.

<표 3-22> 신규 지점 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차														
	N	pH	DO (mg/L)	EC (ds/m)	탁도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO ₃ -N (mg/L)	NH ₄ -N (mg/L)	NO ₂ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)
FW-'1	37	7.4±0.6	5.9±1.8	34.7±6.6	78.4±151.5	2.4±2.1	14.1±6.8	5.9±2	18.8±34	6.968±2.46	0.249±0.19	2.996±2.004	0.158±0.138	0.074±0.066	0.108±0.087
FW-'3	35	7.2±0.5	6±1.2	43.1±50.6	46.6±87.6	2.6±2.3	15.1±7.1	6.1±2	11.6±15	9.057±1.834	0.277±0.166	3.896±1.856	0.267±0.404	0.3±0.238	0.148±0.112
FW-'4	35	7.1±0.8	6.3±1.1	29.6±6.3	33.2±53.9	2.5±2.3	20.8±9.7	5.6±2.7	17.8±20.8	7.243±2.449	0.239±0.135	3.294±2.001	0.164±0.241	0.042±0.041	0.101±0.085
FW-'5	32	7.3±0.8	6.7±1.2	25.5±8.5	36.1±59.3	2±1.7	22.6±10.4	5.8±1.5	11.1±12.7	5.819±1.874	0.186±0.094	2.42±1.606	0.131±0.091	0.031±0.038	0.062±0.047
FW-'6	32	7.2±0.8	6.7±1.2	25.7±9	43.7±80.2	1.7±1.4	19.5±9.1	5.9±1.5	13.7±19.1	5.496±2.083	0.163±0.104	2.367±1.572	0.154±0.142	0.027±0.04	0.044±0.032

(2) 유량가중평균농도 (EMC) 분석

(가) EMC 산정결과 (FW 기준 유역)

정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 본 연구에서는 정기 모니터링 결과를 바탕으로 평시 부하량을 산정하였으며, 강우에 의한 오염부하를 파악하기 위해 강우시 부하량에서 평시 부하량을 제외하고 EMC를 산정하였다. 지점별로 유량자료가 없는 경우는 산정하지 않았으며, 산정 결과는 <표 3-23> 및 <그림 3-52> ~ <그림 3-54>에 수록하였다.

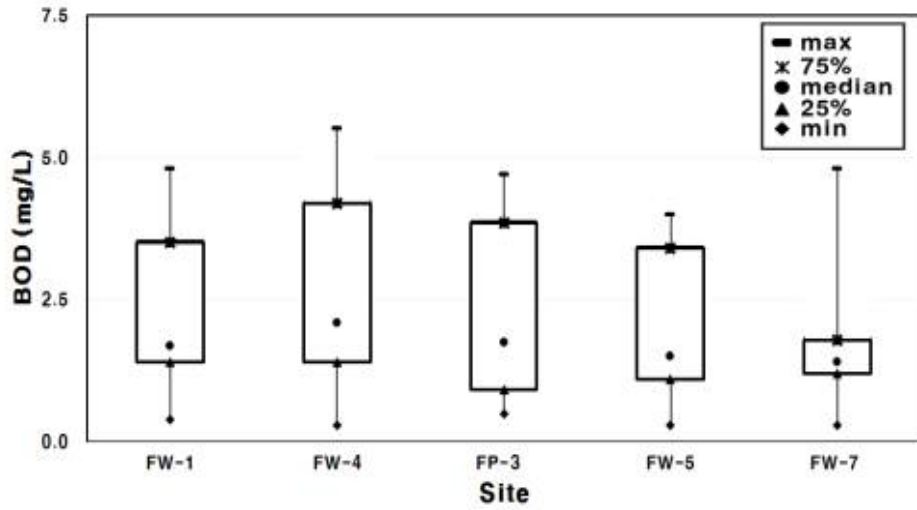
산정 결과를 살펴보면, BOD의 경우 FW-1에서 0.4 - 4.8 mg/L, FW-4에서 0.3 - 5.8 mg/L, FW-5에서 0.3 - 4.0 mg/L, FW-7에서 0.3 - 4.8 mg/L, FP-3의 경우 0.5 - 4.7 mg/L의 범위를 보였다. T-N의 경우 FW-1에서 0.748 - 2.796 mg/L, FW-4에서 0.898 - 3.610 mg/L, FW-5에서 0.734 - 2.734 mg/L, FW-7에서 0.635 - 3.071 mg/L, FP-3의 경우 0.307 - 5.478 mg/L의 범위를 보였다. T-P의 경우 FW-1에서 0.024 - 0.334 mg/L, FW-4에서 0.018 - 0.465 mg/L, FW-5에서 0.018 - 0.337mg/L, FW-7에서 0.016 - 0.312 mg/L, FP-3의 경우 0.363 - 4.761 mg/L의 범위를 보였다.

평균값을 살펴보면, 기존유역에서 FP-3 지역의 BOD, T-N, T-P 농도가 가장 높게 나타나며, 유역의 말단 지점에서도 상류와 비교 하여 수질 농도가 다소 증가한 경향을 나타내었다. BOD의 경우 FW-4 지점에서 가장 높은 값을 보였다. FW-4 지점은 축산 농가 하류 지점이며, 2013년 7월 폭우로 인하여 2차 연도에 산림재해 방지시설 조성 공사가 진행되어 강우시 탁수가 두밀천으로 유입되어 농도가 다소 높게 나타난 것으로 판단된다.

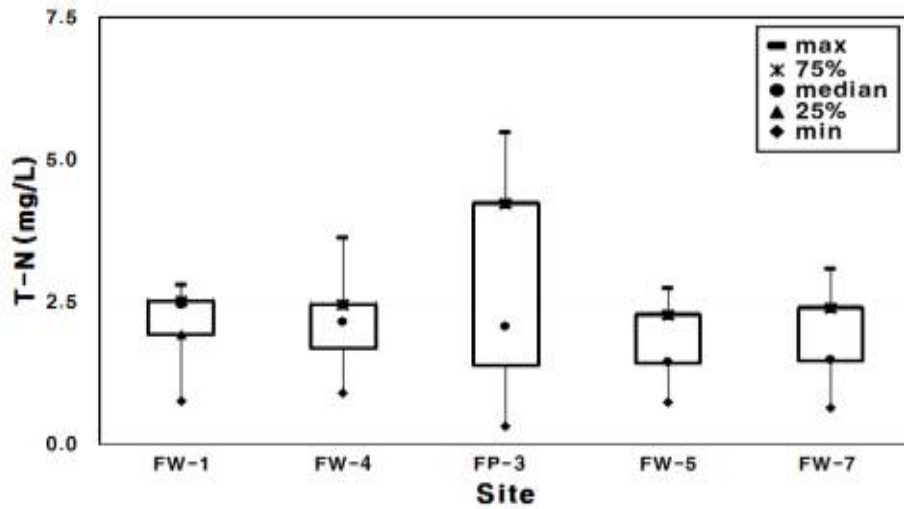
본 연구에서 EMC를 산정한 방법은 평시 수질 및 유량을 정하는 기준에 따라 값이 많이 달라질 수 있다. 따라서 합리적으로 평시 부하량을 제외하고 강우시의 영향을 파악할 수 있는 EMC 산정방법에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

<표 2-23> 산간지역 기존 지점 EMC 산정 결과

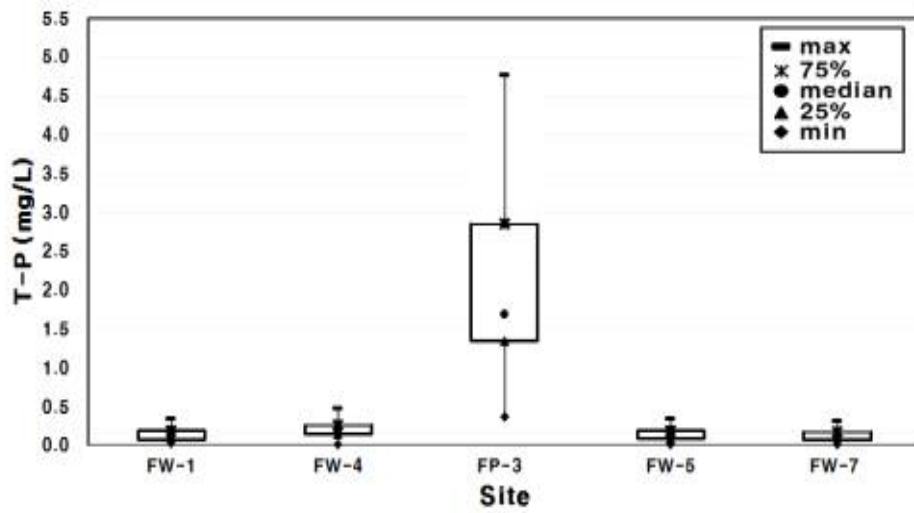
항목	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
지점 차수	FW-1 (mg/L)			FW-4 (mg/L)			FW-5 (mg/L)			FW-7 (mg/L)			FP-3 (mg/L)		
1차	3.5	2.039	0.054	5.8	1.724	0.041	2.7	1.023	0.083	3.5	1.835	0.047	4.4	5.840	3.500
2차	1.6	1.830	0.160	2.9	1.690	0.180	1.5	1.420	0.110	1.4	1.470	0.090	3.6	2.900	1.640
3차	4.7	1.916	0.334	4.2	2.227	0.465	3.6	1.413	0.337	4.8	1.396	0.312	0.7	4.217	4.690
4차	N.S	N.S	N.S	5.5	1.605	0.177	1.0	1.282	0.017	1.8	1.464	0.078	4.6	5.478	N.S
5차	2.2	2.441	0.197	1.8	3.610	0.263	1.1	1.442	0.209	1.4	1.471	0.172	2.2	1.762	2.246
6차	4.8	2.482	0.118	5.0	2.136	0.144	3.4	1.753	0.080	3.6	2.503	0.103	4.7	5.018	4.761
7차	1.1	2.578	0.082	1.4	2.455	0.119	4.0	2.265	0.127	1.2	2.385	0.086	1.3	1.387	1.060
8차	1.4	2.510	0.066	2.1	2.140	0.201	1.2	2.581	0.112	0.5	2.345	0.063	0.5	2.059	1.440
9차	1.7	2.796	0.202	0.8	2.566	0.321	1.6	2.734	0.196	1.5	3.071	0.259	1.0	0.767	1.734
10차	0.4	0.748	0.024	0.3	0.898	0.018	0.3	0.734	0.018	0.3	0.635	0.016	N.D	0.307	0.363
평균	2.4	2.149	0.137	3.0	2.105	0.193	2.0	1.665	0.129	2.0	1.858	0.123	2.6	2.974	2.382



<그림 3-52> 기존 지점 EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-53> 기존 지점 EMC 산정 결과 (T-N)



<그림 3-54> 기존 지점 EMC 산정 결과 (T-P)

(나) EMC 산정결과 (FW 신규 유역)

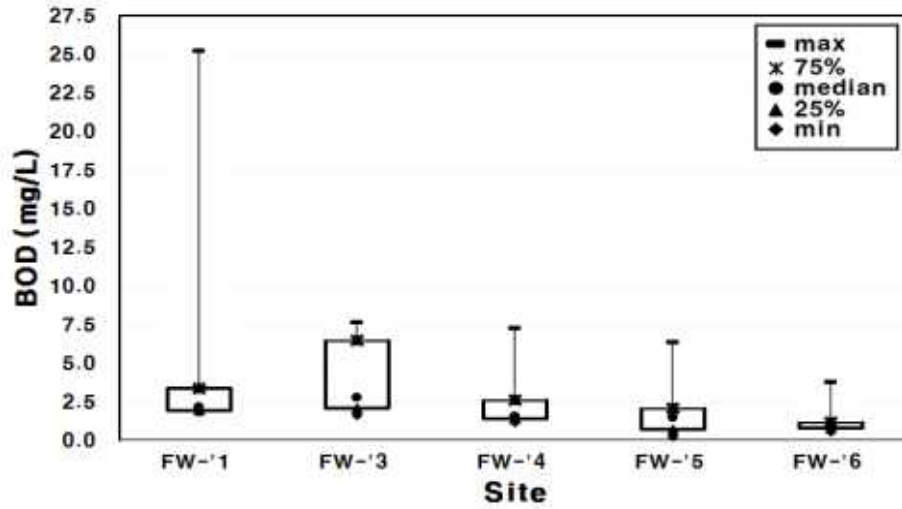
<표 3-24> 및 <그림 3-55> - <그림 3-57>는 신규 유역의 정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 강우에 의한 오염부하를 파악하기 위해 강우시 부하량에서 평시 부하량을 제외하고 EMC를 산정하였다.

산정 결과를 살펴보면, BOD의 경우 FW-'1에서 1.87 mg/L ~25.18 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'3에서 1.65 mg/L ~7.67 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'4에서 1.24 mg/L ~7.23 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'5에서 0.28 mg/L ~6.32 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'6에서 0.58 mg/L ~10.1 mg/L 의 범위를 보였다. T-N의 경우 FW-'1에서 0.74 mg/L ~20.707 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'3에서 1.384 mg/L ~11.63 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'4에서 4.058 mg/L ~11.69 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'5에서 2.65 mg/L ~7.97 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'6에서 3.951 mg/L ~9.64 mg/L 의 범위를 보였다. T-P의 경우 FW-'1에서 0.025 mg/L ~1.806 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'3에서 0.122 mg/L ~0.5 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'4에서 0.116 mg/L ~0.38 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'5에서 0.053 mg/L ~0.27 mg/L 의 범위를 보였다. FW-'6에서 0.118 mg/L ~0.253 mg/L 의 범위를 보였다.

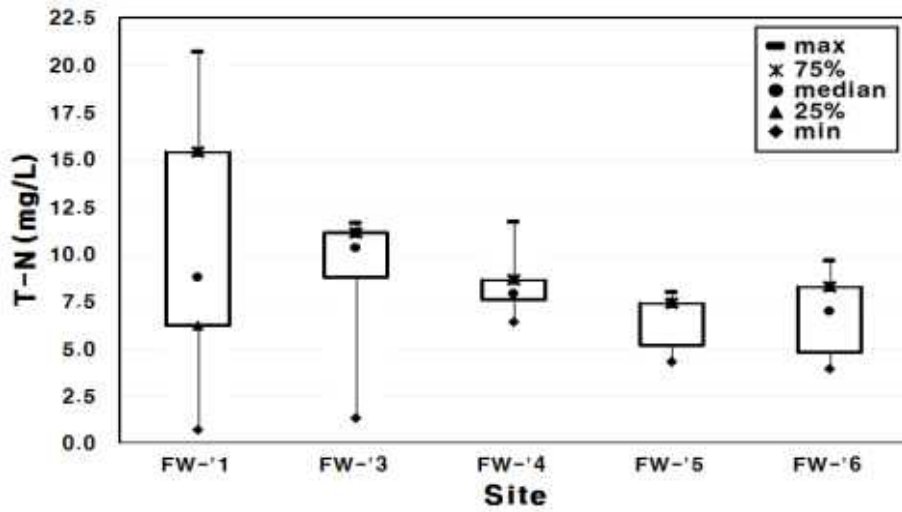
평균값을 살펴보면, 신규 유역의 경우 유역 면적이 넓어지는 하류로 갈수록 EMC 농도가 크게 나타났다. 본 연구에서 EMC를 산정한 방법은 평시 수질 및 유량을 정하는 기준에 따라 값이 많이 달라질 수 있다. 따라서 합리적으로 평시 부하량을 제외하고 강우시의 영향을 파악할 수 있는 EMC 산정방법에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

<표 3-24> 산간지역 신규 유역 지점별 EMC 산정 결과

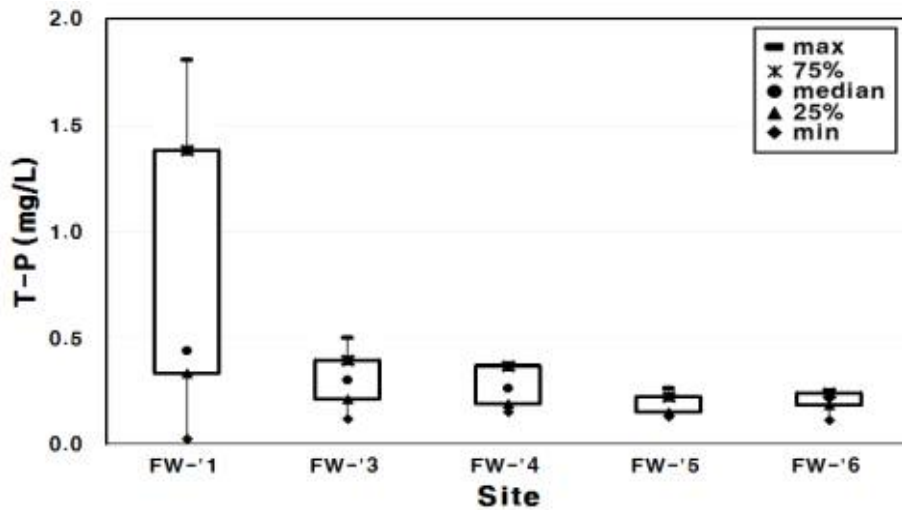
항목	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
날짜	FW-'1 (mg/L)			FW-'3 (mg/L)			FW-'4 (mg/L)			FW-'5 (mg/L)			FW-'6 (mg/L)		
1차	1.90	0.740	0.025	3.04	7.170	0.299	1.60	4.058	0.116	0.85	2.650	0.053	10.1	5.615	0.169
2차	1.87	6.287	0.332	7.67	1.384	0.122	1.45	7.589	0.155	0.28	4.333	0.154	0.580	3.951	0.253
3차	3.80	11.286	0.535	2.14	8.81	0.22	1.59	8.671	0.193	0.76	5.227	0.132	0.86	4.855	0.118
4차	25.18	20.707	1.664	6.51	11.63	0.50	7.23	11.69	0.37	6.32	7.41	0.22	3.78	9.64	0.22
5차	2.09	6.245	0.342	1.65	10.36	0.30	1.24	7.94	0.26	1.53	7.97	0.27	1.16	6.97	0.24
6차	2.35	16.815	1.806	2.83	11.17	0.39	2.64	6.43	0.38	2.14	7.43	0.22	1.23	8.27	0.19
평균	6.20	10.347	0.784	3.97	8.421	0.305	2.63	7.730	0.246	1.98	5.837	0.175	2.95	6.550	0.198



<그림 3-55> 신규 지점 EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-56> 신규 지점 EMC 산정 결과 (T-N)



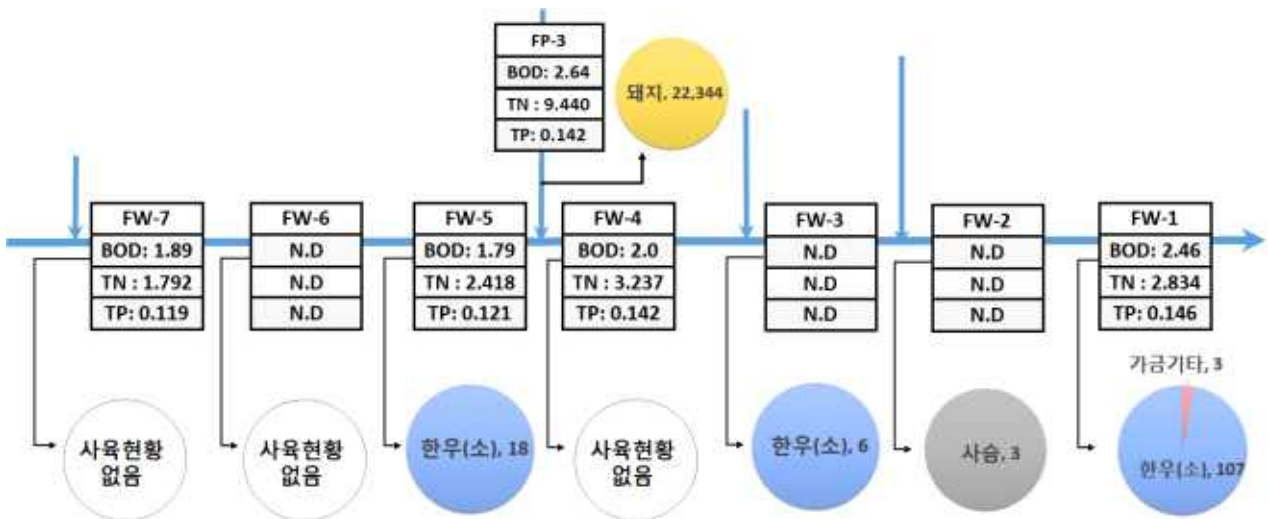
<그림 3-57> 신규 지점 EMC 산정 결과 (T-P)

나. 축산비점 특성 분석

(1) FW 기존 유역 수계 영향 분석

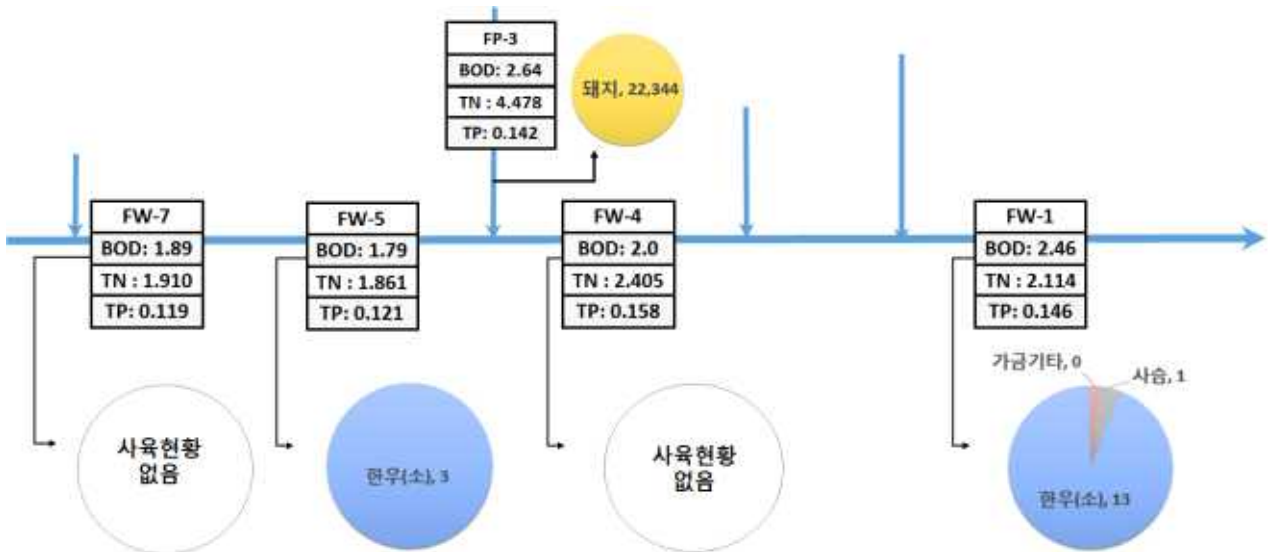
그림 <3-58>은 산간지역 기존유역 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. 기존 유역은 3차 연도 신규 유역과 비교하여 유역 내 총 가축 두수는 적지만 작은 면적에 돼지 농가가 밀집되어 있고, 퇴비화 시설이 포함되어 있어 고농도 축산 방류수가 하천으로 유입되는 것으로 나타났다.

수질분석 결과 BOD, T-N, T-P 모두 FP-3 지점에서 높은 값을 나타내었다. FP-3 지점은 단위 면적(ha)당 돼지 두수가 22,344 두로 나타났으며, 평시에는 고농도의 유출수가 간헐적으로 발생하여 하천으로 유입되었다. FW-4 지점의 BOD와 TP는 FP-3 지점에 의한 영향을 받는 것으로 나타났으며, 하류로 내려갈수록 수질 농도가 다소 증가하였지만 뚜렷한 차이를 보이지 않았다.



<그림 3-58> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정기 모니터링)

그림 <3-59>은 기존 유역의 정밀 모니터링 수질 평균값과 축산 현황을 나타내었다. 강우시 하천수의 평균농도가 평시 농도와 비교하여 높아진 것을 알 수 있다. 강우시 FW-1의 BOD와 T-P 농도가 평시와 비교하였을 때 증가하는 경향을 보였으며, 이는 상류 농경지 등의 오염원에서 발생하는 비점오염물질들이 원인이 된 것으로 판단된다.

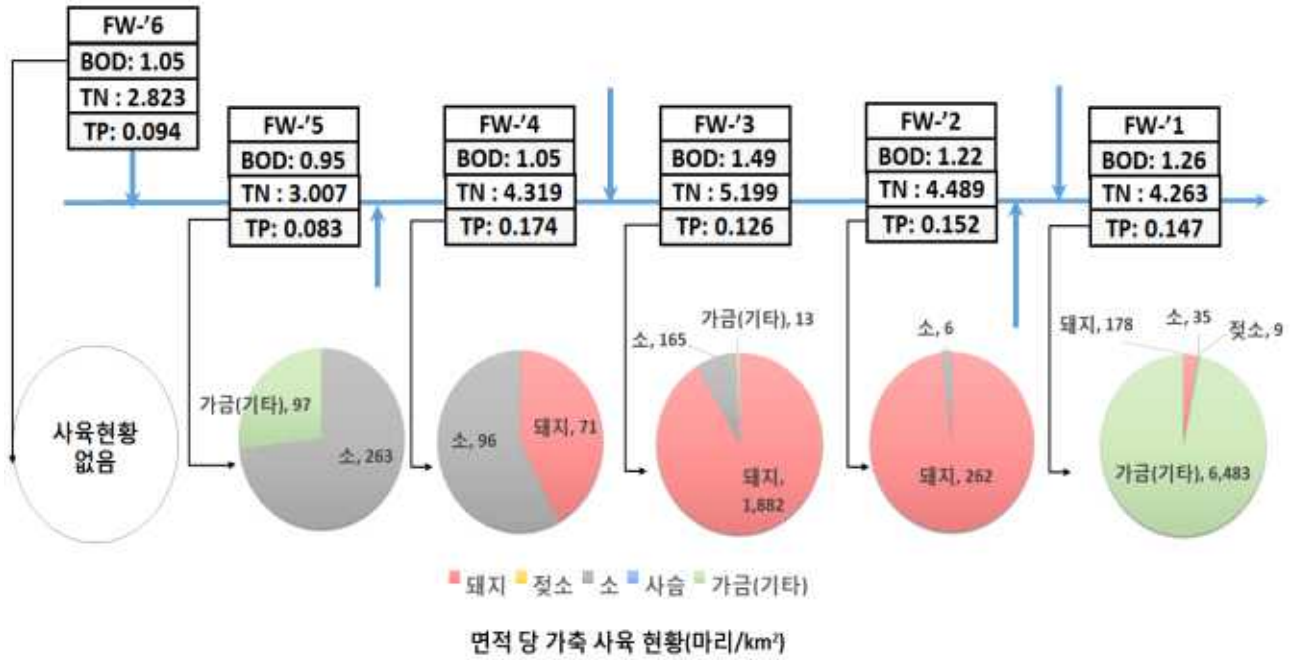


<그림 3-59> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정밀 모니터링)

(2) FW 신규 유역 수계 영향 분석

<그림 3-60>은 산간지역 신규 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내었다. T-N의 경우 FW-'6 지점에서 가장 낮은 값을 보였으며, BOD와 T-P는 FW-'5 지점에서 가장 낮은 값을 나타내었다. FW-'6 지점은 유역 상류에 위치하고 있으며, 가축 사육 현황이 없고 대부분 산림과 농경지로 이루어져 있다. FW-'5 지점은 북한천 발원지인 도유지에서 발생하는 유출수가 하천으로 합류되는 지점으로 유역 전체의 배경 농도라 볼 수 있다. BOD, T-N, T-P 항목 모두 FW-'3에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 하류로 갈수록 농도가 낮아지는 것으로 분석되었다. FW-'3 지점은 단위 면적(ha) 당 돼지가 1,882 마리로 전체유역의 58.8%가 분포하고 있는 것으로 나타났다.

가축 사육 현황이 없는 유역 상류 지점인 FW-'5와 FW-'6 지점의 농도와 비교하여 축사가 밀집되어 있는 지역의 농도가 높은 값을 나타낸 것으로 보아 축산계가 수질에 영향을 미치는 것으로 추측된다.

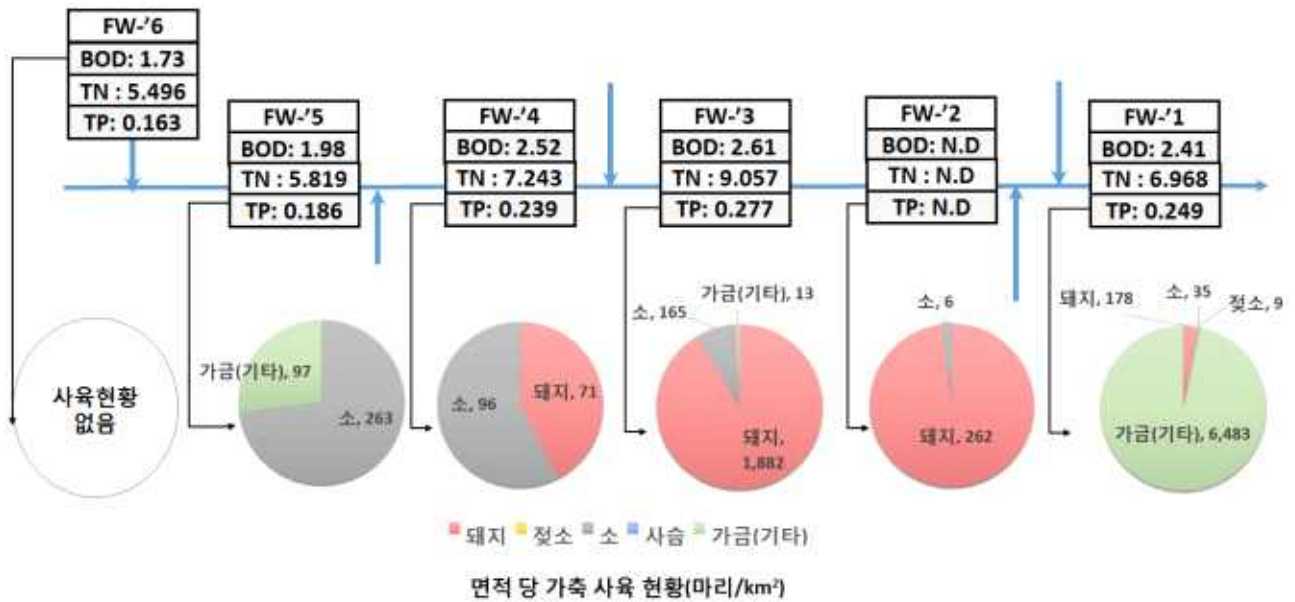


<그림 3-60> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정기 모니터링)

<그림 3-62>은 산간지역 신규 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내었다. FW-2 지점은 접근이 어려워 강우시 모니터링은 수행하지 못하였다. 전체적으로 강우시 정밀 모니터링 수질농도는 평시 수질농도와 비교하였을 때 높아진 것으로 나타났다. 하지만 수질 농도의 증가 폭이 크지 않는 것으로 미루어보아 축사에 의한 영향이라고 판단하기에는 어렵다. FW-3 지점의 돼지 농가들은 개별 처리 시설을 잘 갖추고 있는 것으로 조사되었다<그림 3-61>. 따라서 강우시 수질 농도의 증가는 축산 농가로부터 발생하는 오염원에 의한 영향보다는 상류 농경지 등의 오염원에서 발생하는 비점오염물질들이 원인이 된 것으로 판단된다.



<그림 3-61> FW-3 지점의 돼지사육 및 분뇨처리 현황



<그림 3-62> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정밀 모니터링)

(2) 수질 - 축산현황 상관관계 분석

유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였다. <표 3-25>와 <표 3-26>는 각각 비강우시와 강우시 축산현황과 수질 농도간의 상관분석 결과를 나타내었다. 단위면적당 농가의 수와 가축 두수에 대한 BOD, TN, TP 평균농도의 상관관계 분석결과 비강우시에는 BOD, T-N 농도가 농가수 및 가축두수와 유의 수준 99% 수준에서 상관관계가 높게 나타났다. 특히, 단위면적 당 돼지 두수와 BOD, TN 농도가 유의 수준이 99% 수준에서 상관관계가 높은 것으로 나타났으며, 그 외 축종들에 대해서는 상관성이 없는 것으로 나타났다.

반면, 강우시 상관분석 결과에서는 축산 현황과 수질과의 상관성이 없는 것으로 나타났다. 이는 강우시에는 축산 농가에 대한 영향보다는 그 외 기타 오염원으로부터 발생하는 비점오염물질이 하천 수질에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다. 또한, 1·2차 연도 대상지와 3차 연도 연구 대상지의 강우 유출 특성이 상이하고, 축사의 가축 분뇨 처리 형식이 다르기 때문에 단위면적 당 가축 두수에 대한 수질농도와의 상관성이 없는 것으로 판단된다.

산간지역 모니터링 결과 1·2차 연도 연구대상지와 3차 연도 연구 대상지 모두 평시에는 축산 농가가 하천 수질에 영향을 미치는 오염원으로 나타났다. 그러나 강우시에는 축사가 하천 수질에 미치는 영향이 크지 않으며, 축산 농가에 의한 영향보다는 상류 농경지 등의 기타 오염원에서 발생하는 비점오염물질들의 영향이 더 크게 미치는 것으로 추측된다. 산간 지역 대상유역 내 축사들의 경우 대부분 처리가 잘 이루어져 하천에 미치는 영향은 크지 않

은 것으로 조사되었다. 축사가 하천 수질에 미치는 영향은 축산폐수의 처리 방법과 처리시설의 유무에 따라 상이한 결과를 나타내는 것으로 보여진다.

<표 3-25> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

축산현황	구분	BOD	T-N	T-P
농가 수	Pearson 상관계수	0.125	0.405	-0.215
	유의확률 (양쪽)	0.671	0.151	0.461
	N	14	14	14
가축두수	Pearson 상관계수	0.784**	0.860**	-0.334
	유의확률 (양쪽)	0.001	0.000	0.243
	N	14	14	14
가금	Pearson 상관계수	-0.216	0.073	-0.169
	유의확률 (양쪽)	0.458	0.805	0.564
	N	14	14	14
돼지	Pearson 상관계수	0.865**	0.853**	-0.289
	유의확률 (양쪽)	0.000	0.000	0.316
	N	14	14	14
한우	Pearson 상관계수	-0.357	0.056	-0.121
	유의확률 (양쪽)	0.210	0.849	0.679
	N	14	14	14
사슴	Pearson 상관계수	0.062	-0.132	0.332
	유의확률 (양쪽)	0.834	0.653	0.246
	N	14	14	14
유우	Pearson 상관계수	-0.108	0.019	0.061
	유의확률 (양쪽)	0.838	0.971	0.908
	N	14	14	14

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함
 ** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

<표 3-26> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가 수	Pearson 상관계수	-0.361	0.223	0.100
	유의확률 (양쪽)	0.305	0.535	0.783
	N	10	10	10
가축두수	Pearson 상관계수	-0.206	-0.253	-0.147
	유의확률 (양쪽)	0.851	0.568	0.481
	N	10	10	10
가금	Pearson 상관계수	0.214	0.307	0.433
	유의확률 (양쪽)	0.554	0.388	0.211
	N	10	10	10
돼지	Pearson 상관계수	-0.295	-0.383	-0.311
	유의확률 (양쪽)	0.408	0.275	0.381
	N	10	10	10
한우	Pearson 상관계수	0.257	0.128	0.293
	유의확률 (양쪽)	0.474	0.725	0.411
	N	10	10	10
사슴	Pearson 상관계수	-0.485	0.122	-0.091
	유의확률 (양쪽)	0.155	0.737	0.802
	N	10	10	10
유우	Pearson 상관계수	0.557	0.867	0.670
	유의확률 (양쪽)	0.329	0.057	0.216
	N	5	5	5

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

제 2 절 평야지역 모니터링 결과

1. 유역현황 분석

가. 모니터링 지점 선정

(1) 대상유역 선정시 고려사항

대상유역 선정시 고려사항은 ① 수문 및 수질측정과 관련하여, 수문 및 수질측정의 용이성, 모니터링 현장접근성, 관측망, 장기적 관측의 안전성 등을 고려하였으며, ② 축산농가 모니터링과 관련해서는 축산사육두수, 축산농가 모니터링 면적, 축산분뇨처리방식 등 그리고 마지막으로 ③ 장비설치의 용이성, 주변현황 등을 고려하였다.

또한, 모니터링 지점 선정은 농업(경종, 축산) 비점오염원 모니터링 자료를 안정적으로 수집할 수 있고, 토지이용이 복잡하지 않으며, 배수계통이 단순하여 점원 및 비점오염원 유출 파악이 용이한 지점을 선정하였다. 또한 축산비점오염원의 배출 및 오염부하 특성분석을 분석하기 위하여, 배경 농도 및 부하량을 파악할 수 있는 배후유역과 축산비점이 유출되는 지점인 축사 및 농경지를 포함하는 유역 구분이 명확할 수 있도록 모니터링 지점을 선정하였다. 이를 통하여, 축산비점의 유출의 농도 및 부하량을 파악하여 비점오염 중 농업비점오염 및 축산비점오염원 영향분석을 하는 것이 목표이다.

(2) 선정된 후보지역 현장조사

평야지역 대상유역은 수문 및 수질측정의 용이성, 축산사육현황 등을 고려하여 남한강 하류 유역 내 청미천상류 유역을 선정하였으며, 집중 모니터링 후보지역으로 일죽면 유역, 근삼리 유역, 옥산리 유역을 선정하였다. 그리고 <그림 3-63>와 같이 현장조사를 실시하여 자체적으로 지표를 선정하여 점수를 산정하였고 <표 3-27>, 경기도 용인시 처인구 백암면 근삼리에 위치한 양가천 유역을 집중 모니터링 유역으로 선정하였다. 또한 3차년도에는 1, 2차년도 모니터링 지구와의 비교를 위해 기존 지구의 하류에 위치한 율곡천 유역을 추가로 선정하여 유역모니터링을 실시하였다.



<그림 3-63> 평야지역 대상유역 사전조사

<표 3-27> 평야지역 유역 선정을 위한 지표 및 세부지표

지 표	세부지표	지표를 고려한 적정성 여부				
		1	2	3	4	5
○ 접근성	- 연구기관과 연구지점과의 거리/시간			○		
	- 모니터링 조사 지점간의 거리				○	
	- 간선도로와 연구지점간의 접근성			○		
○ 유역현황	- 유역조사를 위한 유역의 크기				○	
	- 지류와 본류의 개수		○			
	- 유역 내 산간, 평야 포함 면적(70% 이상)				○	
	- 유역 내 경사도(20% 이하)					○
	- 유역 내 자원화물 사용량 확인 여부			○		
	- 유역 내 농경지(논 or 밭) 유무				○	
	- 유역 내 자원화물 사용 농경지 여부					○
○ 축산현황	- 하천과 축산시설의 거리			○		
	- 축산시설 내 가축두수(돼지 2,000두)				○	
	- 축산시설 내 자원화 시설 설치 여부					○
	- 분과노 발생량 확인 가능 여부				○	
○ 모니터링 지점	- 자원화물의 생산량/사용량 확인 가능 여부				○	
	- 정기 모니터링 지점 개수(10지점) 가능성		○			
	- 강우 모니터링 지점 개수(6지점) 가능성		○			
	- 모니터링 시설 설치의 용이성				○	
	- 유량 및 수위 측정의 용이성				○	
	- 수질시료 채취의 용이성				○	
○ 관련기관 협조	- 모니터링 시설 및 인력의 안정성			○		
	- 관련 공공기관 공무원의 협조 여부			○		
	- 유역 내 축산업자의 협조 여부		○			
○ 관련기관 협조	- 유역 내 영농·주민인의 협조 여부				○	
	- 유역 내 영농·주민인의 협조 여부				○	
총합계				85		

나. 모니터링 지점

평야지역 대상유역은 수문 및 수질측정의 용이성, 축산사육현황 등을 고려하여 남한강 하류 유역 내 청미천상류 유역을 선정하였으며, 집중 모니터링 유역으로 경기도 용인시 처인구 백암면 근삼리에 위치한 양가천 유역을 선정하였다. <그림 3-64>은 대상유역 및 모니터링 지점의 위치를 나타내고 있으며, 하천에 위치한 모니터링 지점의 경우 각 지점을 말단으로 하는 유역의 형상을 표시하였다. 또한 3차년도에는 1, 2차년도 모니터링 지구와의 비교를 위해 기존 지구의 하류에 위치한 율곡천 유역을 추가로 선정하여 유역모니터링을 실시하였다.



<그림 3-64> 평야지역 모니터링 유역

(1) 유역단위 모니터링

축사가 밀집된 근삼리 유역에서의 수문 및 수질모니터링 설계는 양가천 (근삼리 유역 실개천)을 따라 이루어지며, 청미천유역을 포함하는 PW-01지점부터 배후유역(산림) 출구점인 PW-05지점, 축사의 영향을 분석하기 위한 PW-06, PW-07 지점 및 유역 내 위치한 가리산저수지 (PP-03)을 모니터링 지점으로 선정하였다.

율곡천 유역의 경우 율곡천의 말단부에 위치한 PW-`1지점부터 상류유역이 산림과 골프장으로만 이루어진 PW-`4지점까지 4개 지점을 선정하였다. 각 모니터링 지점 사이에는 축산농가 및 농경지가 산재되어 있어 하천 수질 농도, 부하량 등의 비교를 통해 유역내 축산이 하천 수질에 영향을 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

<표 3-28> 유역단위 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법

일련 번호	지점	측정인자	조사방법	측정방법
1	PW-01 (청미천유역출구점)	유출량	국토해양부 측정자료 사용	
		수질	수작업 및 한강물환경연구소 측정자료 사용	
2	PW-02 (청미천상류유역 하천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업 및 자동채수기
3	PW-03 (양가천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업 및 자동채수기
4	PW-04 (양가천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업 및 자동채수기
5	PW-05 (산림유역)	유출량	유량조사	부자식수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업 및 자동채수기
6	PW-06 (농수로: 측사 이후)	유출량	-	-
		수질	정기	수작업
7	PW-07 (농수로: 측사 이전)	유출량	-	-
		수질	정기	수작업
8	PW-`1 (울곡천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업
9	PW-`2 (울곡천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업
10	PW-`3 (울곡천 지류하천)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업
11	PW-`4 (산림, 골프장 유역)	유출량	유량조사	초음파수위계
		수질	정기 및 정밀	수작업
12	PP-03 (가리산 저수지)	유출량	-	-
		수질	정기	수작업

PW-07 지점과 PW-06 지점의 경우, 배후유역에서 나온 물이 농업용수로를 따라서 지나가게 된다. <그림 3-65>에서와 같이 배후유역에서 유출된 물은 PW-07지점을 지나 측사를 거쳐서 PW-06지점으로 향하게 되는데, 측사에서 나오는 비점오염원의 영향을 분석하기 위하여, 수질 모니터링을 실시하였다.



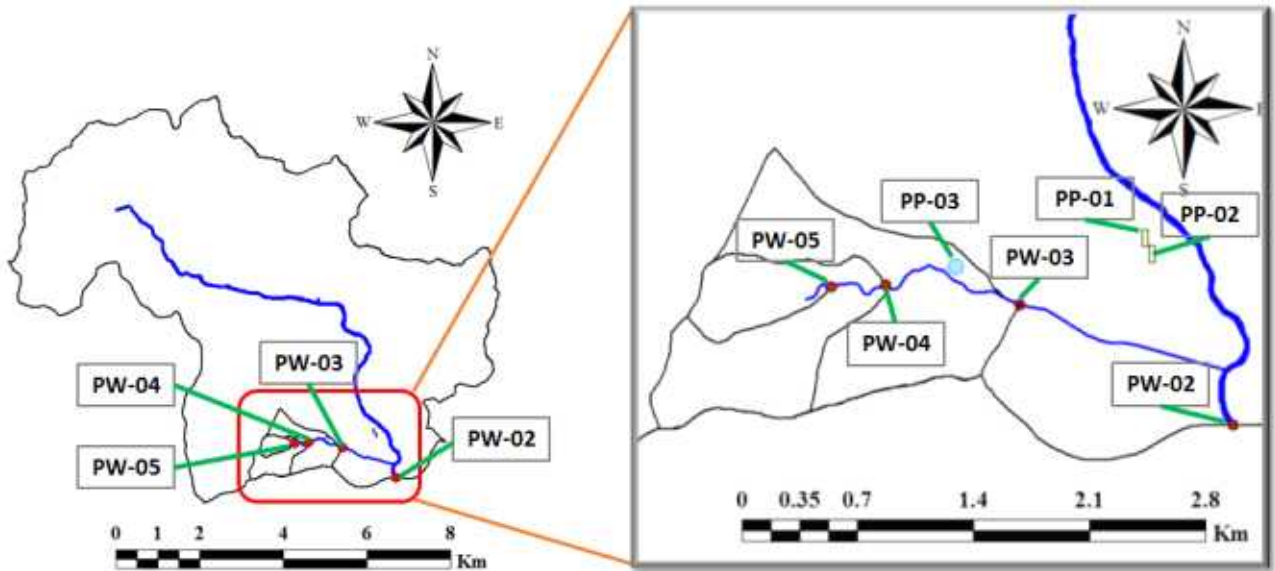
<그림 3-65> PW-06, PW-07 모니터링 지점

PW-05 지점은 산림유역에서 나오는 유량 및 산림 배출부하량을 모니터링하기 위한 곳으로 축산 비점배출부하량 중 배경농도를 측정하기 위한 배후유역이다. 1차년도에 선정한 지점의 경우 비가 많이 올 때를 제외하고는 물이 흐르지 않아 지점을 새롭게 선정하였다. 초음파수위계를 통해 수위를 측정하였고, 유량 측정을 통해 수위-유량 곡선식을 새롭게 작성하였다. 그리고 정기 및 정밀조사 시 직접 채수를 하였다.

PW-04지점의 경우 근삼리 유역의 상류 중간에 위치한 지점으로 축산 밀집구역의 시작점이라 할 수 있다. PW-04지점의 모니터링을 통해 축산밀집구역 전, 후를 비교할 수 있다. 초음파수위계를 통해 수위를 측정하고, 유량 측정을 통해 수위-유량곡선을 작성하였다. 그리고 자동채수기를 설치해 정밀조사 시에 활용하였으며, 정기조사 시에는 직접 채수를 하였다.

PW-03지점은 축산밀집구역을 지나온 지점으로 PW-04와 비교하여, 축사에서 나오는 비점오염원의 영향을 파악할 수 있다. 초음파수위계를 통해 수위를 측정하고, 유속 측정을 통해 수위-유량곡선을 작성하였다.

PW-02지점은 근삼리 유역을 포함하는 청미천상류 유역 일부의 출구점으로서 보가 설치된 지점이다. 타 지점과 마찬가지로 초음파 수위계를 통해 수위를 측정하고, 유량 측정을 통해 수위-유량곡선을 작성하여 유량자료를 생성하였다.



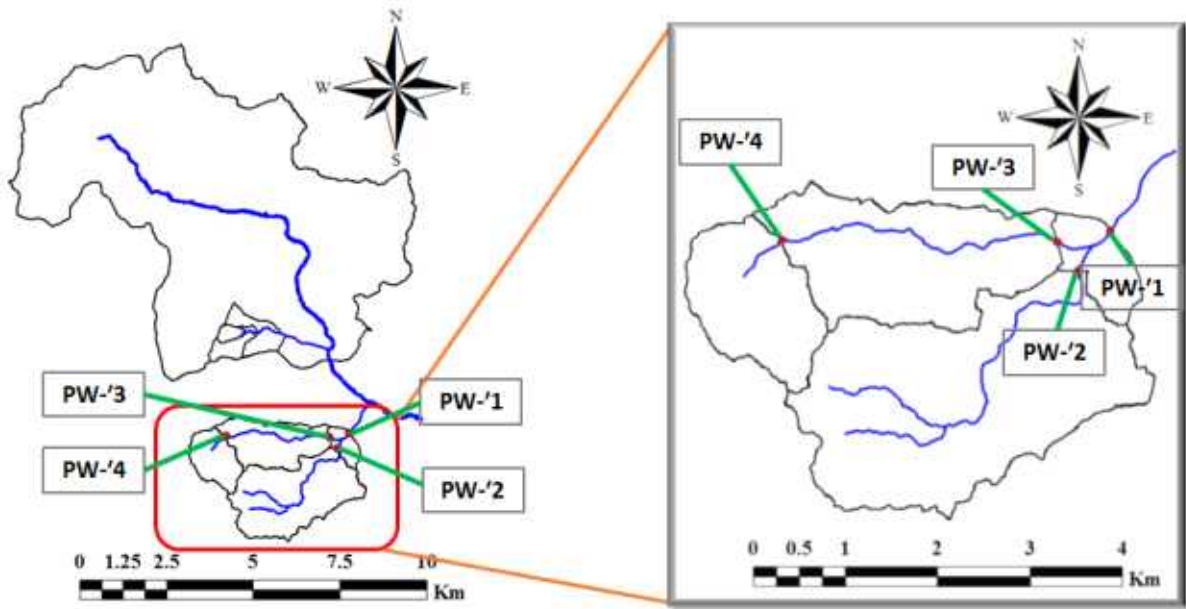
<그림 3-66> 기존유역 모니터링 지점 (양가천 유역)

PW-`4 지점은 상류유역이 산림 및 골프장으로 이루어져 있다. PW-05 지점과 마찬가지로 배경농도 및 부하량을 산정하기 위해 선정하였다. 초음파수위계를 설치하여 수위를 측정하였으며, 정기적인 유량 측정을 통해 수위-유량 곡선을 작성하고 이를 이용하여 유량자료를 구축하였다. 수질 모니터링은 정기 및 정밀조사를 수작업으로 실시하였다.

PW-`3 지점은 율곡천 중류에 위치한 지점으로, 지류하천이 합류하기 이전에 위치하고 있다. PW-`4와 PW-`3 사이에는 축산 농가들과 농경지들이 산재하고 있어, 이들에 의한 수질변화를 분석할 수 있을 것으로 사료된다. PW-`4와 마찬가지로 초음파수위계를 이용하여 수위를 측정하고 수위-유량 곡선을 통해 유량을 산정하였으며, 정기 및 정밀 수질 모니터링을 실시하였다.

PW-`2 지점은 율곡천에 합류하는 지류하천의 말단으로, 측방 유입 농도를 측정하기 위해 선정하였다. PW-`2 지점 상류에는 주거지, 농경지, 축산 시설 등이 다양하게 산재하고 있다. 초음파수위계를 이용하여 수위를 측정하고 수위-유량 곡선을 통해 유량을 산정하였으며, 정기 및 정밀 수질 모니터링을 실시하였다.

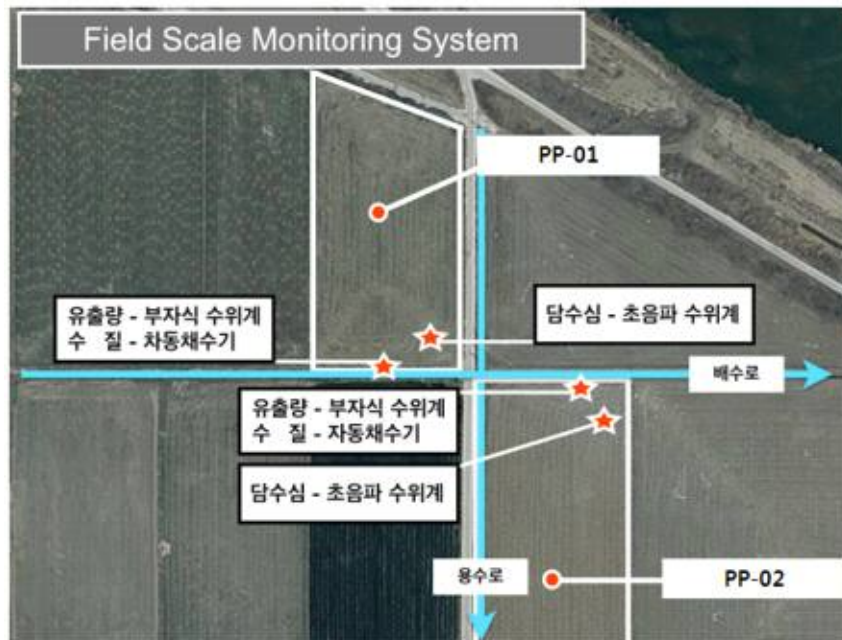
PW-`1 지점은 율곡천 유역의 말단 지점으로, 타 지점과 마찬가지로 초음파 수위계를 통해 수위를 측정하고 수위-유량곡선을 작성하여 유량자료를 생성하였으며, 정기 및 정밀 수질 모니터링을 실시하였다.



<그림 3-67> 3차년도 신규유역 모니터링 지점 (울곡천 유역)

(2) 포장단위 모니터링

포장단위 모니터링 지점으로 2개의 논 (PP-01, PP-02)를 선정하였다<그림 3-68>. 사용되는 비료의 종류에 따른 비점오염 배출부하 특성을 분석하기 위해, 액비를 사용하는 논 (PP-01)과 일반적인 관행을 따라 화학비료를 사용하는 논 (PP-02)를 선정하였다. 본 연구대상지의 두 포장은 위치가 가까워 기상특성이 같고, 토양특성 및 영농기법이 거의 동일하기 때문에 비점오염 유출 특성의 비교 및 평가가 가능할 것으로 기대된다.



<그림 3-68> 포장단위 모니터링

<표 3-29>는 포장지점별 측정인자 및 측정방법을 나타낸 것이다. PP-01, PP-02 모두 담수심, 유출량, 수질을 측정하였다. 담수심 측정에는 초음파수위계, 유출량 측정에는 부자식 수위계 그리고 수질샘플링은 평시 조사에서는 수작업을 통해 이루어졌으며, 집중조사 및 강우시는 시간별 수질을 확인하기 위하여 자동채수기를 이용하였다. 논의 배출구를 통해 배출되는 유량을 측정하기 위해 플룸을 설치하였으며, 부자식 수위계를 통해 유출 수위를 측정하였다. 담수심을 측정하기 위한 초음파 수위계 자료는 10분간의 평균적인 수면의 높이를 측정하며, 10분 간격으로 데이터가 저장된다. 유출량을 측정하기 위한 부자식 수위계의 경우도 10분 간격으로 데이터가 저장된다.

<표 3-29> 포장단위 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법

일련 번호	지점	측정인자	측정방법
1	PP-01 (액비 사용 논)	담수심	초음파수위계
		유출량	부자식수위계
		수질	수작업 및 자동채수기
2	PP-02 (화학비료 사용 논)	담수심	초음파수위계
		유출량	부자식수위계
		수질	수작업 및 자동채수기

<그림 3-69>, <그림 3-70>은 PP-01, PP-02 포장의 자동채수기, 초음파수위계, 플룸 장비가 설치된 전경이다.



<그림 3-69> PP-01 모니터링 장비 설치 전경



<그림 3-70> PP-02 모니터링 장비 설치 전경

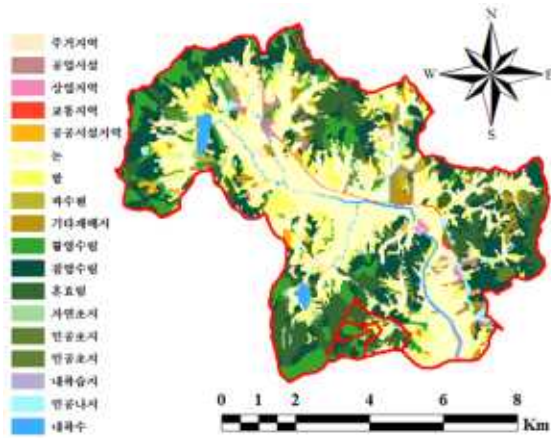
다. 지점별 유역현황

지점별 유역면적 및 토지이용 현황과 토지이용도는 아래 <표 3-30> 및 <그림 3-71>과 같다. 지점 PW-02를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 62.0 km² 으로 시가화 건조지역은 7.5%, 농업지역은 42.8%, 산림지역은 42.3%, 초지 4.0%, 습지 0.1%, 나지 1.2%, 그리고 수역은 2.2%의 비중을 차지하고 있다. 지점 PW-03를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 2.1 km²이며, 이중 시가화 건조지역은 0.7%, 농업지역은 25.5%, 산림지역 72.2%, 초지 0.5%, 습지 0%, 나지 0%, 그리고 수역은 1.2%의 비중을 차지하고 있다. 지점 PW-04를 말단으로 하는 유역은 1.0 km²의 면적을 차지하고 있는데 이 중 농업지역은 12.7%, 산림지역은 86.2%를 차지하고 있으며, 지점 PW-05를 말단으로 하는 유역은 0.3 km²의 면적 가지며, 산림이 97.5%로 대부분을 차지하며 농업지역은 2.5%를 차지하고 있다.

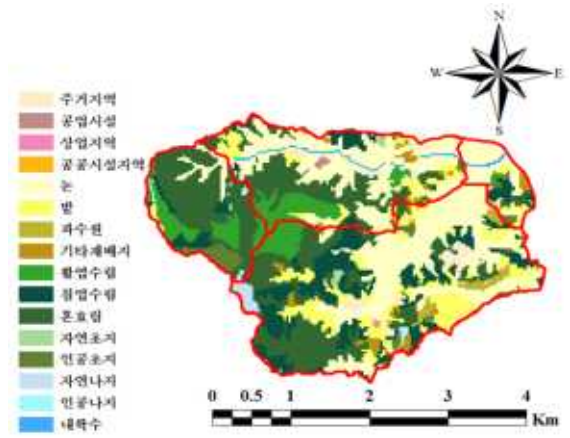
지점 PW-`1을 말단으로 하는 신규 모니터링 유역의 총 면적은 12.3 km²으로 시가화 건조지역은 3.2%, 농업지역은 46.8%, 산림지역은 47.1%, 초지 1.8%, 나지 0.28%, 그리고 수역은 0.9%의 비중을 차지하고 있다. 지점 PW-`2를 말단으로 하는 유역의 총 면적은 6.4 km²으로, 시가화 건조지역은 3.7%, 농업지역 50.7%, 산림지역 43.6%, 초지 1.6%, 나지 0.1%, 수역 0.2%의 비중을 차지하고 있다. PW-`3을 말단으로 하는 유역은 총 면적 5.3 km²이며, 시가화 건조지역 2.3%, 농업지역 38.2%, 산림지역 55.1%, 초지 1.8%, 나지 1.1%, 수역 1.6%로 구성되어 있다. PW-`4를 말단으로 하는 유역은 총 면적 1.9 km²이며, 농업지역 15.4%, 산림지역 83.6%로 유역의 대부분을 차지하고 있으며, 나지 0.7%, 수역 0.3%를 차지하고 있다.

<표 3-30> 하천 모니터링 지점별 유역면적 및 토지이용 현황

지점명	PW-02	PW-03	PW-04	PW-05	PW-`1	PW-`2	PW-`3	PW-`4
시가화지역(%)	7.5	0.7	0.0	0.0	3.2	3.7	2.3	0.0
농업지역 (%)	42.8	25.5	12.7	2.5	46.8	50.7	38.2	15.4
산림지역 (%)	42.3	72.2	86.2	97.5	47.1	43.6	55.1	83.6
초지 (%)	4.0	0.5	1.0	0.0	1.7	1.6	1.8	0.0
습지 (%)	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
나지 (%)	1.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	1.1	0.7
수역 (%)	2.2	1.2	0.0	0.0	0.9	0.2	1.6	0.3
면적 (km ²)	62.0	2.1	1.0	0.3	12.3	6.4	5.3	1.9



(a) 기존 구역 (PW-02)



(b) 신규 구역 (PW-1)

<그림 3-71> 모니터링 구역 토지이용도

<표 3-31>는 대상구역의 행정구역 현황을 보여주고 있다. PW-02, PW-03, PW-04, PW-05를 말단으로 하는 구역은 모두 경기도 용인시 처인구에 위치하고 있으며, PW-03, PW-04, PW-05의 경우 근삼리 안에 위치한다. PW-02의 경우 백암면 뿐만이 아니라 원삼면에도 걸쳐있어 백암면의 가좌리, 가창리, 근곡리, 근창리, 박곡리, 백암리와 원삼면의 가재월리, 두창리, 맹리, 미평리, 사암리, 좌향리를 모두 포함하며, 백암면의 근삼리와 백봉리는 일부만 포함되어 있다.

신규구역의 경우, PW-1, PW-2를 말단으로 하는 구역은 경기도 용인시 처인구와 안성시 삼죽면에 위치하고 있으며, PW-3, PW-4를 말단으로 하는 구역은 경기도 용인시 처인구에 위치하고 있다. PW-1은 용인시 처인구의 석천리 안에 위치하고 있으며, PW-2는 경기도 용인시 처인구의 석천리와 장평리에 걸쳐있다. PW-3은 경기도 용인시 처인구의 석천리와 안성시 울곡리에 걸쳐있으며, PW-4는 앞선 석천리, 울곡리, 장평리와 함께 경기도 용인시 처인구 옥산리가 포함되어 있다.

<표 3-31> 대상유역 행정구역 현황

지점명	행 정 구 역			
	시도	시군구	읍면동	리
PW-02	경기도	용인시 처인구	백암면	가좌리, 가창리, 근곡리, 근삼리 근창리, 박곡리, 백봉리, 백암리
			원삼면	가재월리, 두창리, 맹리 미평리, 사암리, 좌항리
PW-03			백암면	근삼리
PW-04			백암면	근삼리
PW-05			백암면	근삼리
PW-`1		용인시 처인구	백암면	석천리, 장평리, 옥산리
		안성시	삼죽면	울곡리
PW-`2		용인시 처인구	백암면	석천리
		안성시	삼죽면	울곡리
PW-`3		용인시 처인구	백암면	석천리, 장평리
PW-`4	석천리			

생활계 오염원 조사는 유역내에 거주하고 있는 인구 현황을 통해 이루어지며, 인구는 시가 인구와 비시가 인구로 구분할 수 있다. <표 3-32>를 보게되면 PW-02의 인구는 시가 64명, 비시가 11,333명으로 총 11,397명으로 대상유역의 대부분의 인구는 PW-02 지점이 차지하고 있다. PW-03의 인구는 시가 0명, 비시가 94명으로 총 94명을 차지하고 있으며 나머지 PW-04, PW-05의 지점은 인구가 나타나지 않는다.

신규 유역의 경우, 시가 인구는 없었으며, 각 유역별 비시가 인구는 PW-`1 954명, PW-`2 493명, PW-`3 403명, PW-`4 124명이 거주하고 있다.

<표 3-32> 대상유역의 인구 현황

지점명	인구 (인)			비고
	시가	비시가	합계	
PW-02	64	11,333	11,397	
PW-03	0	94	94	
PW-04	0	0	0	
PW-05	0	0	0	
PW-`1	-	954	954	
PW-`2	-	493	493	
PW-`3	-	403	403	
PW-`4	-	124	124	

지점별 축산 현황은 아래 <표 3-33>과 같으며, 돼지, 소, 젓소, 개, 닭, 말, 염소, 오리의 수를 나타내고 있다. 지점 PW-02의 농가 수는 총 209개의 농가가 위치하고 있는데 그 중 돼지 64,830마리, 소 4,436마리, 젓소 1,386마리, 개 5,620마리, 닭 322,620마리, 말 224마리, 염 248마리, 오리 2,452마리로 닭의 수가 가장 높게 나타나고 그 다음으로는 돼지의 수가 가장 높다. 지점 PW-03의 농가 수는 총 15개의 농가가 위치하고 있으며, 그 중 돼지 7,799마리, 소 133마리로 돼지의 수가 가장 높다. 지점 PW-04의 농가 수는 총 3개의 농가가 위치하고 있으며 그 중 돼지 944마리, 소 96마리로 돼지의 수가 가장 높다. PW-05 지점에는 축산 농가 존재하지 않는다.

<표 3-33> 하천 모니터링 지점별 축산 현황

지점명	PW-02	PW-03	PW-04	PW-05
돼지	64,830	7,799	944	0
소	4,436	133	96	0
젓소	1,386	0	0	0
개	5,620	0	0	0
닭	322,620	0	0	0
말	224	0	0	0
염소	248	0	0	0
오리	2,452	0	0	0
농가 수	209	15	3	0
지점명	PW-`1	PW-`2	PW-`3	PW-`4
돼지	21,326	14,192	7,134	0
소	555	283	272	0
젓소	0	0	0	0
개	1,206	945	261	0
닭	303,366	55,552	247,814	0
말	21	3	18	0
염소	0	0	0	0
오리	0	0	0	0
농가 수	41	17	24	0

<표 3-34>은 산업체 현황을 나타내고 있다. PW-02 지점에 41개의 산업체만이 있으며 7,186 m³/day만큼의 폐수를 발생시키고 있다.

신규 유역의 경우 PW-`1에 5개, PW-`2, PW-`4지점에 1개의 산업체가 있으며, PW-`3에 2개의 산업체가 있다. 각 산업체는 20 m³/day 이하의 소량의 폐수를 발생시키고 있다.

<표 3-34> 대상구역의 산업체 현황

구분	산업체 수 (개)	폐수발생량 (m^3/day)	비고
PW-02	41	7,186	
PW-03	0	0	
PW-04	0	0	
PW-05	0	0	
PW-`1	5	21.1	
PW-`2	1	0	
PW-`3	3	20.7	
PW-`4	1	20	

2. 오염부하량 산정 결과

평야지역 (PW)의 기존 모니터링 구역은 용인시 처인구 원삼면과 백암면 2개면에 위치하고 있으며, 구역내 지방하천인 청미천과 지류하천인 미평천, 가창천과 대덕천이 위치하고 있다. PW 기존 구역은 4개 소유역으로 세분화하였다.

가. 발생부하량 산정 결과

PW 기존구역의 BOD 발생부하량은 총 13,836.60kg/day로 산정되었으며, PW-02구역의 BOD 발생부하량이 전체의 97.73%에 해당하는 13,523.15kg/day로 가장 높게 나타났다.

PW 기존구역의 T-N 발생부하량은 총 3,569.05kg/day와 T-P 발생부하량은 총 1,237.53kg/day로 산정되었으며, PW-02구역의 T-N 발생부하량은 전체의 97.7%에 해당하는 3,485.74kg/day이고, T-P 발생부하량은 전체의 97.4%에 해당하는 1,205.27kg/day로 가장 높게 나타났다.

PW 신규구역의 BOD 발생부하량은 총 10,663.29 kg/day로 산정되었으며, PW-`1구역의 BOD 발생부하량이 전체의 46.96%에 해당하는 5,007.54 kg/day로 가장 높게 나타났다.

PW 신규구역의 T-N 발생부하량은 총 2,505.76 kg/day로, T-P 발생부하량은 총 951.80 kg/day로 산정되었으며, PW-`1구역의 T-N 발생부하량은 전체의 47.38%에 해당하는 1,187.13 kg/day이고, T-P 발생부하량은 전체의 47.67%에 해당하는 453.68 kg/day로 가장 높게 나타났다.

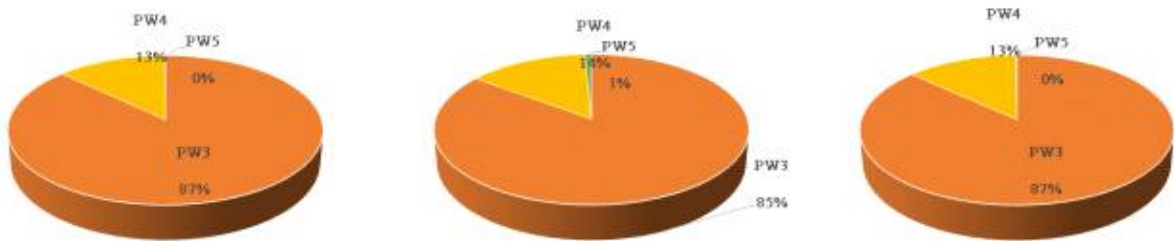
PW 구역은 평야지역으로 오염원들이 다른 지역에 비해 균일하게 분포함에 따라 구역면적에 비례하여 오염부하량이 발생하는 것으로 분석되었다.

<표 3-35> PW 유역의 발생부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

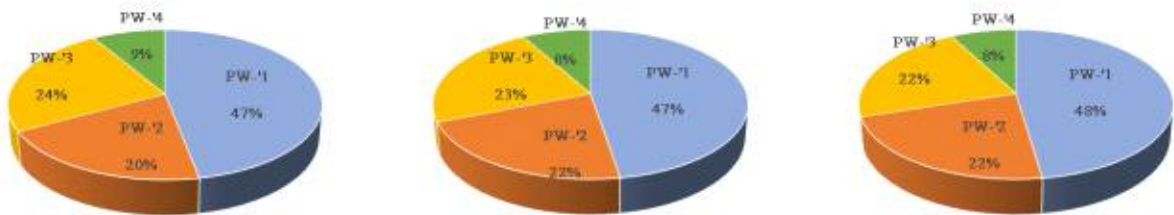
소유역명	BOD발생부하량	T-N발생부하량	T-P발생부하량
PW2	13523.14659	3485.738258	1205.272064
PW3	272.8957	70.91891501	27.97498996
PW4	40.28043672	11.72800559	4.240927751
PW5	0.274550054	0.66900345	0.041942327
총합계	13836.59728	3569.054182	1237.529924
PW-1	5,007.54	1,187.13	453.68
PW-2	2,140.59	540.36	213.29
PW-3	2,598.95	576.91	211.41
PW-4	916.20	201.35	73.41
합계	10,663.29	2,505.76	951.80

전체 발생부하량의 97%이상을 차지하고 있는 PW-02유역을 제외한 소유역간의 점유율을 분석한 결과, 면적에 비례하는 것으로 나타났으며, PW-05유역은 배후산지로 T-N의 점유율이 BOD와 T-P에 비해 다소 높은 것으로 분석되었다.



(a) BOD발생부하량 (b) T-N발생부하량 (c) T-P발생부하량

<그림 3-72> PW 기존유역 소유역별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량 (b) T-N발생부하량 (c) T-P발생부하량

<그림 3-73> PW 신규유역 소유역별 발생부하량 점유율

PW 기존유역의 오염원별 발생부하량을 비교해보면 PW유역내 양식계, 매립계의 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계중 축산계의 발생부하량이 BOD, T-N, T-P 모두 가장 높은 것으로 분석되었다.

PW 신규유역의 오염원별 발생부하량을 비교해보면 PW유역내 매립계 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 양식계 또한 그 영향이 미비한 것으로 분석되었다. 또한 모든 유역에서 축산계의 발생부하량 비중이 가장 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-36> PW 유역 오염원별 BOD 발생부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	13,523.15	844.89	11,728.15	323.19	626.91	-	-
PW-03	272.90	4.58	263.26	-	5.05	-	-
PW-04	40.28	-	39.64	-	0.64	-	-
PW-05	0.27	-	-	-	0.27	-	-
총합계	13,836.60	849.48	12,031.05	323.19	632.88	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-1	5,007.54	75.83	4,712.38	109.05	109.46	0.82	0.00
PW-2	2,140.59	35.07	2,045.21	16.40	43.80	0.11	0.00
PW-3	2,598.95	37.46	2,398.77	97.80	64.18	0.75	0.00
PW-4	916.20	12.60	841.33	38.47	23.50	0.29	0.00
합계	10,663.29	160.96	9,997.68	261.72	240.94	1.98	0.00

<표 3-37> PW 유역 오염원별 T-N 발생부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	3,485.74	234.08	2,886.82	52.74	312.10	-	-
PW-03	70.92	1.25	65.09	-	4.57	-	-
PW-04	11.73	-	9.80	-	1.93	-	-
PW-05	0.67	-	-	-	0.67	-	-
총합계	3,569.05	235.33	2,961.71	52.74	319.27	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-1	1,187.13	21.24	1,108.14	1.73	55.85	0.16	0.00
PW-2	540.36	9.74	503.46	0.40	26.74	0.02	0.00
PW-3	576.91	10.60	537.65	1.36	27.15	0.15	0.00
PW-4	201.35	3.59	187.68	0.53	9.49	0.06	0.00
합계	2,505.76	45.17	2,336.94	4.03	119.23	0.40	0.00

<표 3-38> PW 유역 오염원별 T-P 발생부하량 (단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	1,205.27	25.18	1,142.59	9.95	27.55	-	-
PW-03	27.97	0.14	27.51	-	0.32	-	-
PW-04	4.24	-	4.14	-	0.10	-	-
PW-05	0.04	-	-	-	0.04	-	-
총합계	1,237.53	25.32	1,174.24	9.95	28.02	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-1	453.68	2.27	446.11	0.26	4.99	0.04	0.00
PW-2	213.29	1.05	209.90	0.08	2.25	0.01	0.00
PW-3	211.41	1.12	207.48	0.19	2.59	0.04	0.00
PW-4	73.41	0.38	72.03	0.07	0.91	0.02	0.00
합계	951.80	4.81	935.52	0.61	10.75	0.10	0.00



(a) BOD발생부하량

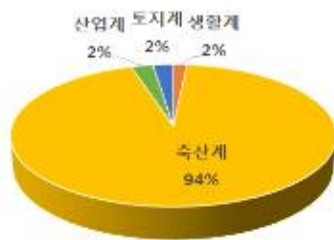


(b) T-N발생부하량

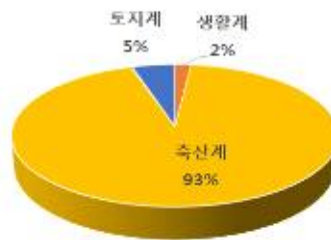


(c) T-P발생부하량

<그림 3-74> PW 기존구역 (PW-02) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-75> PW 신규구역 (PW-`1) 오염원별 발생부하량 점유율

나. 배출부하량 분석결과

PW 기존구역의 BOD 배출부하량은 총 3,014.95kg/day로 산정되었으며, 이중 PW-02구역의 BOD 배출부하량이 전체의 97.7%에 해당하는 2,949.41kg/day로 가장 높게 나타났다. PW 기존구역의 T-N 배출부하량은 총 1,501.38kg/day로 산정되었으며, 이중 PW-02구역의 T-N 배출부하량이 1,466.40kg/day(전체의 97.7%)로 가장 높게 나타났다. PW 기존구역의 총 T-P 발생부하량은 248.05kg/day로 산정되었으며, PW-02구역의 T-P 발생부하량은 전체의 97.5%에 해당하는 241.82kg/day로 가장 높았다.

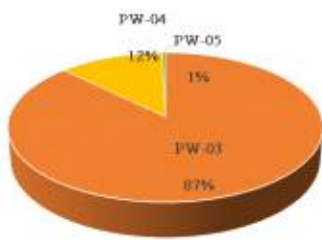
PW 신규구역의 BOD 배출부하량은 총 1,008.12 kg/day로 산정되었으며, PW-`1구역의 BOD 배출부하량이 전체의 46.40%에 해당하는 467.79 kg/day로 가장 높게 나타났다. PW 신규구역의 T-N 배출부하량은 총 740.91 kg/day로, T-P 배출부하량은 총 67.12 kg/day로 산정되었으며, PW-`1구역의 T-N 배출부하량은 전체의 47.13%에 해당하는 349.20 kg/day이고, T-P 배출부하량은 전체의 47.06%에 해당하는 31.59 kg/day로 가장 높게 나타났다.

PW 구역은 평야구역으로 오염원들이 다른 구역에 비해 균일하게 분포함에 따라 구역면적에 비례하여 오염부하량이 배출되는 것으로 분석되었다.

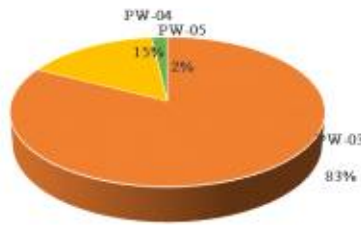
<표 3-39> PW 유역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

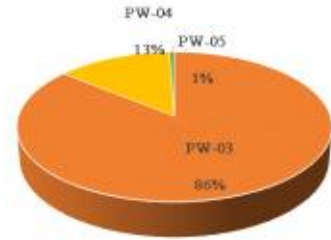
소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
PW-02	2,949.41	1,466.40	241.82
PW-03	57.21	28.87	5.35
PW-04	8.06	5.44	0.84
PW-05	0.27	0.66	0.04
총합계	3,014.95	1,501.38	248.05
소유역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
PW-1	467.79	349.20	31.59
PW-2	179.23	173.29	12.78
PW-3	267.13	161.71	16.91
PW-4	93.97	56.71	5.84
합계	1,008.12	740.91	67.12



(a) BOD배출부하량

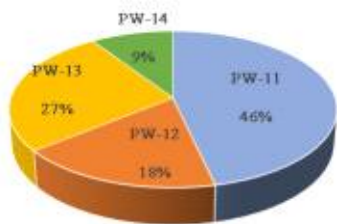


(b) T-N배출부하량



(c) T-P배출부하량

<그림 3-76> PW 기존유역 소유역별 배출부하량 점유율



(a) BOD배출부하량



(b) T-N배출부하량



(c) T-P배출부하량

<그림 3-77> 소유역별 배출부하량 점유율

PW 기존유역 오염원별 배출부하량을 비교해보면 산업계 발생부하량은 처리시설을 통해 방류되어 직접적인 배출부하량은 산정되지 않았으며, 생활계, 축산계, 토지계중 BOD, T-N 과 T-P 모두 축산계 배출부하량이 차지하는 비율이 높은 것으로 분석되었다.

PW 신규유역 오염원별 배출부하량을 비교해보면 산업계 발생부하량은 처리시설을 통해 방류되어 대부분이 정화되어 배출되는 것으로 나타났으며, 발생부하량의 비율이 높았던 축산계에서 배출부하량 또한 높은 비율로 배출되는 것으로 분석되었다.

<표 3-40> PW 유역 오염원별 BOD 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	2,949.41	143.02	2,184.27	-	622.11	-	-
PW-03	57.21	2.90	49.30	-	5.02	-	-
PW-04	8.06	-	7.42	-	0.64	-	-
PW-05	0.27	-	-	-	0.27	-	-
총합계	3,014.95	145.92	2,240.99	-	628.04	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-1	467.79	16.14	341.83	0.11	108.88	0.82	0.00
PW-2	179.23	5.76	129.77	0.02	43.57	0.11	0.00
PW-3	267.13	8.35	194.09	0.10	63.84	0.75	0.00
PW-4	93.97	2.52	67.73	0.04	23.38	0.29	0.00
합계	1,008.12	32.78	733.42	0.28	239.66	1.98	0.00

<표 3-41> PW 유역 오염원별 T-N 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	1,466.40	65.28	1,091.41	-	309.72	-	-
PW-03	28.87	0.91	23.42	-	4.54	-	-
PW-04	5.44	-	3.53	-	1.91	-	-
PW-05	0.66	-	-	-	0.66	-	-
총합계	1,501.38	66.19	1,118.36	-	316.83	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-1	349.20	19.55	273.88	0.05	55.55	0.16	0.00
PW-2	173.29	9.44	137.23	0.01	26.60	0.02	0.00
PW-3	161.71	9.53	124.99	0.05	27.00	0.15	0.00
PW-4	56.71	3.34	43.85	0.02	9.44	0.06	0.00
합계	740.91	41.86	579.94	0.12	118.59	0.40	0.00

<표 3-42> PW 유역 오염원별 T-P 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-02	241.82	6.89	207.59	-	27.34	-	-
PW-03	5.35	0.10	4.92	-	0.32	-	-
PW-04	0.84	-	0.74	-	0.10	-	-
PW-05	0.04	-	-	-	0.04	-	-
총합계	248.05	6.99	213.25	-	27.80	-	-
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
PW-'1	31.59	2.06	24.52	0.01	4.96	0.04	0.00
PW-'2	12.78	0.98	9.54	0.00	2.24	0.01	0.00
PW-'3	16.91	1.00	13.30	0.01	2.57	0.04	0.00
PW-'4	5.84	0.34	4.57	0.00	0.91	0.02	0.00
합계	67.12	4.38	51.93	0.02	10.69	0.10	0.00



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량

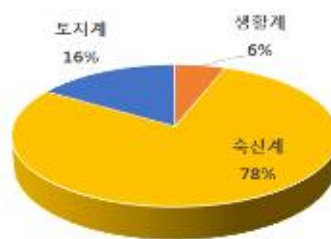


(c) T-P발생부하량

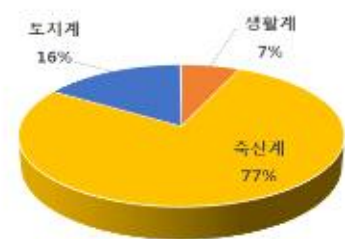
<그림 3-78> PW 기존유역 (PW-02) 오염원별 배출부하량 점유율



(a) BOD배출부하량



(b) T-N배출부하량



(c) T-P배출부하량

<그림 3-79> PW 신규유역 (PW-'1) 오염원별 배출부하량 점유율

3. 3차년도 모니터링 결과

가. 정기 모니터링

(1) 수질 모니터링

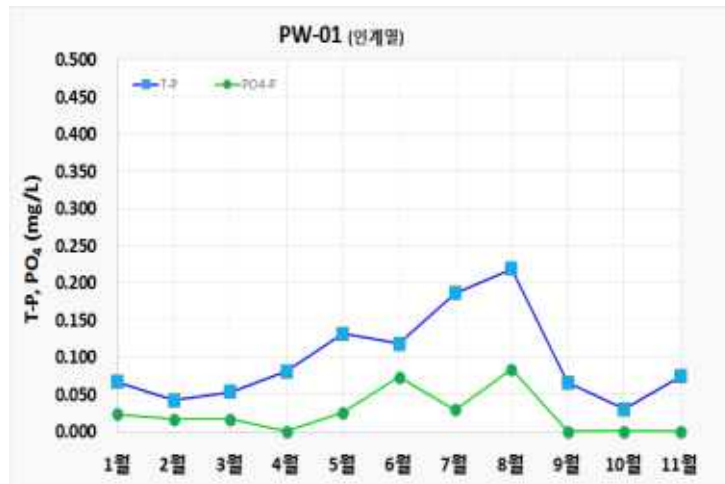
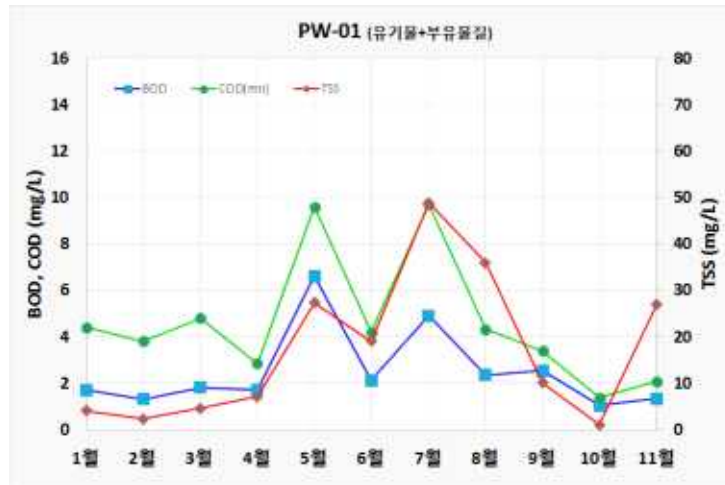
(가) 유역단위 모니터링

유역단위에서의 유기물질, 영양물질 (질소계열, 인계열)에 대한 분석을 PW-01 - PW-07 지점에 대해 실시하였다. <그림 3-80> - <그림 3-91>는 지점별 대표 유기물질 (BOD, COD_{Mn} 등), 영양물질(T-N, NO₃, NH₄, NO₂, T-P, PO₄ 등)에 대해 월별 평균값을 보여주고 있다.

유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 0.38 mg/L (PW-04) - 8.17 mg/L (PW-04)의 범위를, COD_{Mn}은 0.40 mg/L (PW-04) - 27.28 mg/L (PW-04)의 범위를 가진다. BOD는 6월, 8월, 9월에 값이 증가하는 추세였고, 6월에 최댓값을 나타내었다. 그 외에는 비슷한 경향을 보이고 있다.

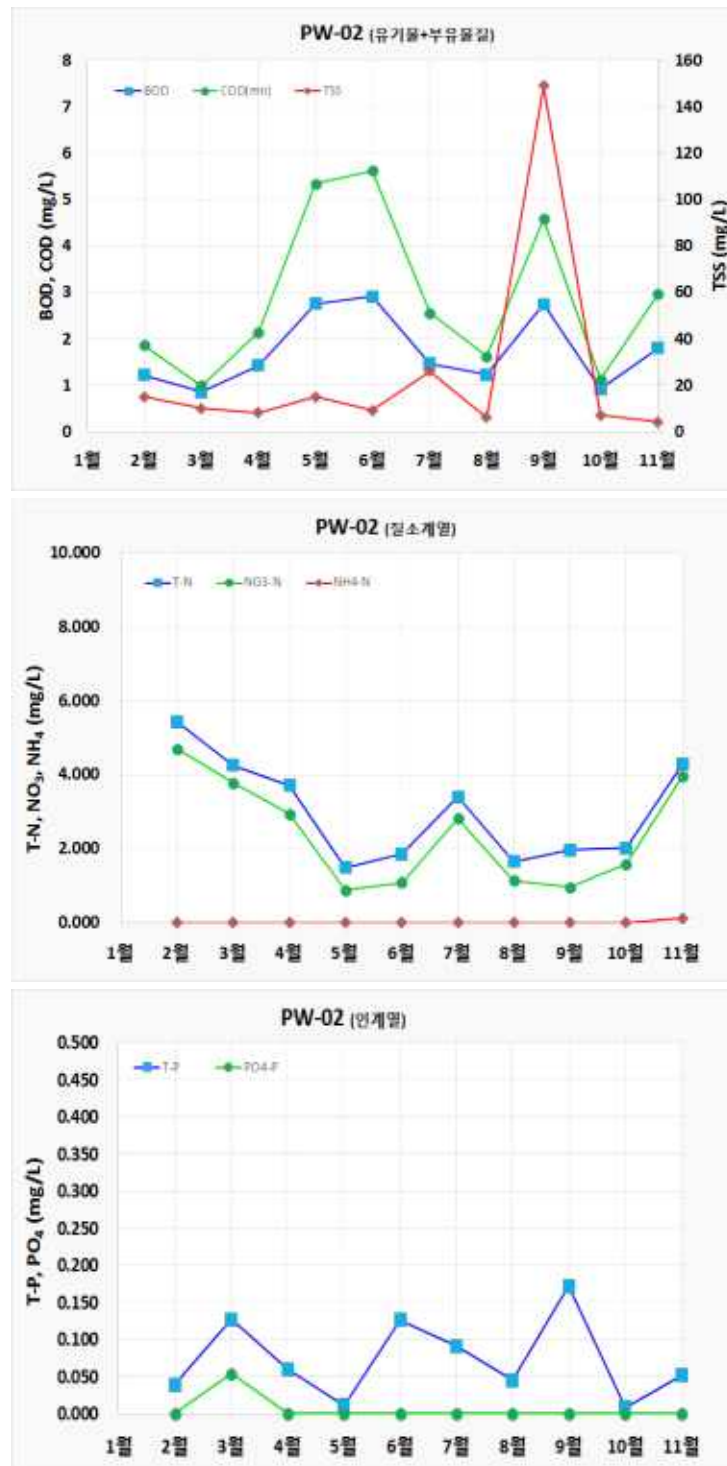
영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계열 중 T-N은 0.020 mg/L (PW-04) - 30.508 mg/L (PW-04)의 범위를, NH₄-N은 0.074 mg/L (PW-02) - 1.506 mg/L (PW-02)의 범위를, NO₃-N은 0.443 mg/L (PW-03) - 25.211 mg/L (PW-03)의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.003 mg/L (PW-05) - 2.744 mg/L (PW-05)의 범위를, PO₄-P는 0.052 mg/L (PW-04) - 1.767 mg/L (PW-04) 범위를 가진다. T-N은 6월에 가장 높은 값을 나타내었고, T-P는 9월 10월에 값이 증가하는 추세였으며, 9월에 가장 높은 값을 나타내었다. 9월, 10월을 제외하고는 비슷한 추이를 보이고 있다.

<그림 3-80>은 PW-01지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. PW-01의 경우 국가측정망 자료를 도시하였으며, 유기물질의 경우 BOD는 1.0 mg/L - 2.5 mg/L의 범위를, COD_{Mn}은 1.4 mg/L - 4.3 mg/L의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 2.289 mg/L - 3.597 mg/L의 범위를, NO₃은 1.146 mg/L - 3.161 mg/L의 범위를, NH₄는 0.107 mg/L - 0.107 mg/L의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.03 mg/L - 0.218 mg/L의 범위를, PO₄의 경우 0.073 mg/L - 0.083 mg/L의 범위를 가진다.



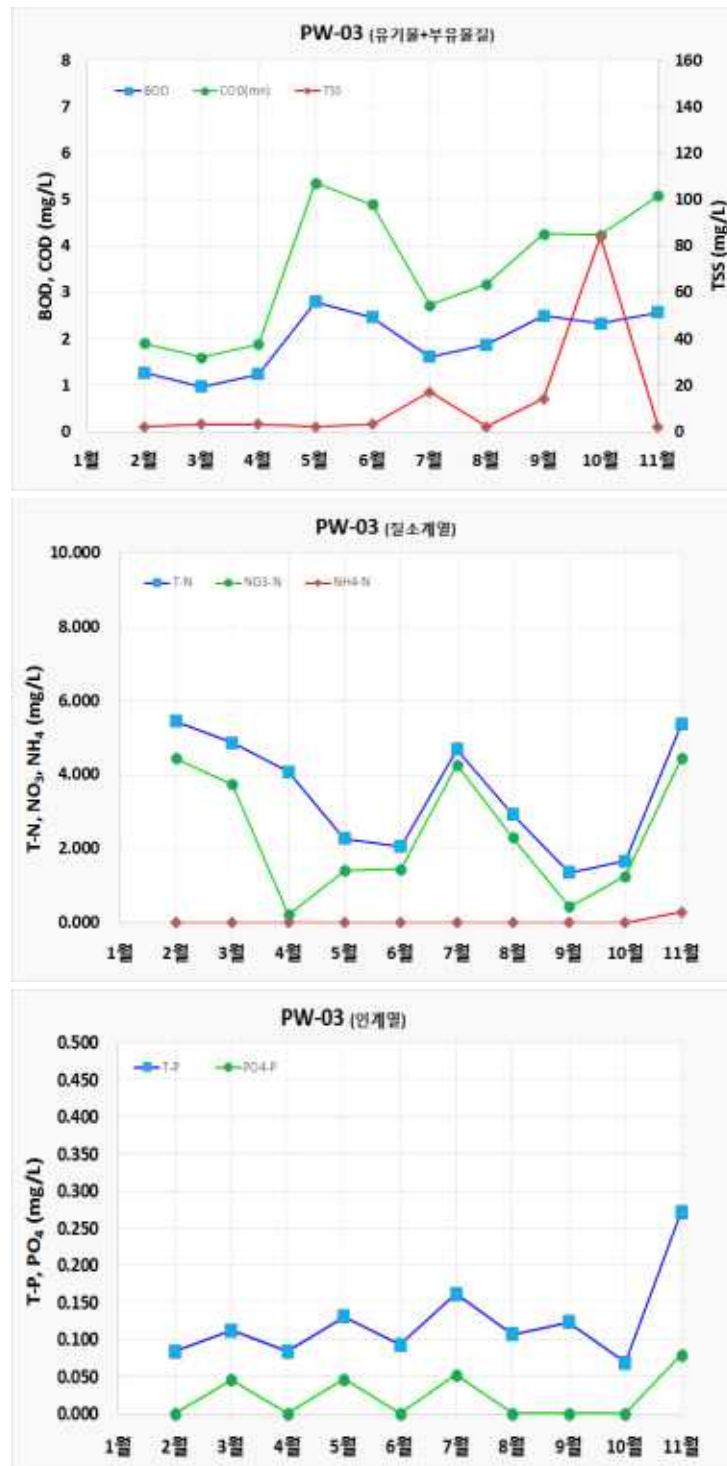
<그림 3-80> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-01)

<그림 3-81>은 PW-02지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.85 mg/L - 2.91 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 0.98 mg/L - 5.62 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 1.496 mg/L - 5.425 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.181 mg/L - 0.571 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.878 mg/L - 4.703 mg/L 의 범위를, NH₄는 0.121 mg/L - 0.121 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.008 mg/L - 0.172 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.053 mg/L - 0.053 mg/L 의 범위를 가진다.



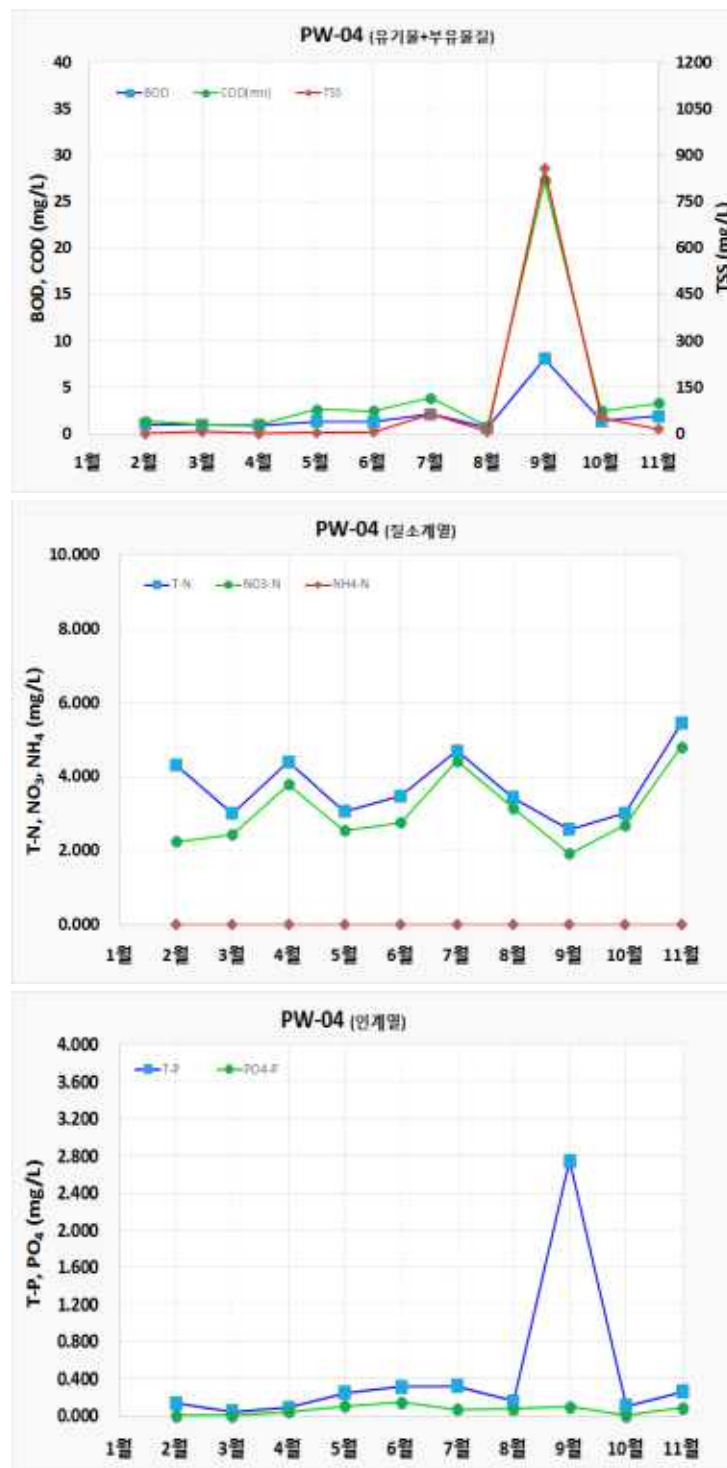
<그림 3-81> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-02)

<그림 3-82>는 PW-03지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.97 mg/L - 2.98 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 1.60 mg/L - 5.82 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 1.353 mg/L - 5.441 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.168 mg/L - 0.168 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.222 mg/L - 4.441 mg/L 의 범위를, NH₄는 0.045 mg/L - 0.144 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.068 mg/L - 0.271 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.045 mg/L - 0.144 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-82> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-03)

<그림 3-83>은 PW-04지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.63 mg/L - 8.05 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 0.70 mg/L - 27.28 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 2.573 mg/L - 5.444 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.140 mg/L - 0.428 mg/L 의 범위를, NO₃는 1.929 mg/L - 4.802 mg/L 의 범위를, NH₄는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.038 mg/L - 2.744 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.043 mg/L - 0.143 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-83> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-04)

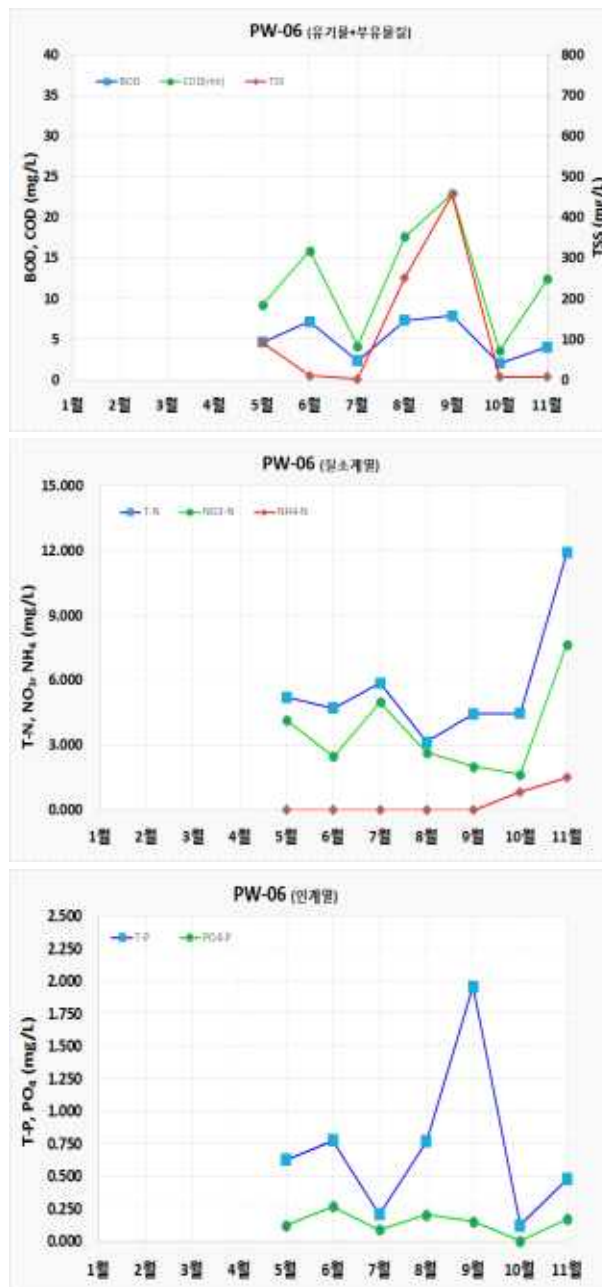
<그림 3-84>은 PW-05지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.71 mg/L - 2.35 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 0.88 mg/L - 4.42 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 2.318 mg/L - 5.867 mg/L 의 범위를, NO₂는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를, NO₃는 1.909 mg/L - 3.616 mg/L 의 범위를, NH₄는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.003 mg/L - 0.307 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.070 mg/L - 0.070 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-84> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-05)

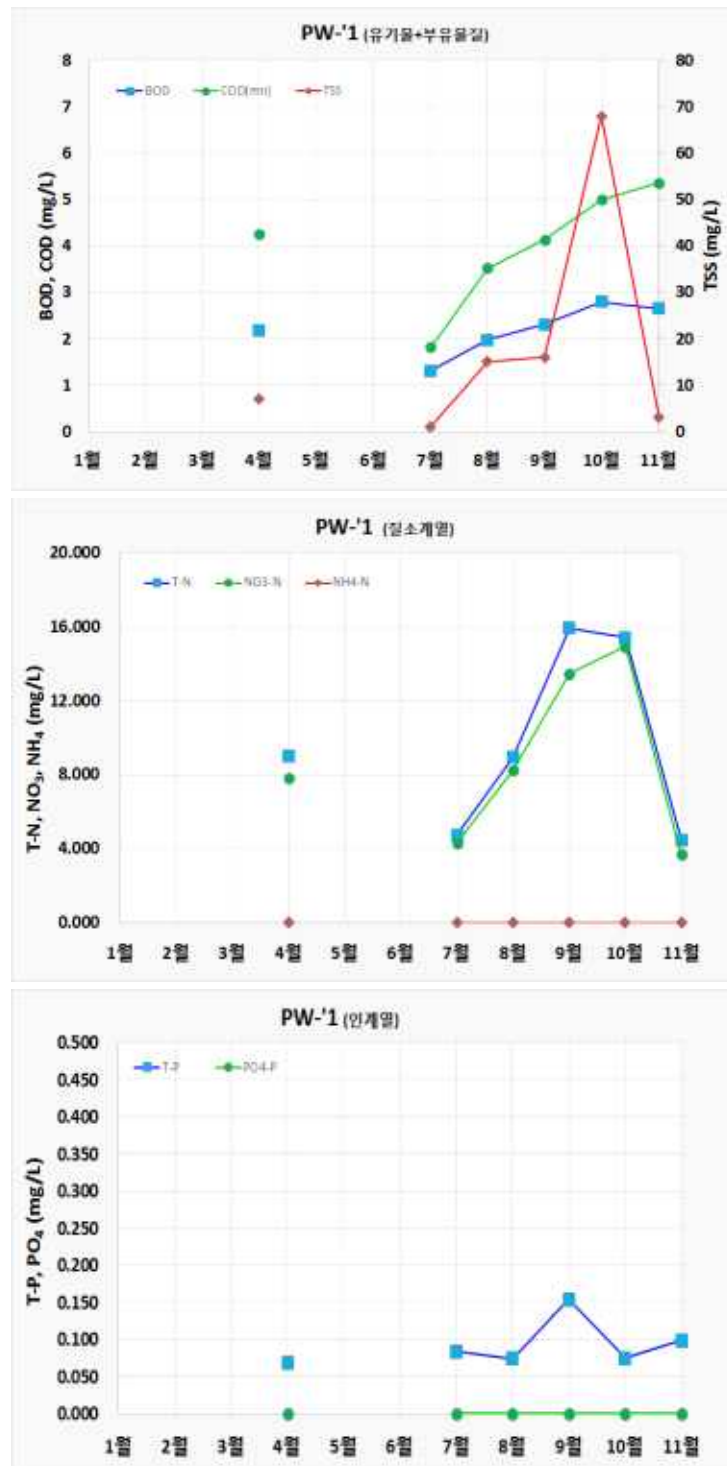
<그림 3-85>는 PW-06지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 2.01 mg/L - 7.89 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 3.56 mg/L - 22.92 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 3.160 mg/L - 11.892 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.391 mg/L - 0.468 mg/L 의 범위를, NO₃는 1.655 mg/L - 7.658 mg/L 의 범위를, NH₄는 0.847 mg/L - 1.506 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.118 mg/L - 1.957 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0.084 mg/L - 0.262 mg/L 의 범위를 가진다.

PW-06 지점은 농업용 배수로에 위치하고 있어, 많은 비가 오거나 논에서 배수가 이루어질 때만 유출이 발생하였다. 따라서 비영농기인 겨울철에는 수질 샘플링이 이루어지지 않았다.



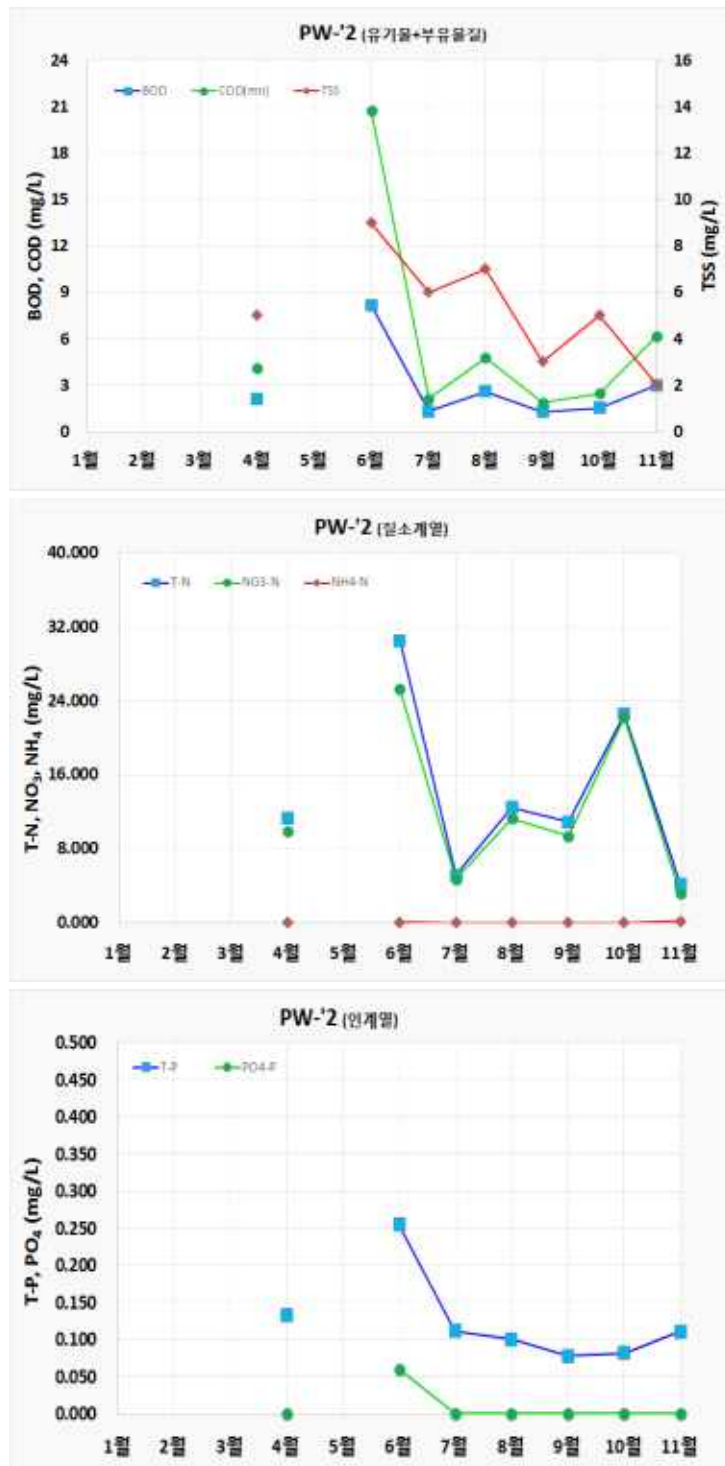
<그림 3-85> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-06)

<그림 3-86>는 PW-1지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 1.30 mg/L - 2.79 mg/L 의 범위를, CODMn은 1.82 mg/L - 5.36 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 4.487 mg/L - 15.918 mg/L 의 범위를, NO2는 0.038 mg/L - 0.080 mg/L 의 범위를, NO3는 3.686 mg/L - 14.917 mg/L 의 범위를, NH4는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.069 mg/L - 0.154 mg/L 의 범위를, PO4의 경우 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다.



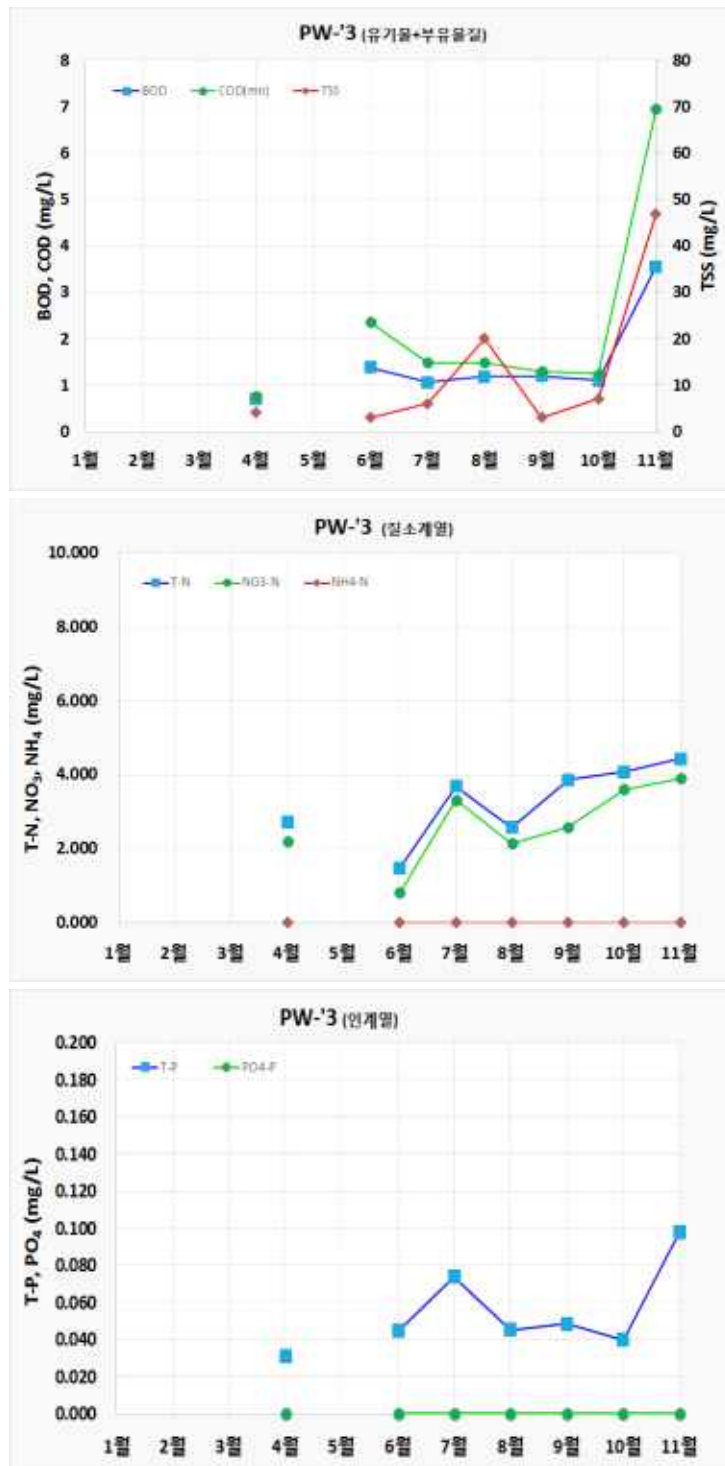
<그림 3-86> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-1)

<그림 3-87>는 PW-2지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 1.26 mg/L - 8.17 mg/L 의 범위를, COD_{Mn}은 1.86 mg/L - 20.76 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 4.208 mg/L - 30.508 mg/L 의 범위를, NO₂는 0.077 mg/L - 0.159 mg/L 의 범위를, NO₃는 3.137 mg/L - 25.211 mg/L 의 범위를, NH₄는 0.074 mg/L - 0.159 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.078 mg/L - 0.254 mg/L, PO₄의 경우 0.060 mg/L - 0.060 mg/L 의 범위를 가진다.



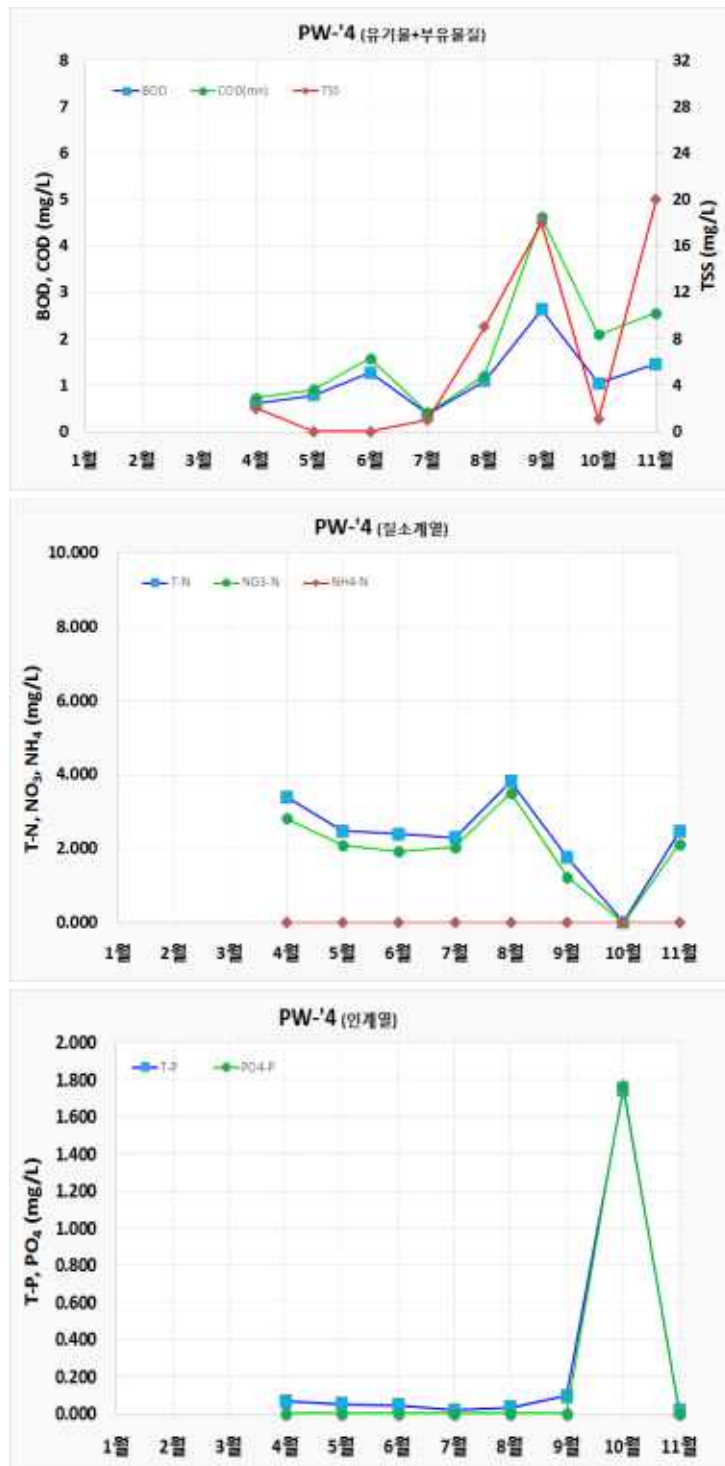
<그림 3-87> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-2)

<그림 3-88>는 PW-3지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.70 mg/L - 3.56 mg/L 의 범위를, CODMn은 0.76 mg/L - 6.96 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 1.485 mg/L - 4.435 mg/L 의 범위를, NO₂는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를, NO₃는 0.823 mg/L - 3.904 mg/L 의 범위를, NH₄는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.031 mg/L - 0.098 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-88> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-3)

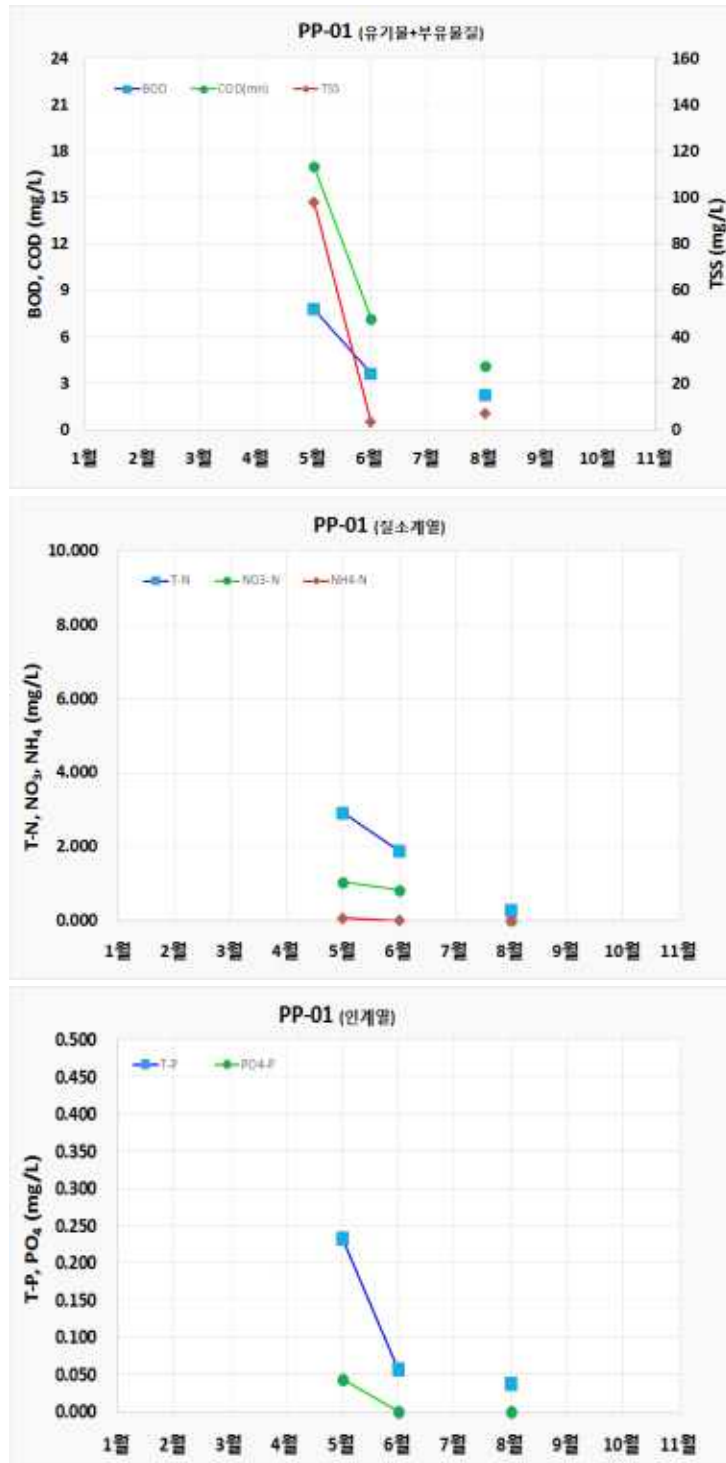
<그림 3-89>는 PW-4지점의 수질 정기 모니터링 결과를 도시하고 있다. 유기물질의 경우 BOD는 0.38 mg/L - 2.63 mg/L 의 범위를, CODMn은 0.40 mg/L - 4.62 mg/L 의 범위를 가진다. 질소계열의 경우 T-N은 0.02 mg/L - 3.82 mg/L 의 범위를, NO₂는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를, NO₃는 1.23 mg/L - 3.50 mg/L 의 범위를, NH₄는 0 mg/L - 0 mg/L 의 범위를 가진다. 인계열의 경우 T-P는 0.01 mg/L - 1.75 mg/L 의 범위를, PO₄의 경우 1.77 mg/L - 1.77 mg/L 의 범위를 가진다.



<그림 3-89> 유역단위 수질 모니터링 결과 (PW-4)

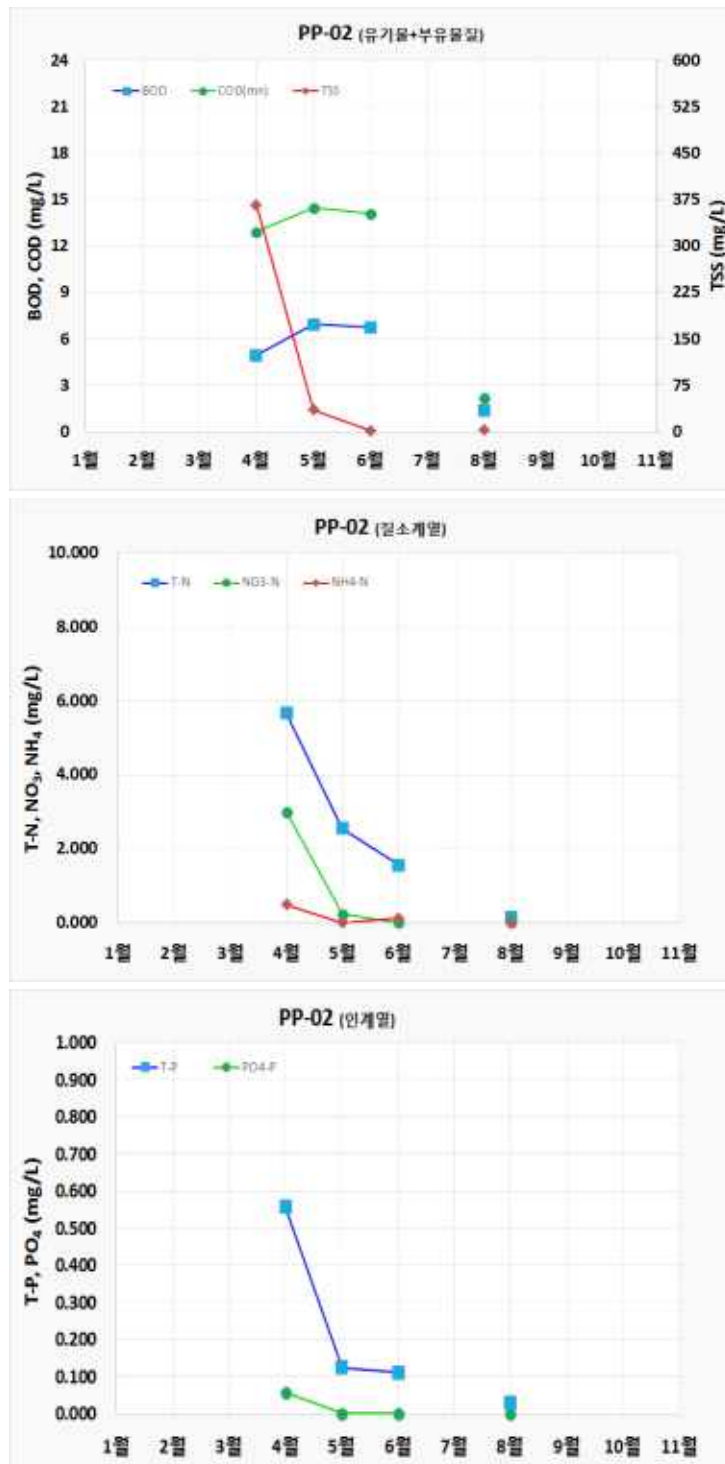
(나) 포장단위 모니터링

포장단위 유기물질, 영양물질 (인계열, 질소계열)에 대한 분석을 PP-01, PP-02 지점에 대해 실시하였다. <그림 3-90>, <그림 3-91>은 지점별 대표 유기물질 (BOD, CODMn 등), 영양물질(T-N, NO₃, NH₄, NO₂, T-P, PO₄ 등)에 대해 월별 값을 보여주고 있다.



<그림 3-90> 포장단위 수질 모니터링 결과 (PP-01)

유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.22 mg/L (PP-02) - 7.74 mg/L (PP-01)의 범위를, COD_{Mn}은 2.08 mg/L (PP-02) - 16.98 mg/L (PP-01)의 범위를 가지며, BOD, COD_{Mn} 모두 6월에 최댓값을 나타내었고, 6월에 증가한 후 감소하는 경향을 보이더니 8월에 최솟값을 나타내었다.



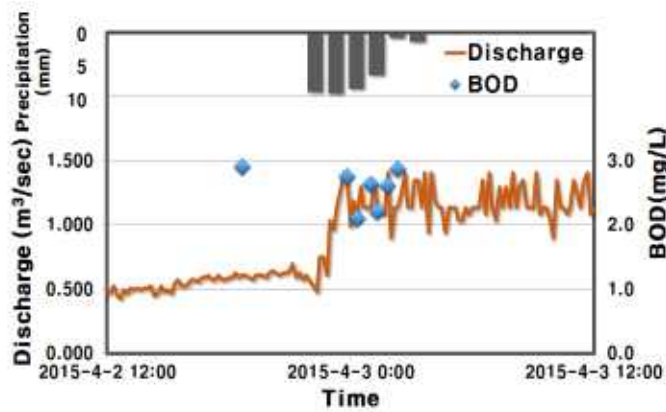
<그림 3-91> 포장단위 수질 모니터링 결과 (PP-02)

영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계열 중 T-N은 0.142 mg/L (PP-02) - 5.658 mg/L (PP-02)의 범위를, NH₄는 0.071 mg/L (PP-01) - 0.488 mg/L (PP-02)의 범위를, NO₃는 0.238 mg/L (PP-02) - 2.996 mg/L (PP-02)의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.028 mg/L (PP-02) - 0.556 mg/L (PP-02)의 범위를, PO₄는 0.043 mg/L (PP-01) - 0.057 mg/L (PP-02)의 범위를 가진다. T-N은 4월에 최댓값을 나타내었고, 점차 감소하던데 8월에 최솟값을 나타내었다. T-P는 4월달에 다른 달에 비해 데이터 값이 높게 나왔지만 6월을 제외한 달은 비슷한 추이를 보이고 있다. PP-01 포장의 6월, 8월과 PP-02 포장의 8월, 11월에는 NH₄가 검출되지 않았다.

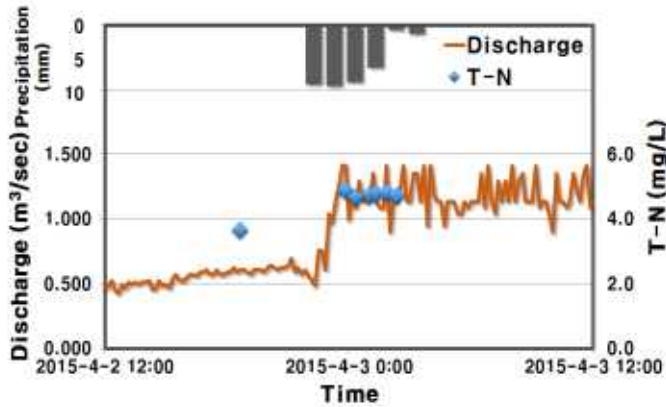
나. 정밀 모니터링

(1) 1차 모니터링

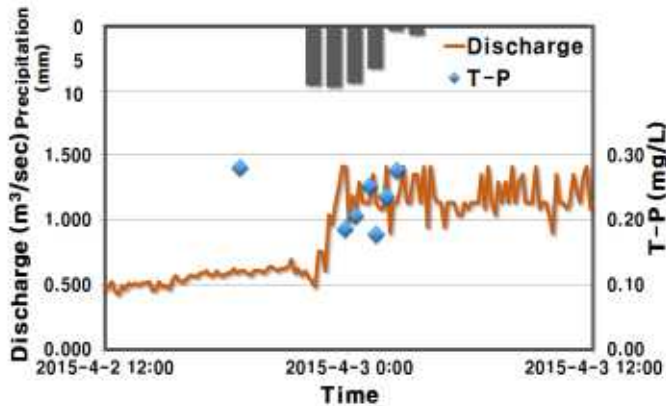
<그림 3-92>은 PW-02지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.11-2.91 mg/L, T-N은 3.66-4.88 mg/L, T-P는 0.178-0.281 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



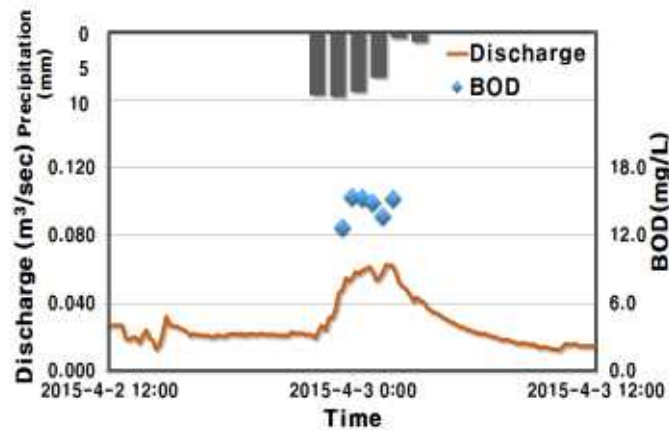
(b) T-N



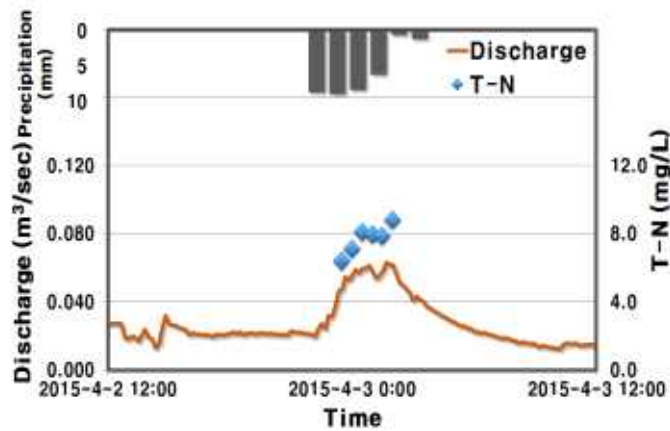
(c) T-P

<그림 3-92> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 1차 모니터링)

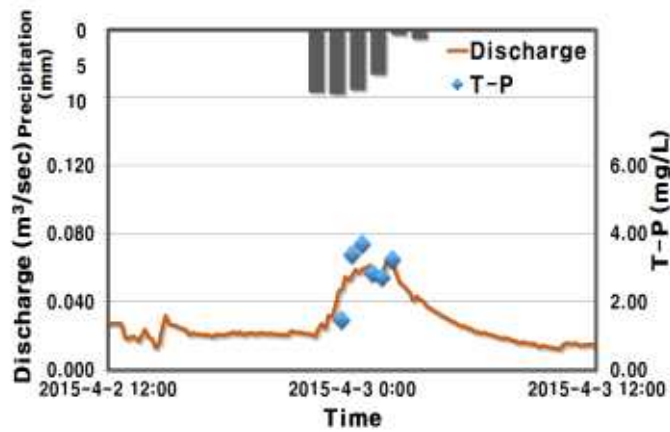
<그림 3-93>은 PW-03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 12.72-15.38 mg/L, T-N은 6.39-8.82 mg/L, T-P는 1.473-3.701 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



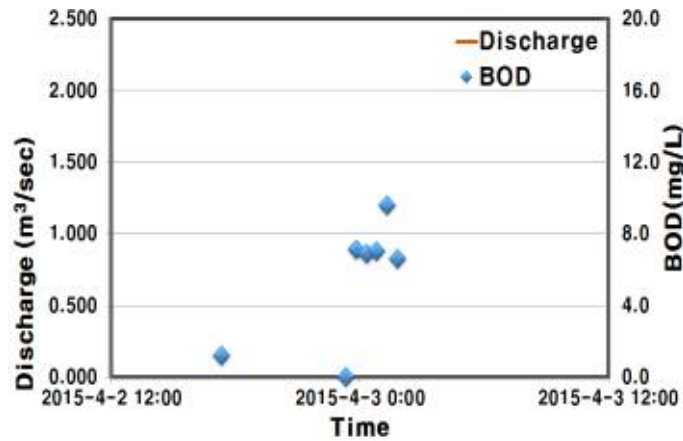
(b) T-N



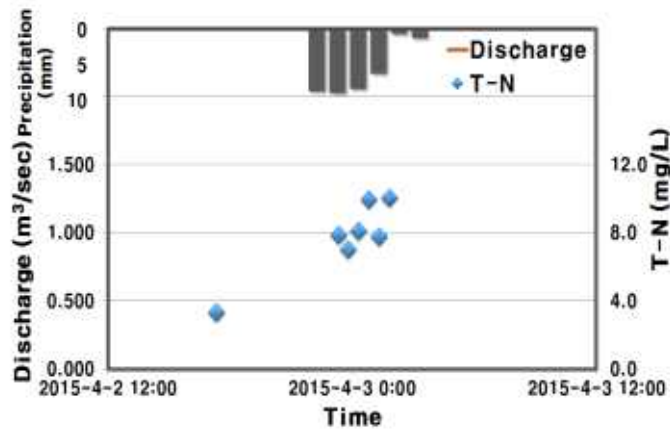
(c) T-P

<그림 3-93> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 1차 모니터링)

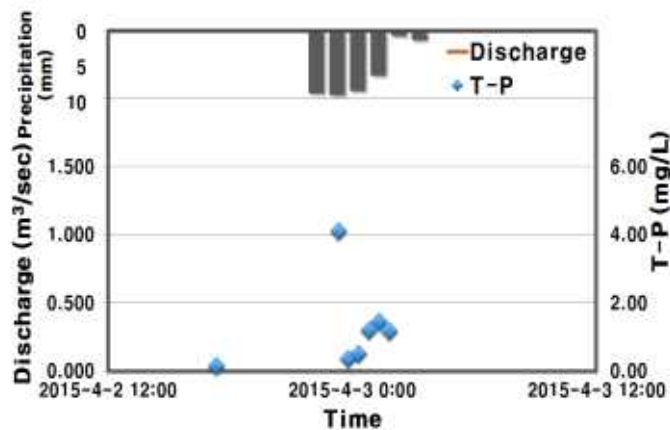
<그림 3-94>은 PW-04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N, T-P는 유출 직후 높은 농도를 나타내었다. BOD의 농도의 차이가 가장 컸다. BOD는 0.01-9.58 mg/L, T-N은 3.34-10.06 mg/L, T-P는 0.142-4.114 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



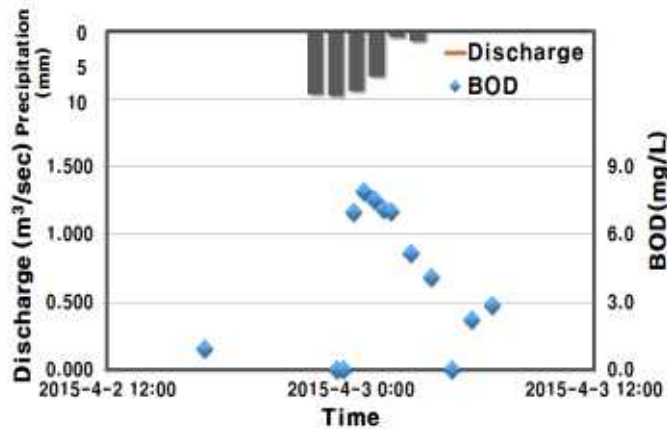
(b) T-N



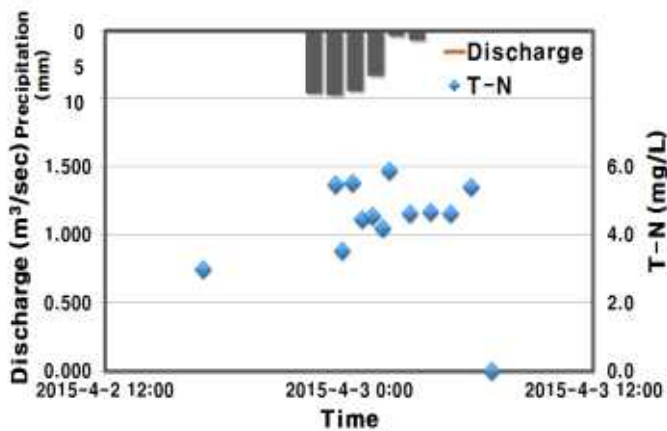
(c) T-P

<그림 3-94> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 1차 모니터링)

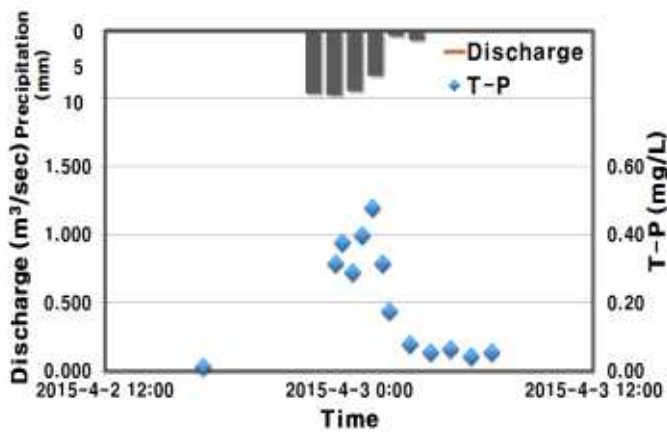
<그림 3-95>은 PW-05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. 유출 초기에 농도가 큰 경향을 보였다. BOD, T-P가 유출시 농도가 높아지는 뚜렷한 경향을 보인 반면, T-N의 경우 상대적으로 경향성이 작았다. BOD는 0.01-7.89 mg/L, T-N은 0.00-5.88 mg/L, T-P는 0.014-0.479 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

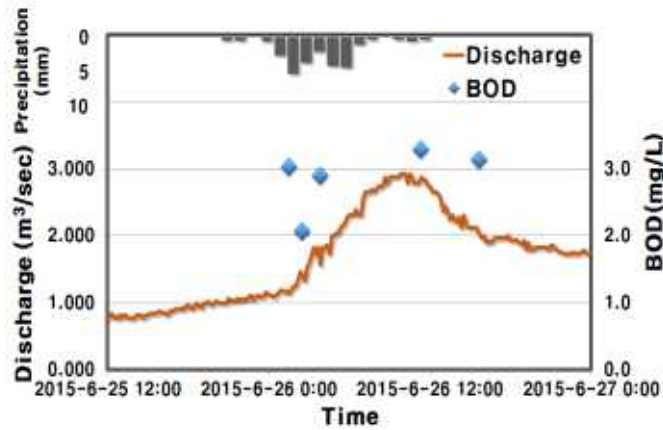


(c) T-P

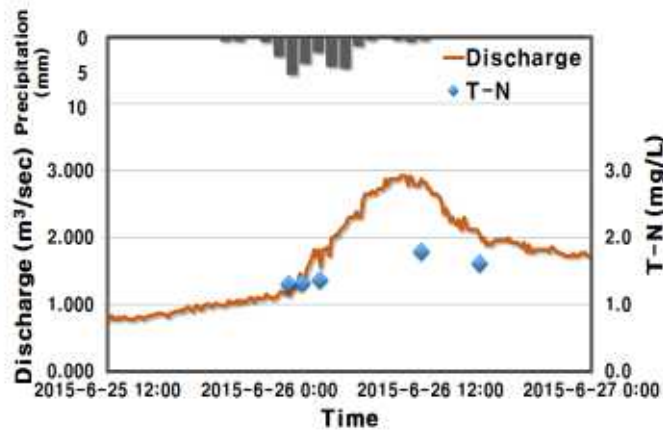
<그림 3-95> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 1차 모니터링)

(2) 2차 모니터링

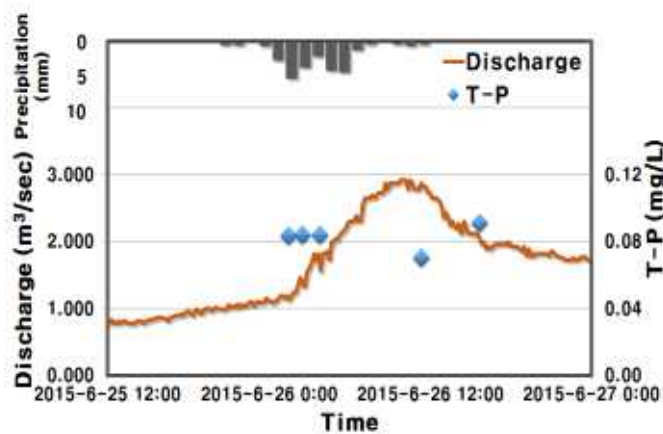
<그림 3-96>은 PW-02지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.07-3.29 mg/L, T-N은 1.30-1.79 mg/L, T-P는 0.070-0.091 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



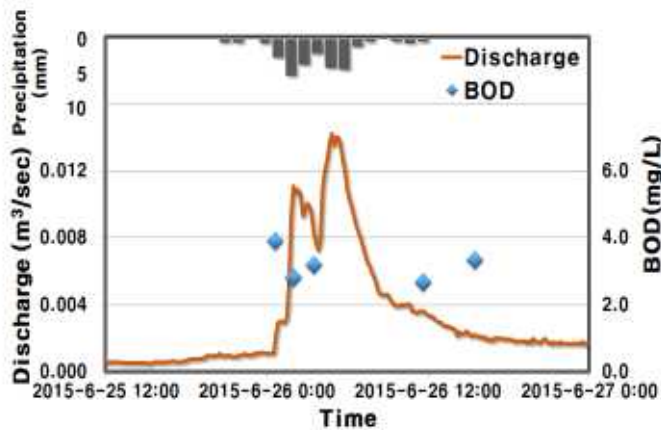
(b) T-N



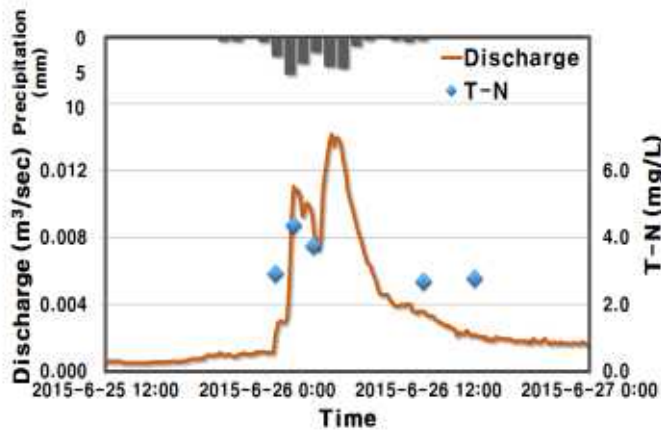
(c) T-P

<그림 3-96> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 2차 모니터링)

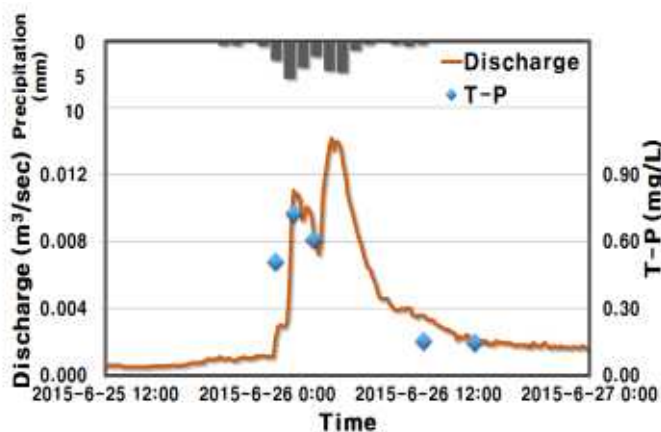
<그림 3-97>은 PW-03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD의 경우 유출에 따른 농도의 경향이 뚜렷하지 않았지만, T-N과 T-P의 경우 유출 초기에 농도가 가장 높았다가 유출이 진행됨에 따라 점차 그 농도가 낮아지는 경향을 보였으며, 이는 특히 T-P에서 뚜렷하게 나타났다. BOD는 2.67-3.91 mg/L, T-N은 2.69-4.36 mg/L, T-P는 0.147-0.724 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



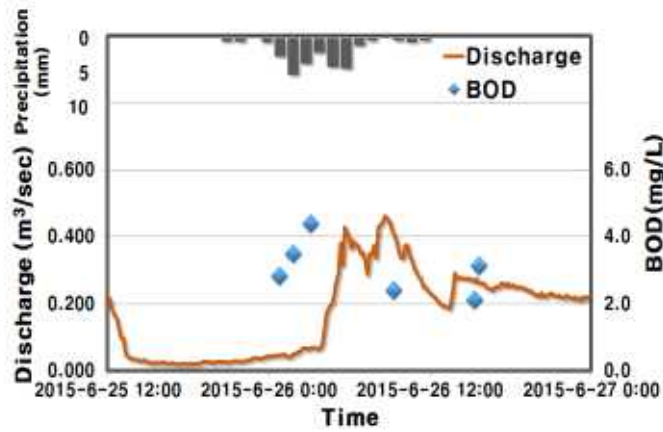
(b) T-N



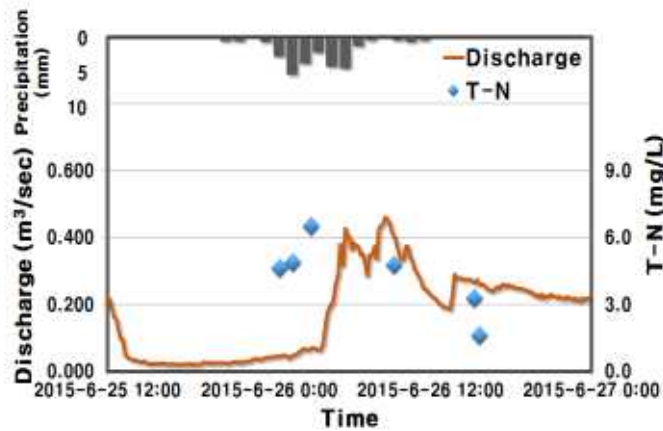
(c) T-P

<그림 3-97> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 2차 모니터링)

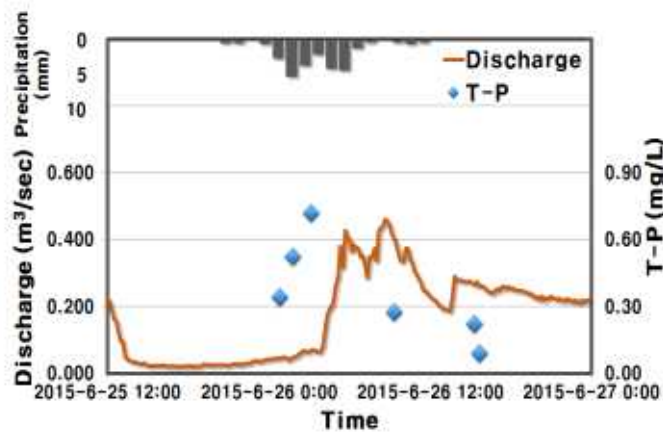
<그림 3-98>은 PW-04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N, T-P 모두 농도가 점점 높아졌다가 유출이 진행됨에 따라 농도가 낮아지는 경향을 보인다. BOD는 2.12-4.39 mg/L, T-N은 1.61-6.50 mg/L, T-P는 0.091-0.719 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



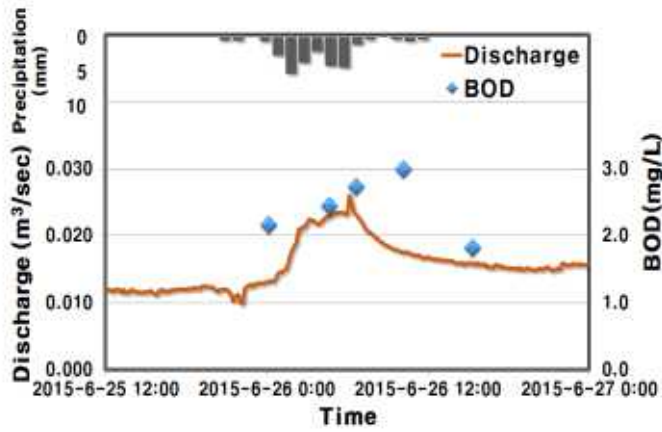
(b) T-N



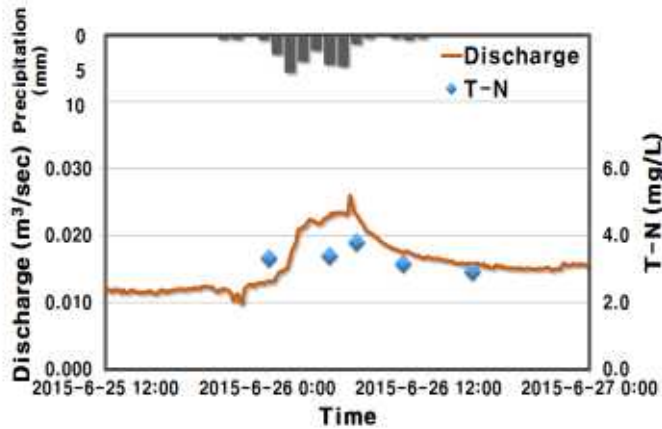
(c) T-P

<그림 3-98> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 2차 모니터링)

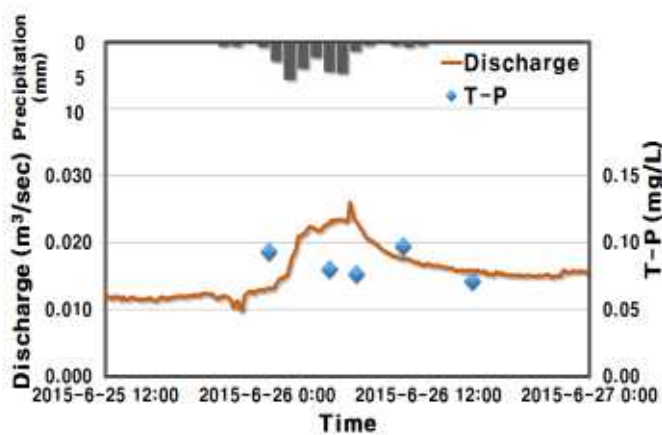
<그림 3-99>은 PW-05지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.81-2.99 mg/L, T-N은 2.92-3.80 mg/L, T-P는 0.071-0.097 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



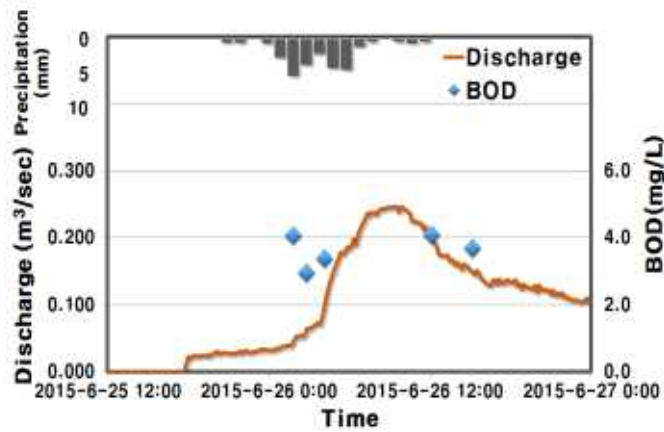
(b) T-N



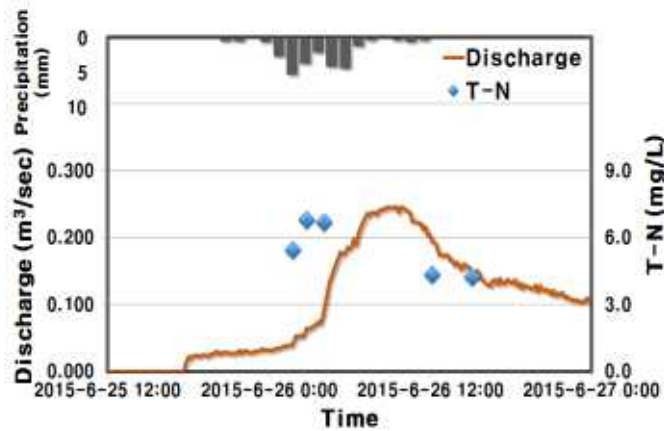
(c) T-P

<그림 3-99> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 2차 모니터링)

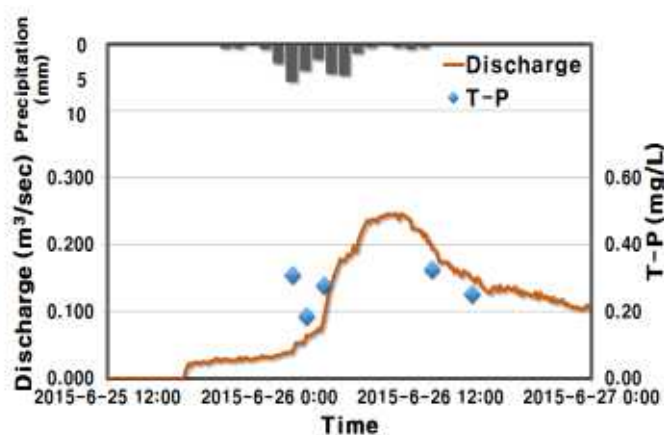
<그림 3-100>은 PW-'1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.95-4.08 mg/L, T-N은 4.25-6.80 mg/L, T-P는 0.186-0.324 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



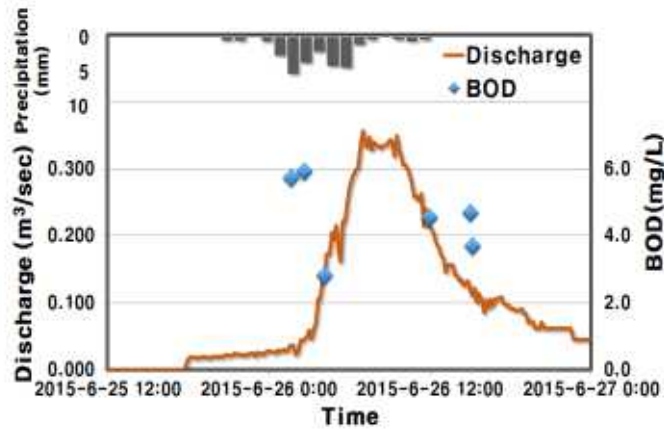
(b) T-N



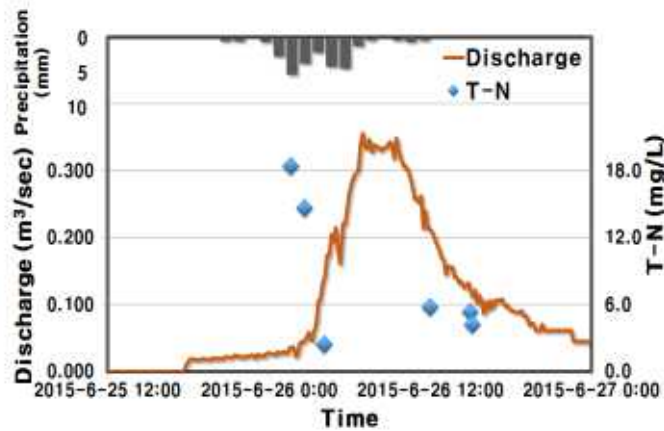
(c) T-P

<그림 3-100> 정밀 모니터링 결과 (PW-'1, 2차 모니터링)

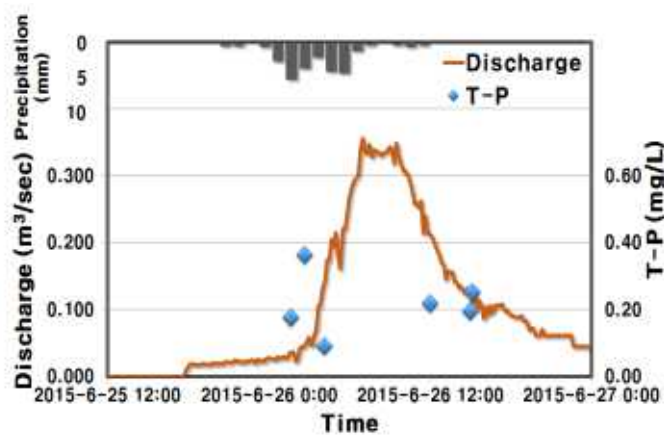
<그림 3-101>은 PW-'2지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N의 경우 농도가 점차 감소하는 경향을 나타내었다. BOD는 2.81-5.92 mg/L, T-N은 2.46-18.42 mg/L, T-P는 0.091-0.362 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



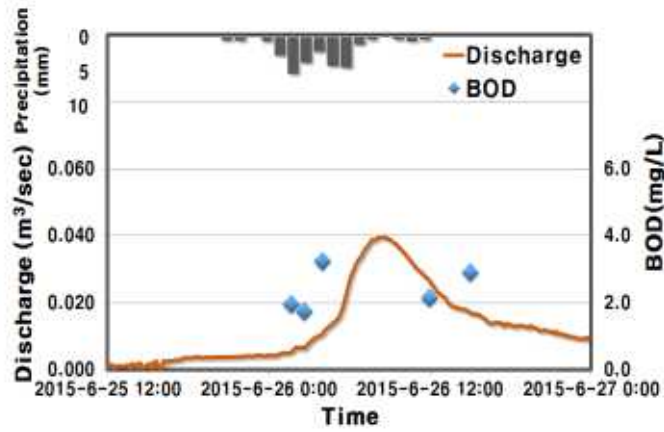
(b) T-N



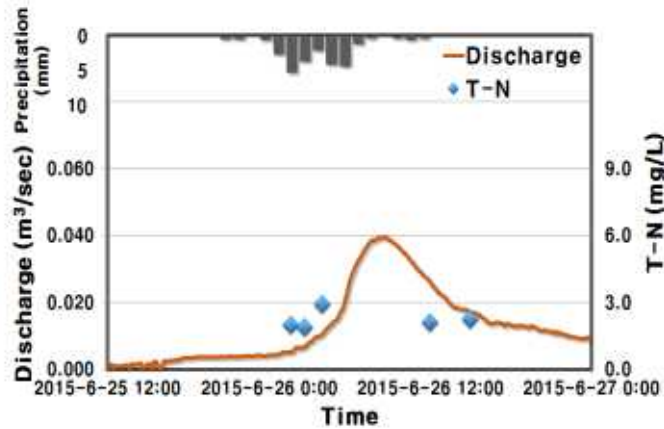
(c) T-P

<그림 3-101> 정밀 모니터링 결과 (PW-'2, 2차 모니터링)

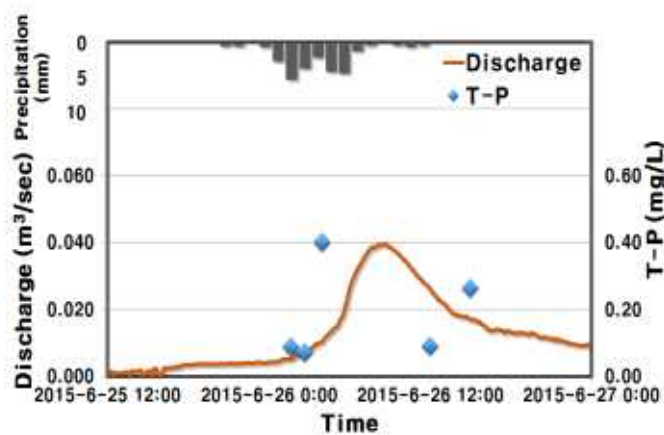
<그림 3-102>은 PW-'3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.73-3.22 mg/L, T-N은 1.89-2.92 mg/L, T-P는 0.073-0.401 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



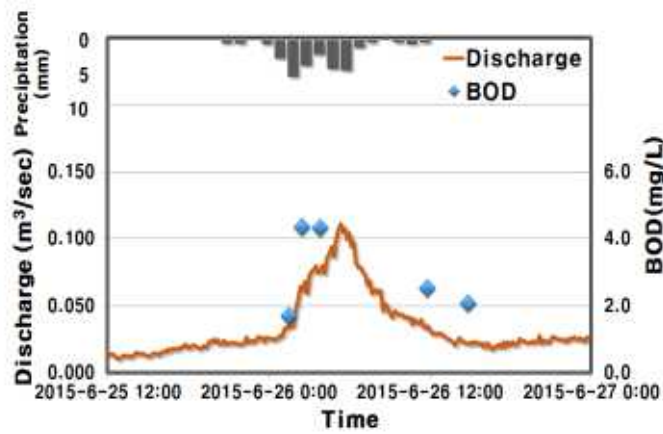
(b) T-N



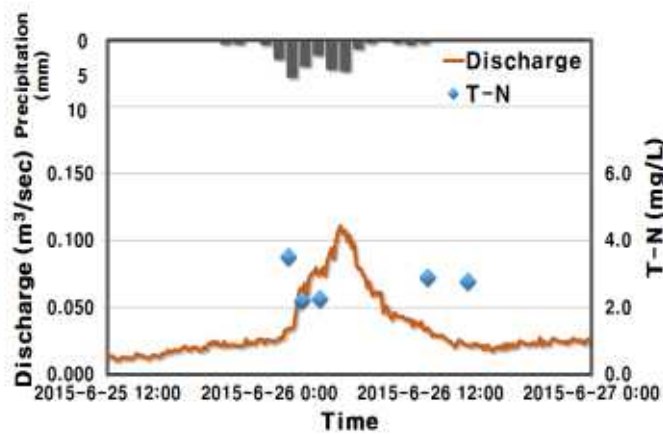
(c) T-P

<그림 3-102> 정밀 모니터링 결과 (PW-'3, 2차 모니터링)

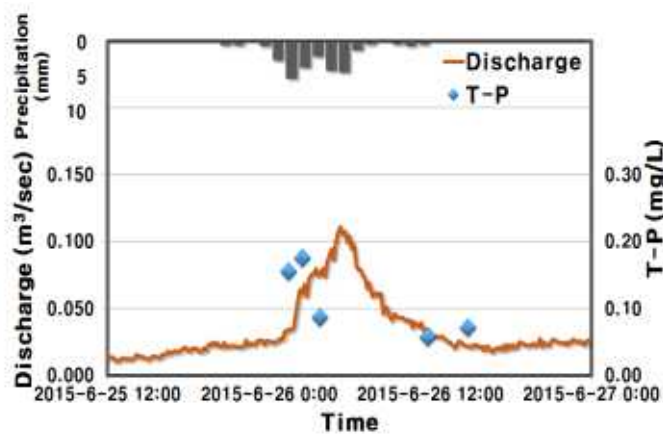
<그림 3-103>은 PW-'4지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-P의 경우 유출 초기에 농도가 가장 높았다가 점차 감소하는 경향을 보였으며, T-N은 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. BOD는 1.69-4.34 mg/L, T-N은 2.22-3.52 mg/L, T-P는 0.057-0.176 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

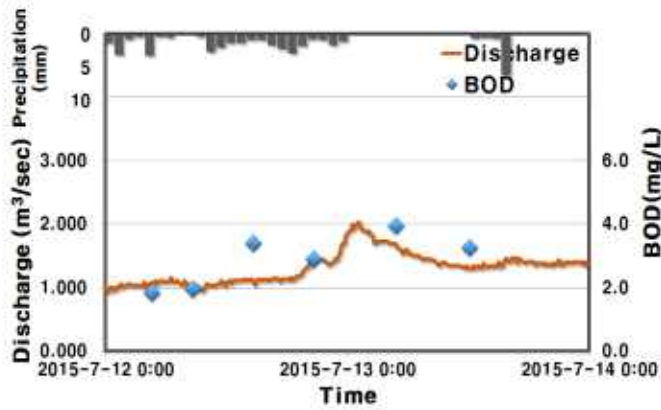


(c) T-P

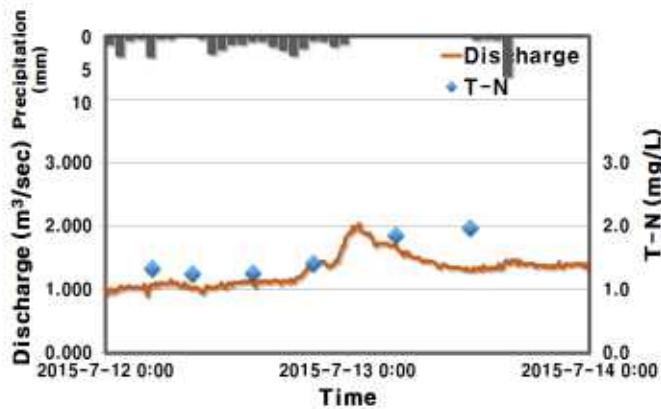
<그림 3-103> 정밀 모니터링 결과 (PW-'4, 2차 모니터링)

(3) 3차 모니터링

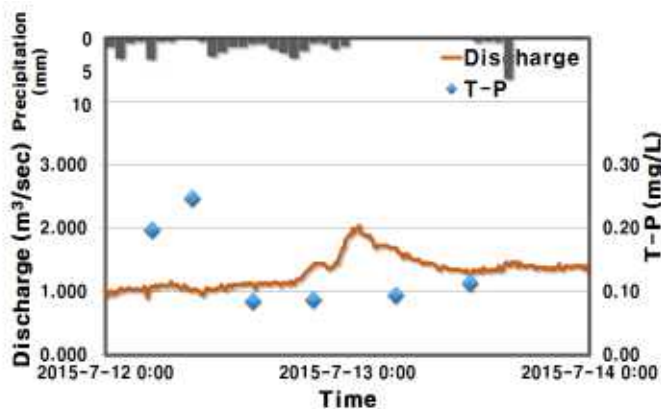
<그림 3-104>은 PW-02지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N의 경우 농도가 시간이 지남에 따라 소폭 증가하였다. T-P의 경우 초기에 농도가 가장 높았다가 점차 감소하는 경향을 보였다. BOD는 1.83-3.93 mg/L, T-N은 1.25-1.97 mg/L, T-P는 0.084-0.247 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



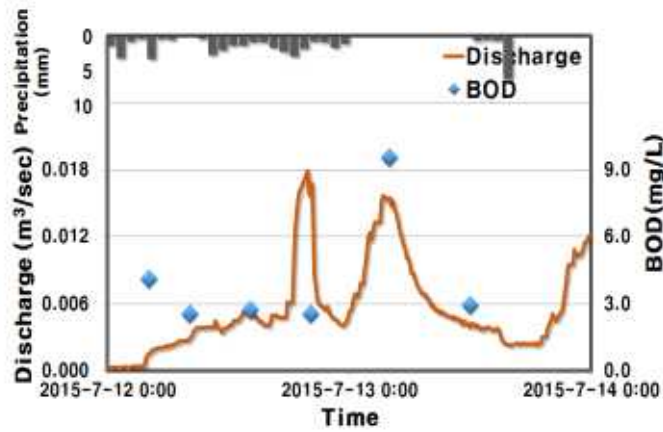
(b) T-N



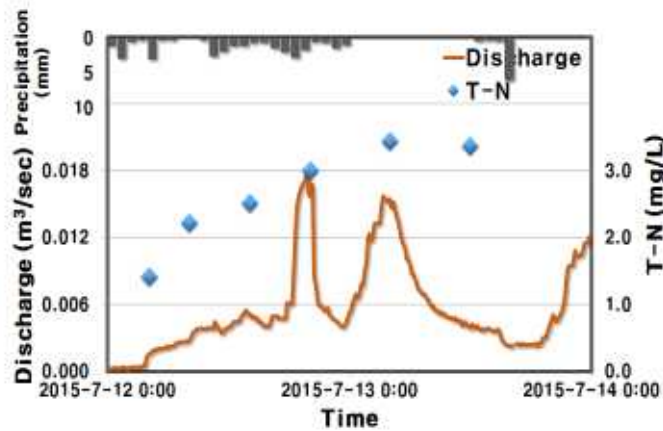
(c) T-P

<그림 3-104> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 3차 모니터링)

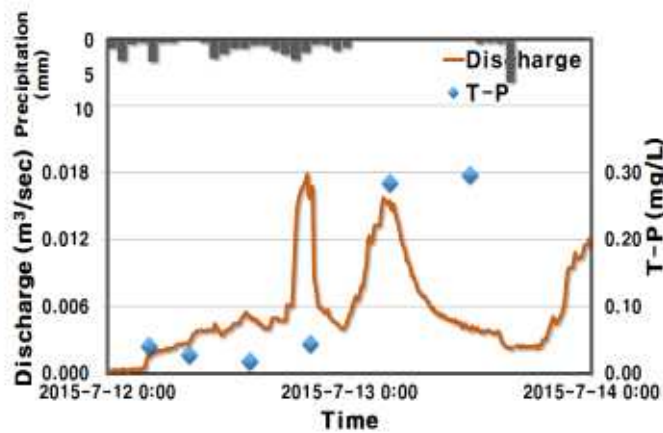
<그림 3-105>은 PW-03지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N은 농도가 점차 증가하는 경향을 나타내었으며, T-P의 경우 강우가 끝난 직후 큰 폭으로 농도가 증가하였다. BOD는 2.54-9.53 mg/L, T-N은 1.42-3.44 mg/L, T-P는 0.018-0.297 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



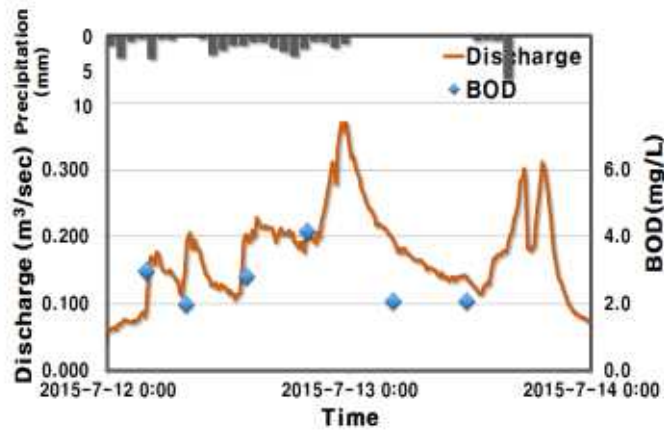
(b) T-N



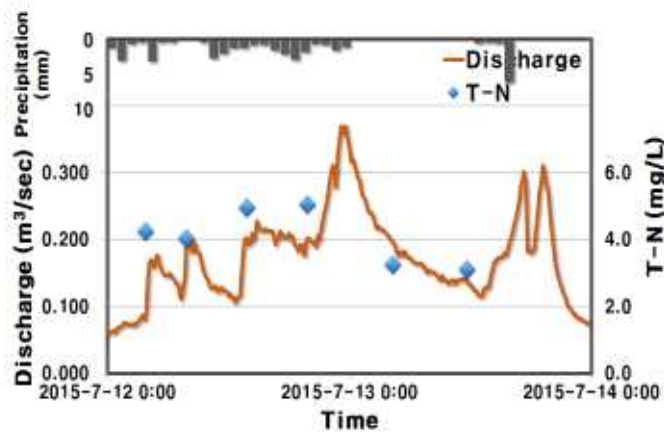
(c) T-P

<그림 3-105> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 3차 모니터링)

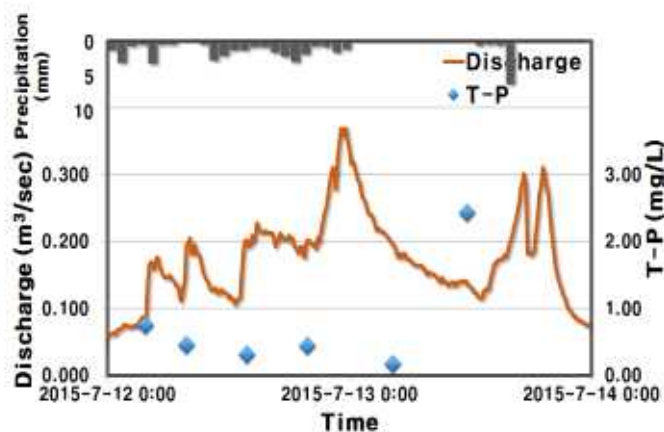
<그림 3-106>은 PW-04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.97-4.16 mg/L, T-N은 3.10-5.05 mg/L, T-P는 0.170-2.432 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



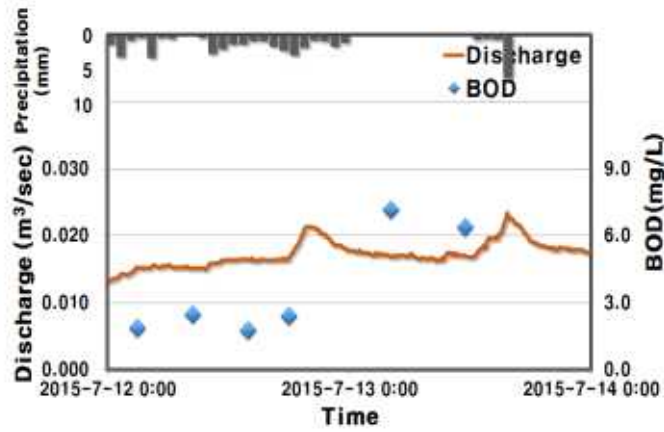
(b) T-N



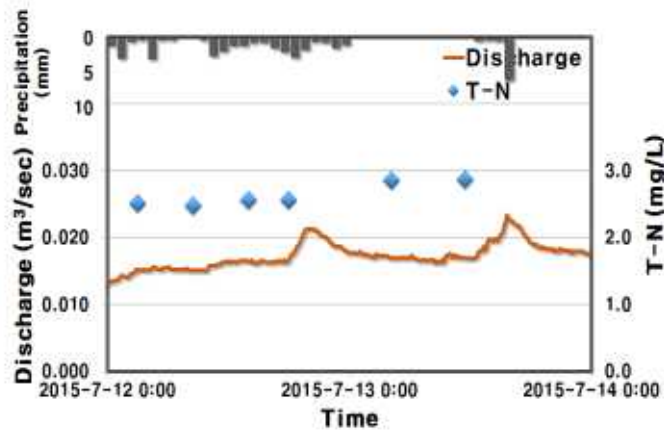
(c) T-P

<그림 3-106> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 3차 모니터링)

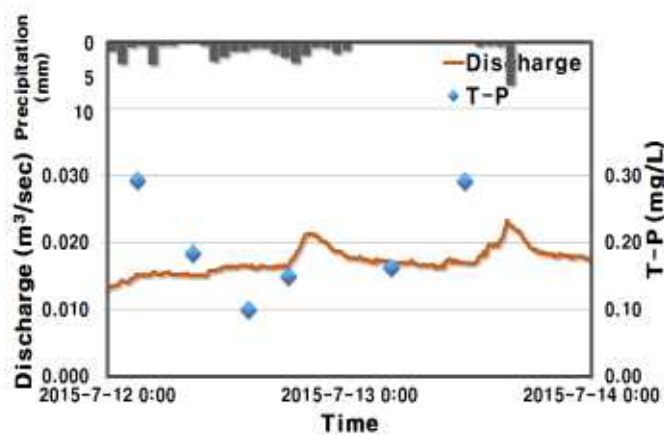
<그림 3-107>은 PW-05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N의 경우 강우가 끝난 직후 농도가 큰 폭으로 증가하였다. BOD는 1.77-7.15 mg/L, T-N은 2.48-2.87 mg/L, T-P는 0.099-0.293 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



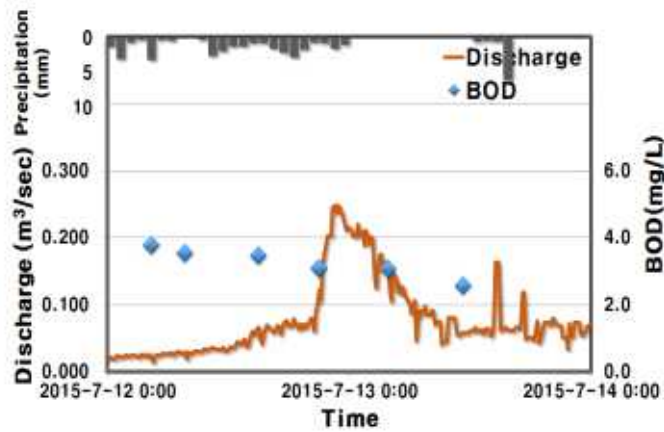
(b) T-N



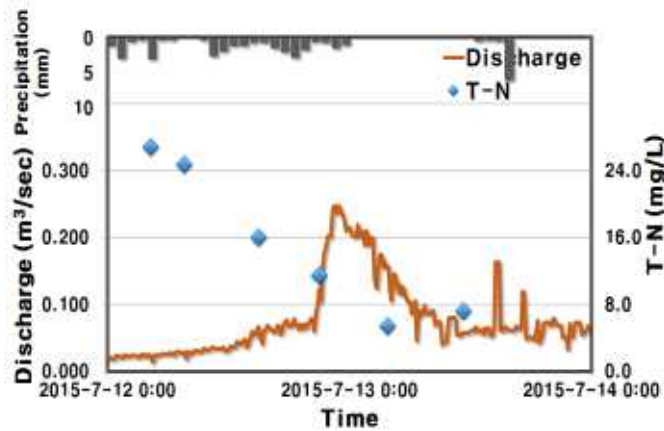
(c) T-P

<그림 3-107> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 3차 모니터링)

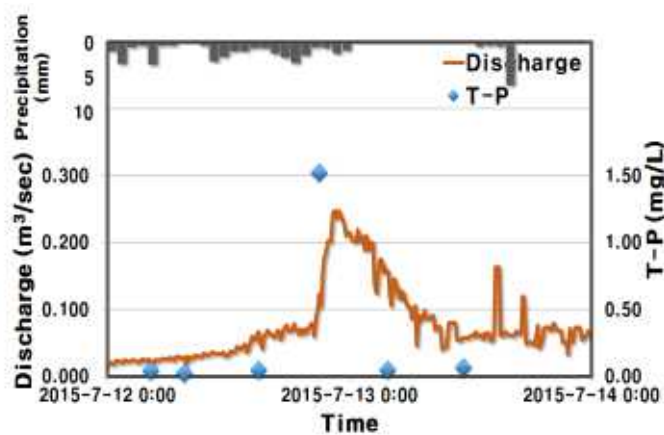
<그림 3-108>은 PW-'1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N은 농도가 점차 감소하는 경향을 보인다. BOD는 1.96-3.21 mg/L, T-N은 4.95-13.78 mg/L, T-P는 0.025-0.104 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



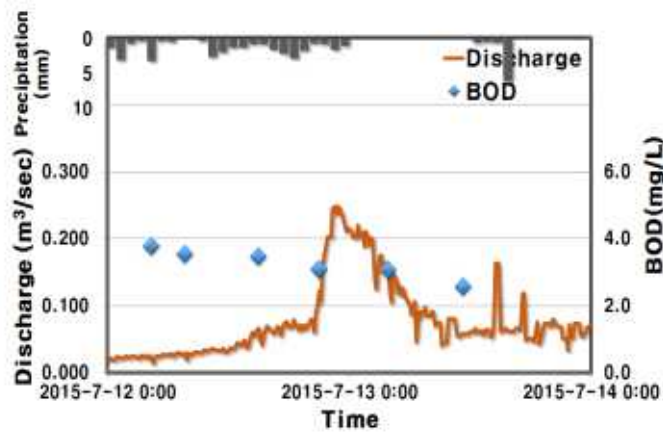
(b) T-N



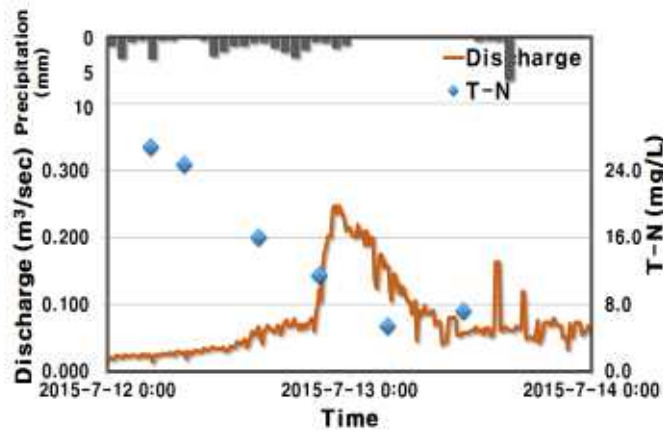
(c) T-P

<그림 3-108> 정밀 모니터링 결과 (PW-'1, 3차 모니터링)

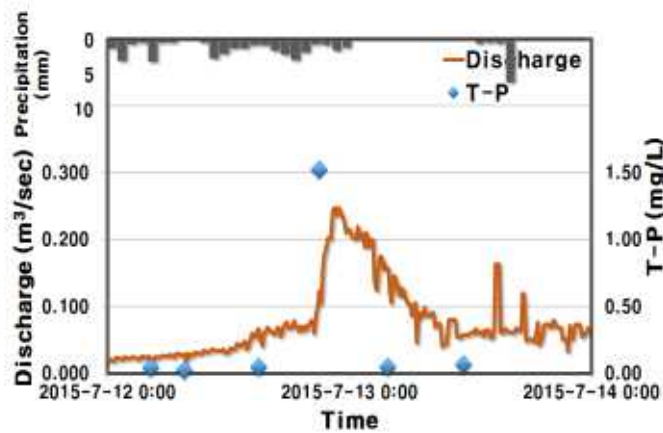
<그림 3-109>은 PW-'2지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N의 경우 농도가 점차 감소하였으며, 특히 T-N의 경우 BOD에 비해 농도의 감소폭이 컸다. BOD는 2.58-3.77 mg/L, T-N은 5.43-26.85 mg/L, T-P는 0.026-1.524 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



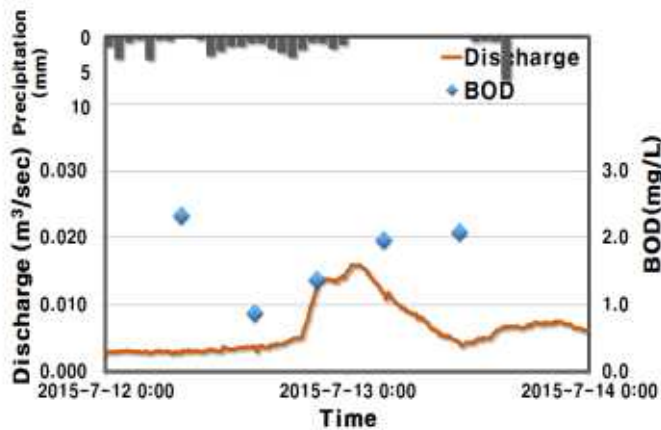
(b) T-N



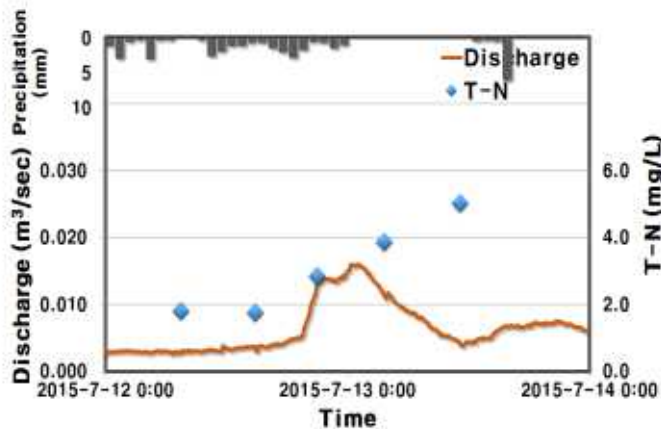
(c) T-P

<그림 3-109> 정밀 모니터링 결과 (PW-'2, 3차 모니터링)

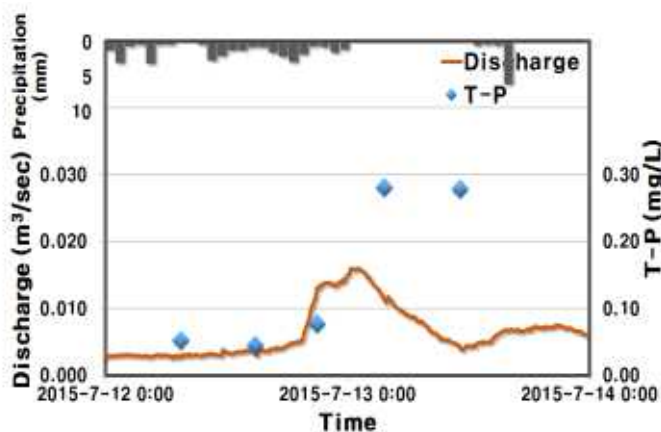
<그림 3-110>은 PW-'3지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N, T-P의 농도는 시간이 지남에 따라 점차 증가하는 경향을 보였다. T-N의 경우 유출이 진행됨에 따라 농도가 점차 증가하였다. T-P의 경우 강우가 끝난 직후 큰 폭으로 농도가 증가하였다. BOD는 0.87-2.32 mg/L, T-N은 1.77-5.04 mg/L, T-P는 0.045-0.281 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



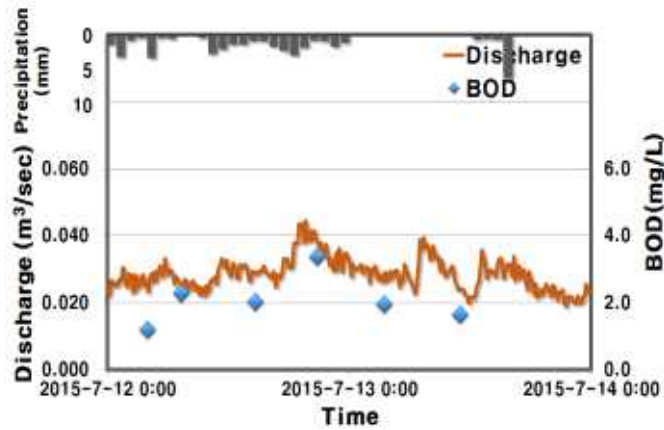
(b) T-N



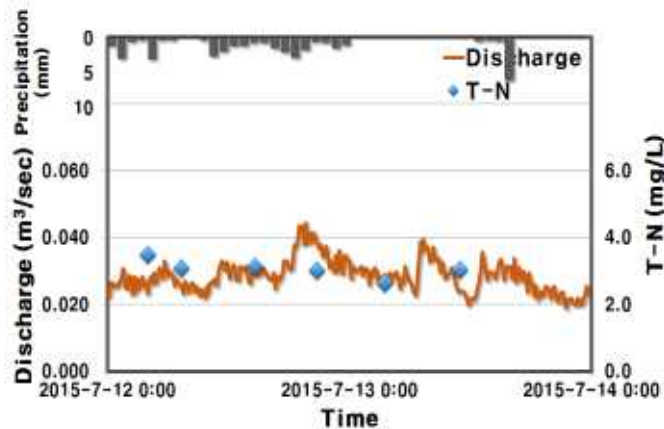
(c) T-P

<그림 3-110> 정밀 모니터링 결과 (PW-'3, 3차 모니터링)

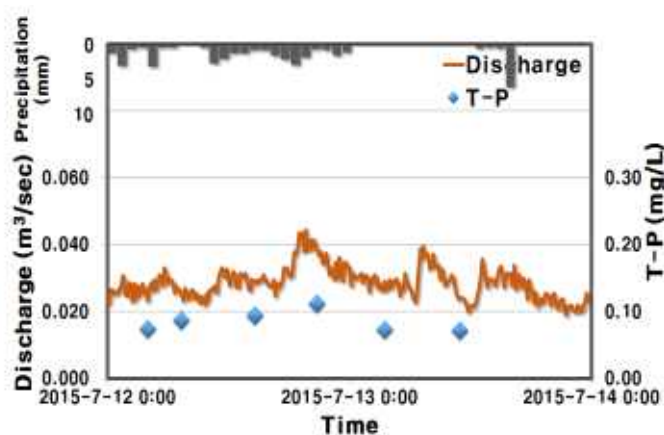
<그림 3-111>은 PW-'4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.19-3.37 mg/L, T-N은 2.64-3.49 mg/L, T-P는 0.071-0.112 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

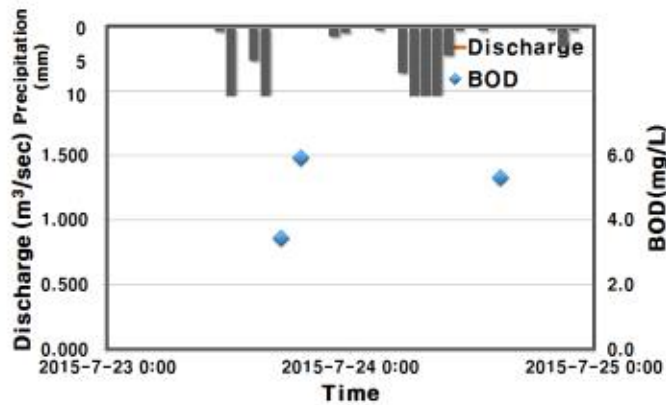


(c) T-P

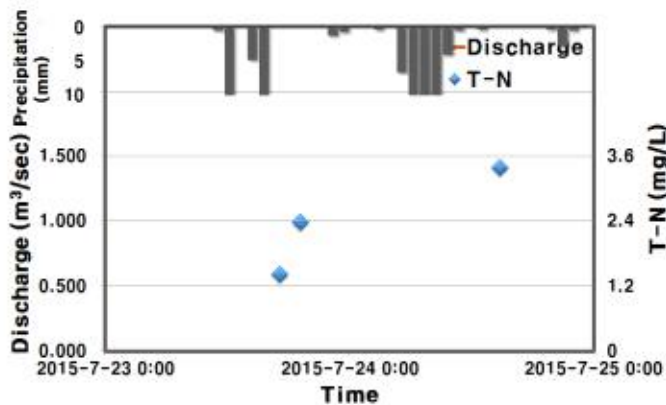
<그림 3-111> 정밀 모니터링 결과 (PW-'4, 3차 모니터링)

(4) 4차 모니터링

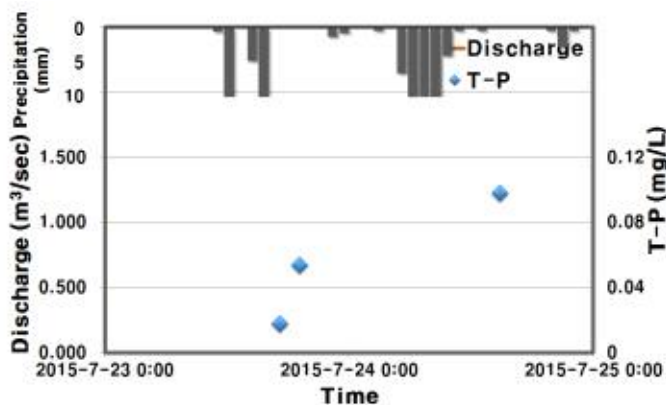
<그림 3-112>은 PW-02지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N, T-P의 농도는 점차 증가하였으나, BOD의 경우 일정한 경향성을 보이지 않았다. BOD는 3.45-5.93 mg/L, T-N은 1.41-3.39 mg/L, T-P는 0.018-0.098 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



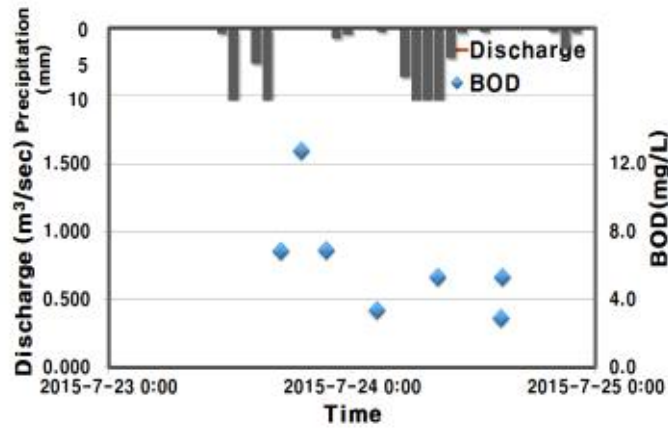
(b) T-N



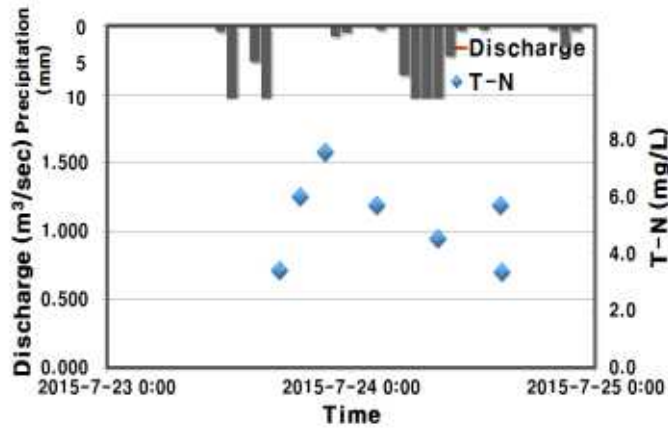
(c) T-P

<그림 3-112> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 4차 모니터링)

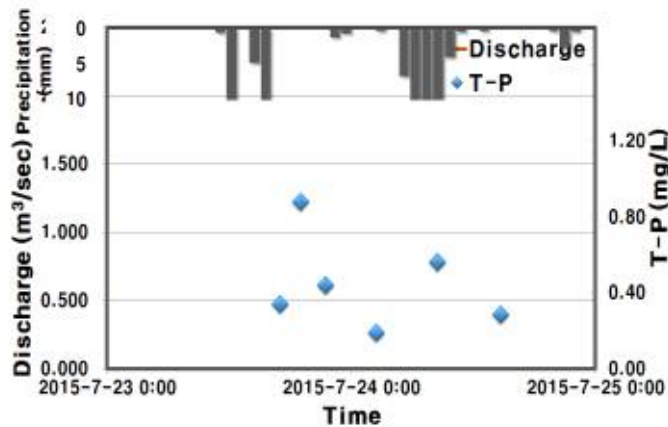
<그림 3-113>은 PW-03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD, T-N, T-P의 농도는 점점 증가하다가 감소한 후, 다시 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였다. BOD는 2.91-12.77 mg/L, T-N은 3.39-7.59 mg/L, T-P는 0.190-0.879 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



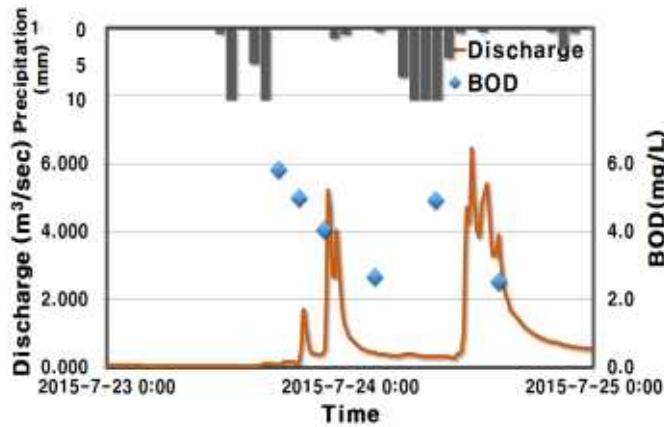
(b) T-N



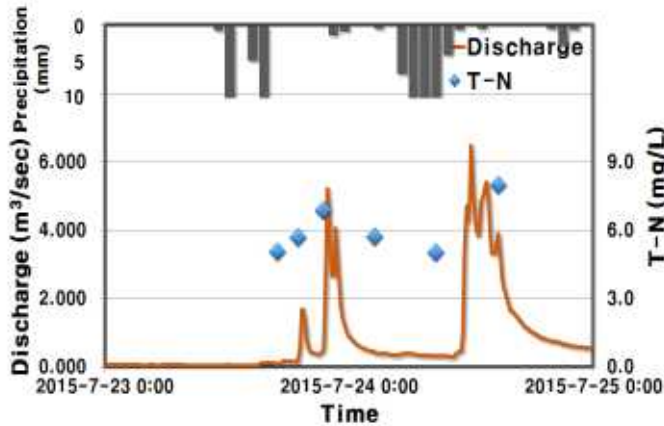
(c) T-P

<그림 3-113> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 4차 모니터링)

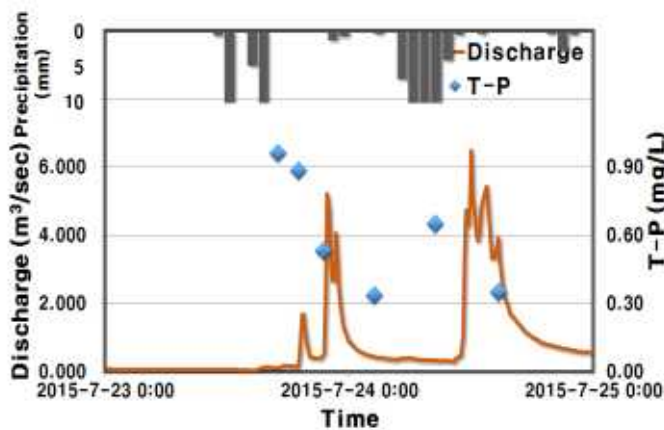
<그림 3-114>은 PW-04지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-P의 경우 가장 높은 값에서 시작해 유출이 발생함에 따라 점점 감소하는 형태로 비슷한 경향을 보였고, T-N의 경우에는 증가했다가 감소하는 경향을 보였다. BOD는 3.14-10.63 mg/L, T-N은 2.63-4.31 mg/L, T-P는 0.016-0.074 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



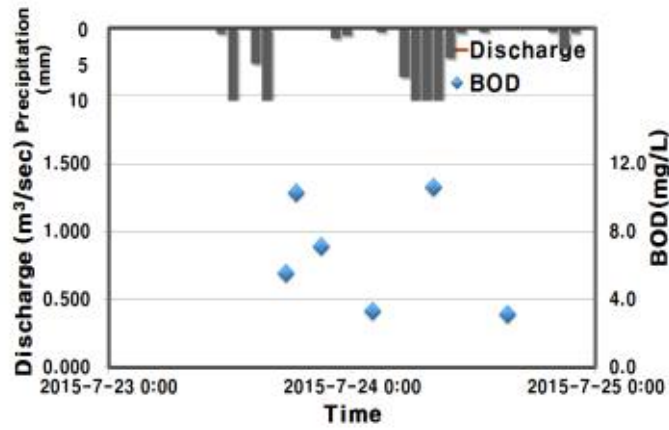
(b) T-N



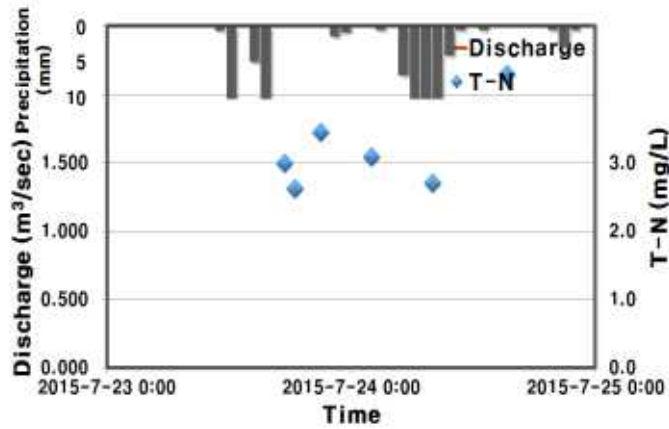
(c) T-P

<그림 3-114> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 4차 모니터링)

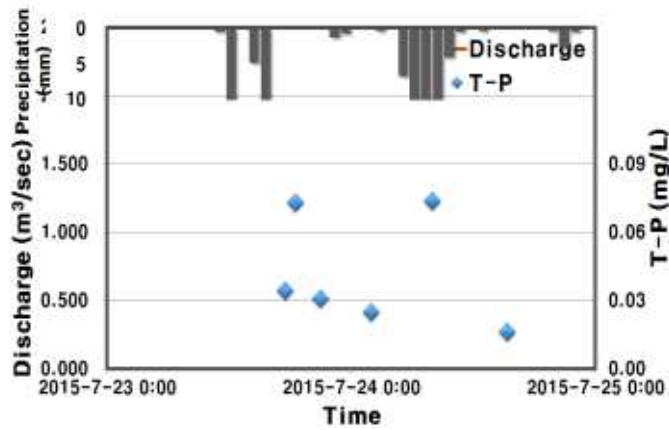
<그림 3-115>은 PW-05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-P의 농도는 강우 시 증가했다가 감소하는 형태로, 비슷한 경향성을 보이나, T-N의 경우 일정한 경향성을 보이지 않았다. BOD는 3.14-10.63 mg/L, T-N은 2.63-4.31 mg/L, T-P는 0.016-0.074 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



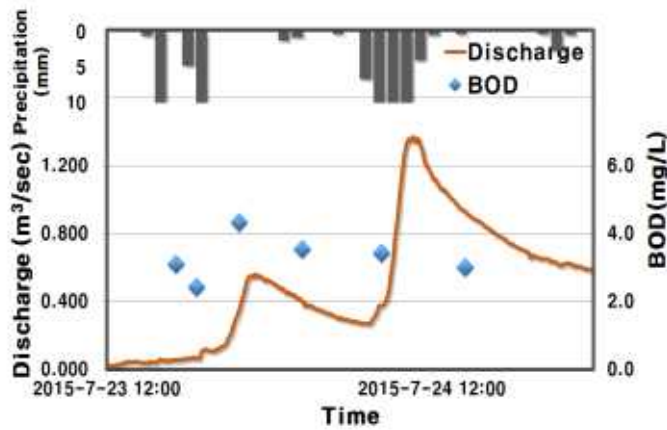
(b) T-N



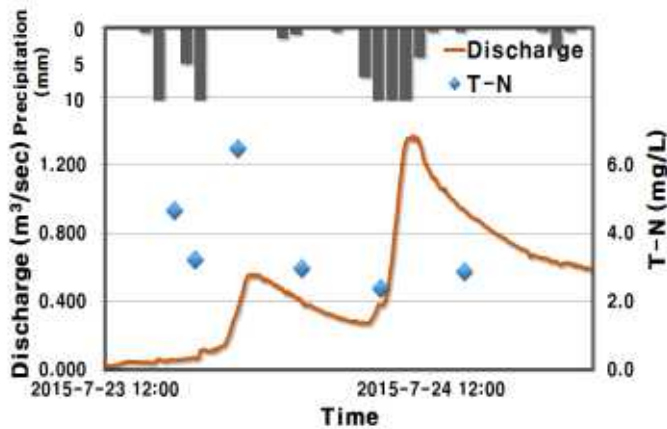
(c) T-P

<그림 3-115> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 4차 모니터링)

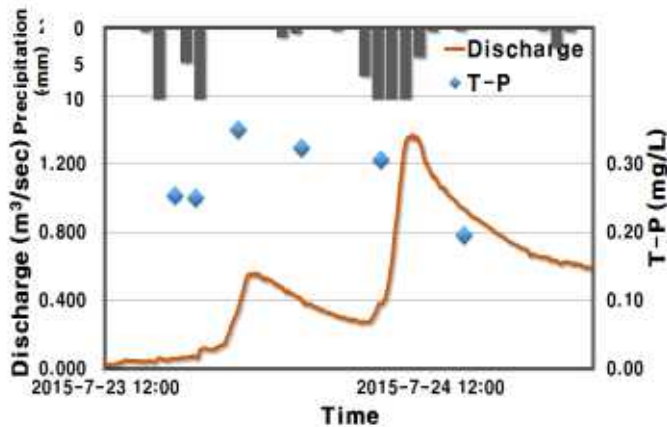
<그림 3-116>은 PW- '1지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N의 농도는 비슷한 경향성을 보이거나, T-P의 경우 일정한 경향성을 보이지 않았다. BOD는 2.43-4.35 mg/L, T-N은 2.40-6.49 mg/L, T-P는 0.195-0.350 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



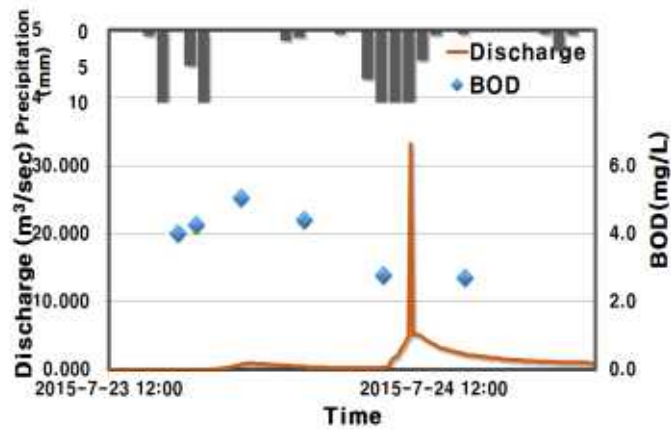
(b) T-N



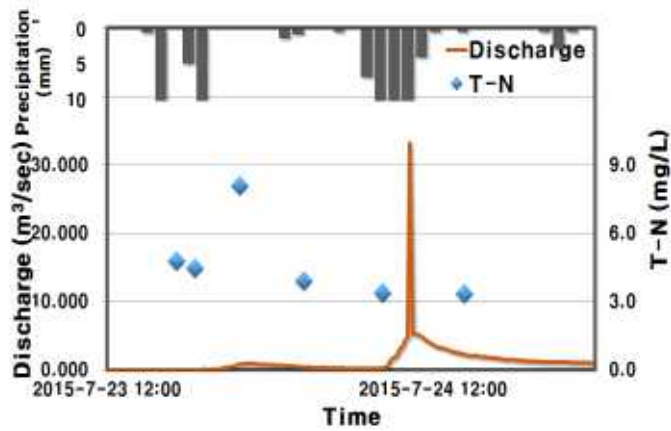
(c) T-P

<그림 3-116> 정밀 모니터링 결과 (PW-'1, 4차 모니터링)

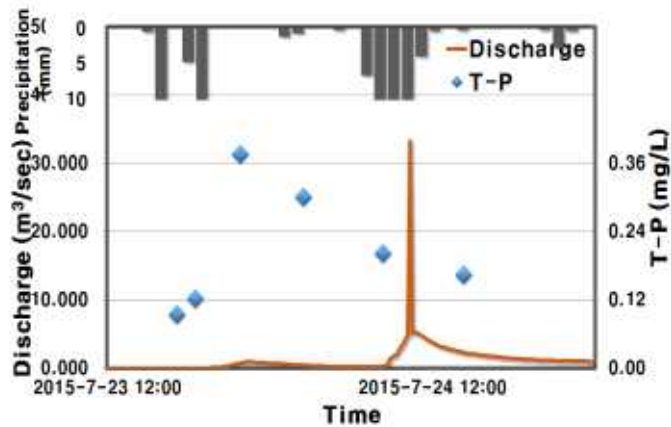
<그림 3-117>은 PW- '2지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P의 농도는 증가했다가 감소하는 경향을 보였다. BOD는 2.72-5.06 mg/L, T-N은 3.35-8.11 mg/L, T-P는 0.095-0.376 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



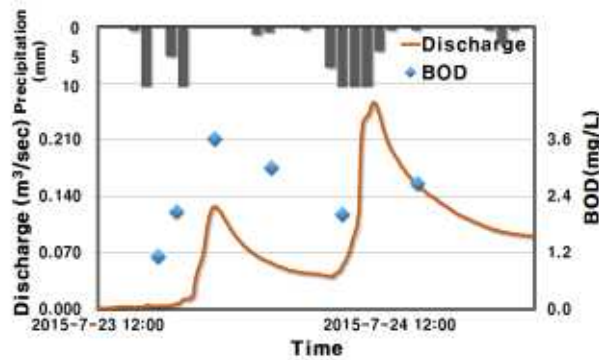
(b) T-N



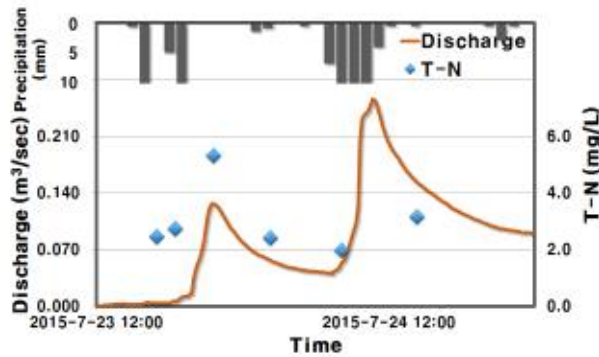
(c) T-P

<그림 3-117> 정밀 모니터링 결과 (PW-'2, 4차 모니터링)

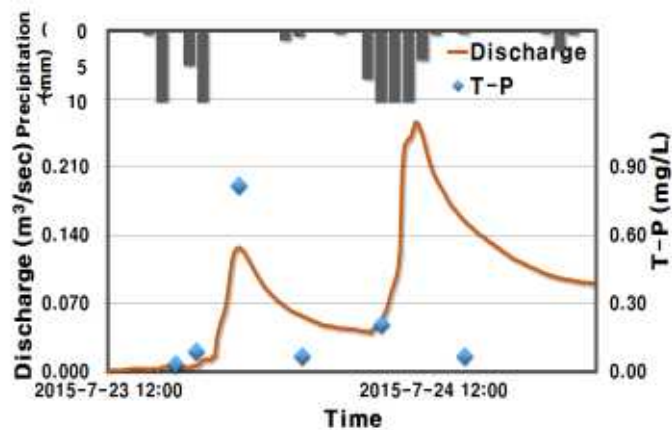
<그림 3-118>은 PW- '3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P의 농도는 유출량과 비슷한 경향성을 보였다. BOD는 1.11-3.61 mg/L, T-N은 1.98-5.33 mg/L, T-P는 0.031-0.815 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



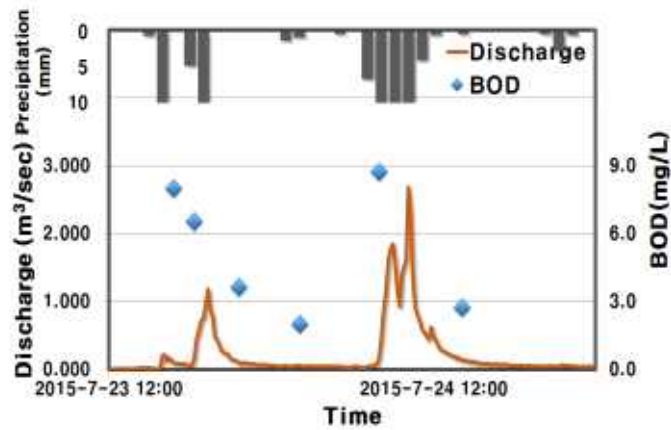
(b) T-N



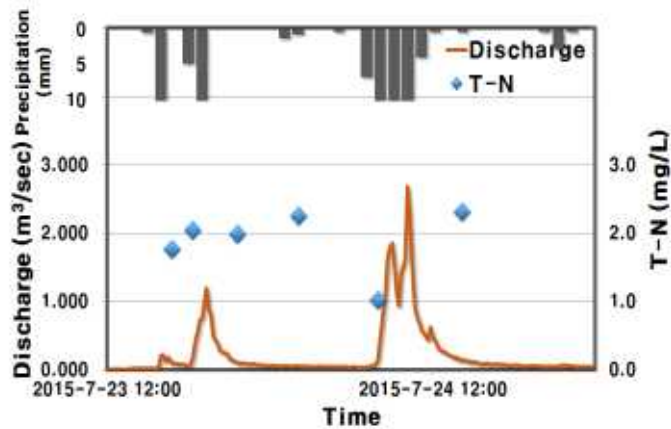
(c) T-P

<그림 3-118> 정밀 모니터링 결과 (PW-'3, 4차 모니터링)

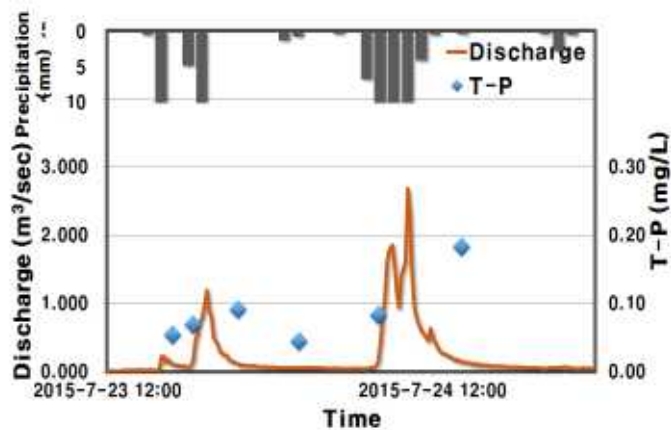
<그림 3-119>은 PW- '4지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD의 농도는 유출량과 비슷한 경향성을 보였다. 그러나 T-N과 T-P의 농도는 일정한 경향성을 보이지 않았다. BOD는 2.00-8.77 mg/L, T-N은 1.03-2.32 mg/L, T-P는 0.045-0.183 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

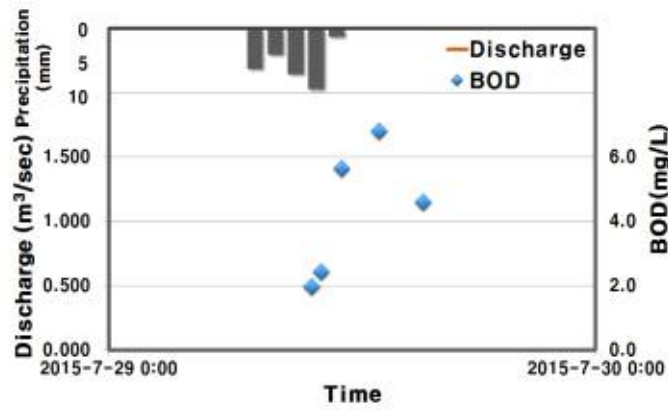


(c) T-P

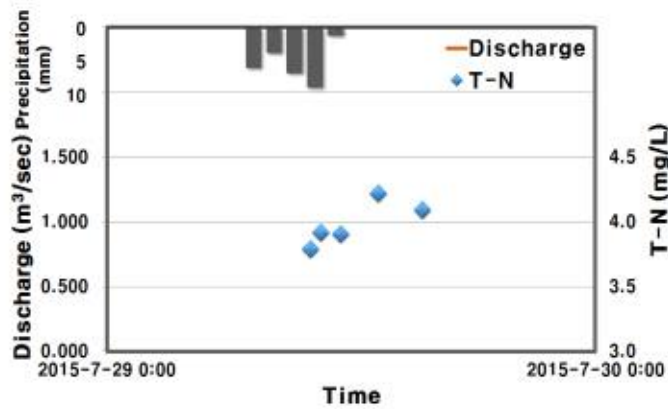
<그림 3-119> 정밀 모니터링 결과 (PW-'4, 4차 모니터링)

(5) 5차 모니터링

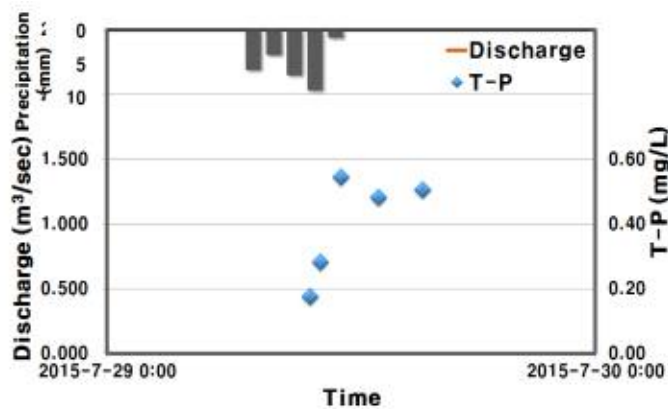
<그림 3-120>은 PW-02지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P의 농도는 강우 후 점차 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. BOD는 1.97-6.81 mg/L, T-N은 3.79-4.22 mg/L, T-P는 0.175-0.546 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



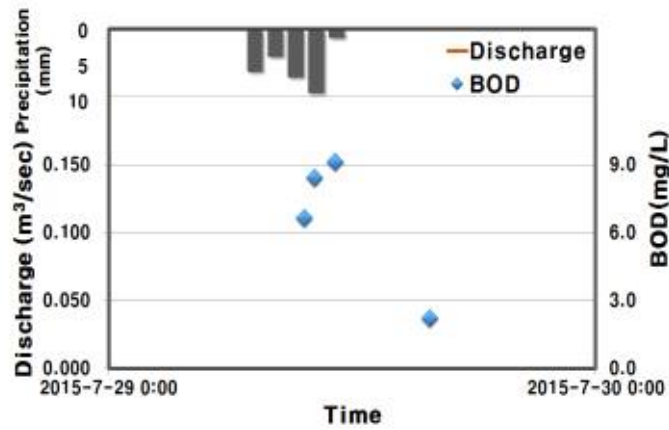
(b) T-N



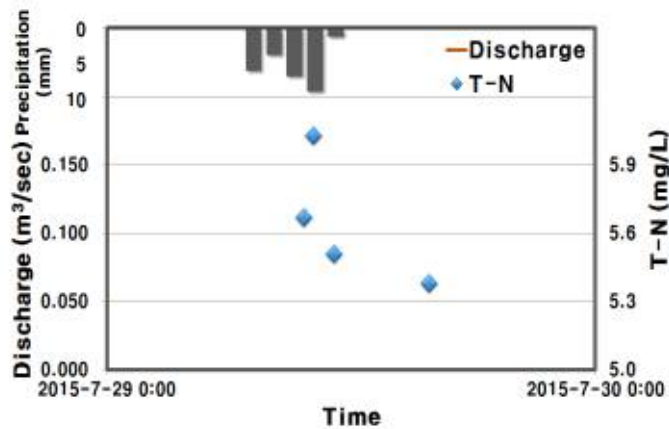
(c) T-P

<그림 3-120> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 5차 모니터링)

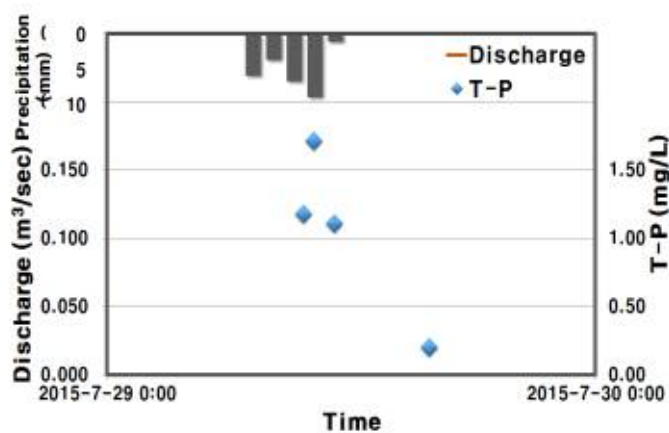
<그림 3-121>은 PW-03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.21-9.13 mg/L, T-N은 5.38-6.03 mg/L, T-P는 0.201-1.708 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



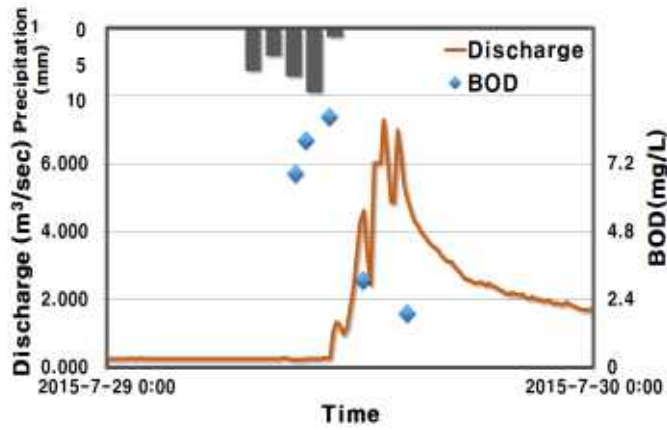
(b) T-N



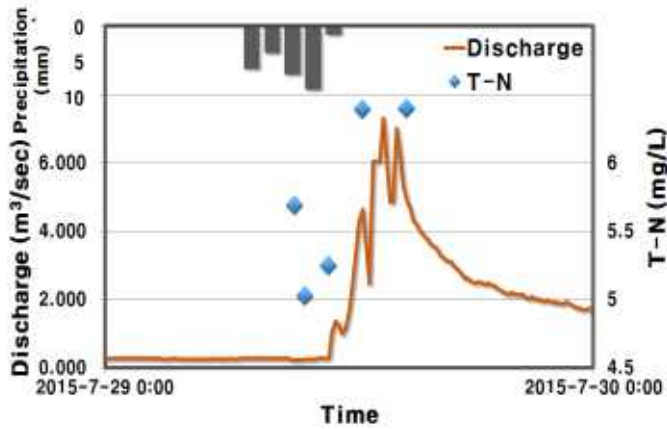
(c) T-P

<그림 3-121> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 5차 모니터링)

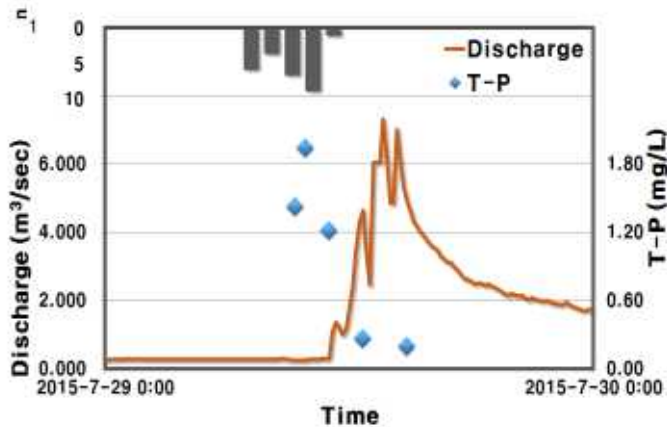
<그림 3-122>은 PW-04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-P의 농도는 비슷한 경향성을 보이거나, T-N의 농도는 일정한 경향성을 보이지 않았다. BOD는 1.92-8.86 mg/L, T-N은 5.03-6.40 mg/L, T-P는 0.197-1.943 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



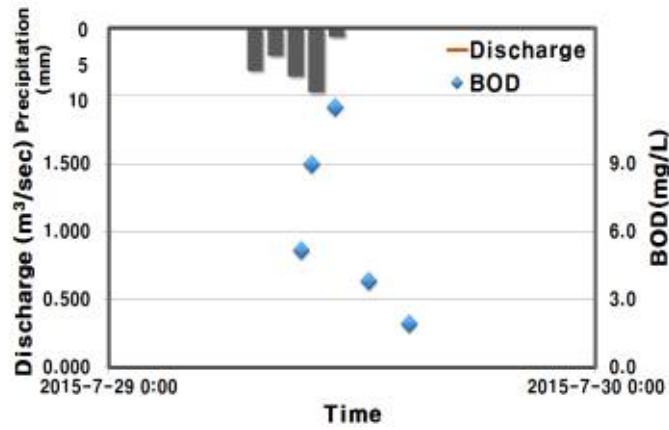
(b) T-N



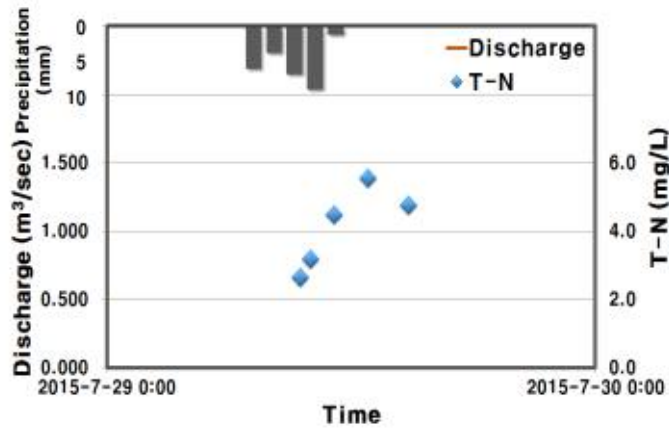
(c) T-P

<그림 3-122> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 5차 모니터링)

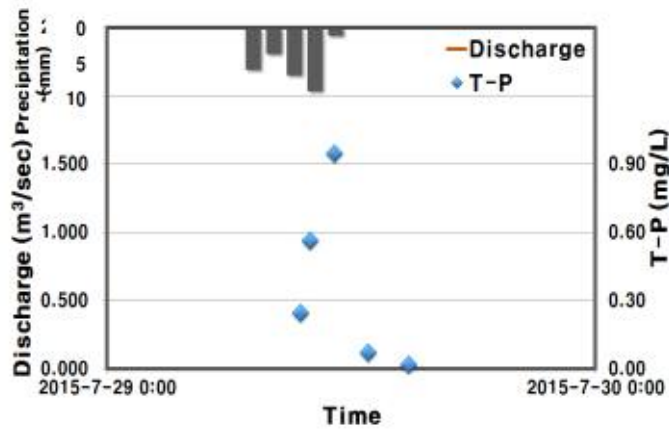
<그림 3-123>은 PW-05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P의 농도는 모두 증가했다가 감소하는 경향을 보였다. BOD는 1.95-11.52 mg/L, T-N은 2.65-5.56 mg/L, T-P는 0.018-0.946 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



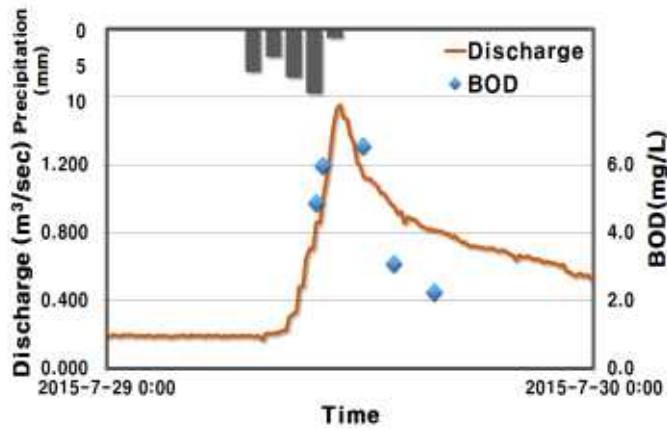
(b) T-N



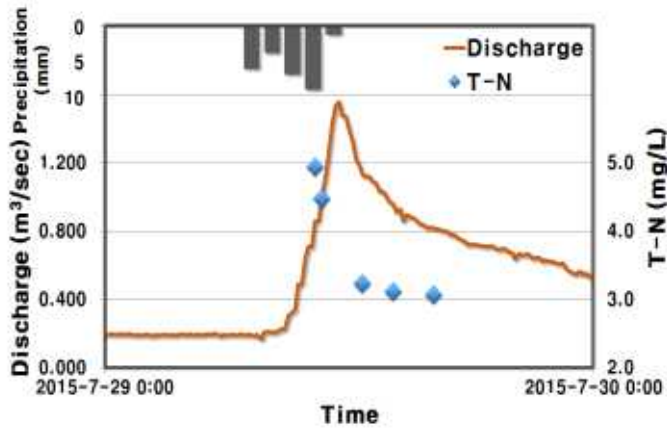
(c) T-P

<그림 3-123> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 5차 모니터링)

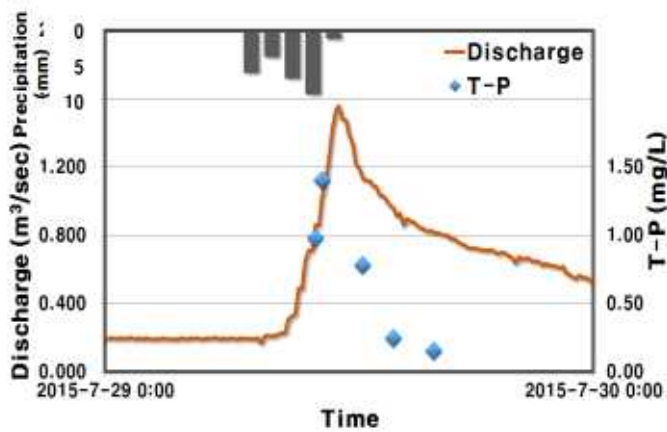
<그림 3-124>은 PW-'1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.24-6.55 mg/L, T-N은 3.07-4.95 mg/L, T-P는 0.151-1.399 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



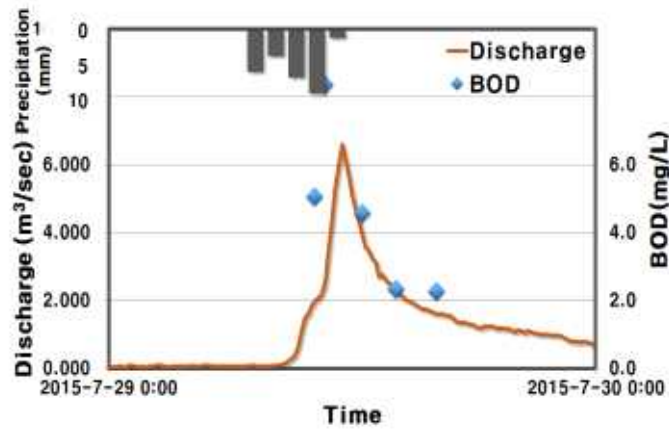
(b) T-N



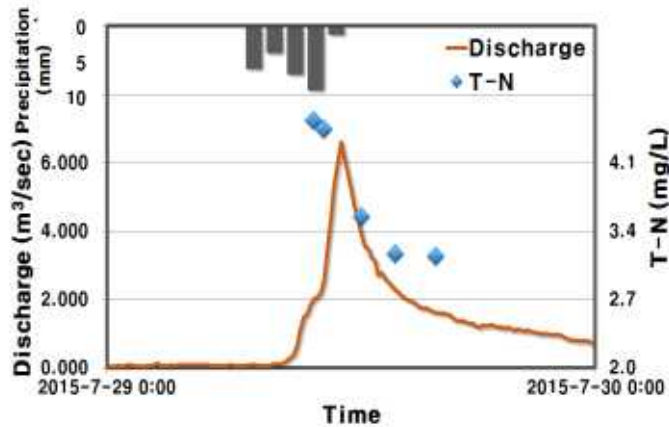
(c) T-P

<그림 3-124> 정밀 모니터링 결과 (PW-'1, 5차 모니터링)

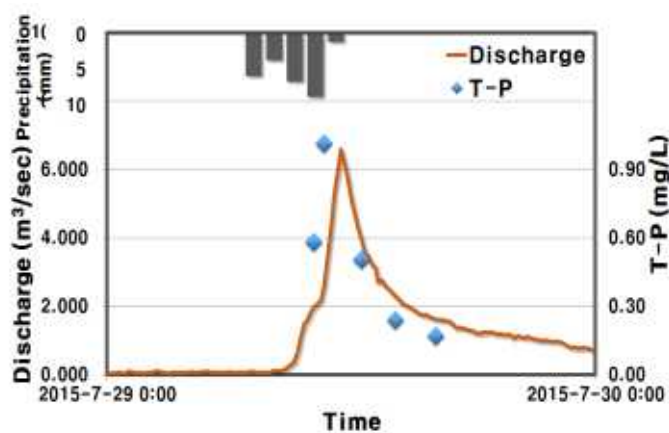
<그림 3-125>은 PW-'2지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P 점차 감소하는 경향을 보였다. BOD는 2.28-8.36 mg/L, T-N은 3.15-4.54 mg/L, T-P는 0.169-1.014 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



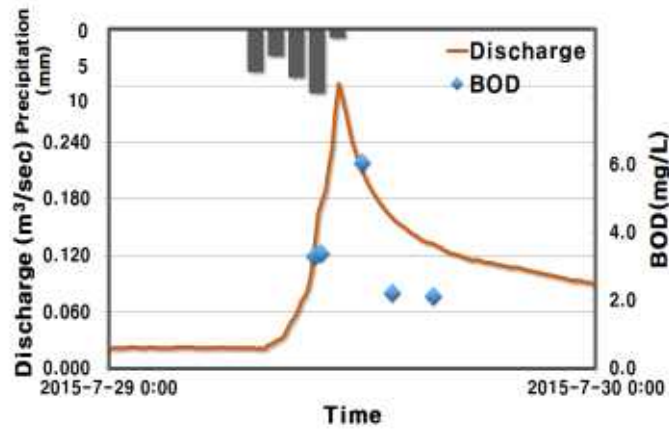
(b) T-N



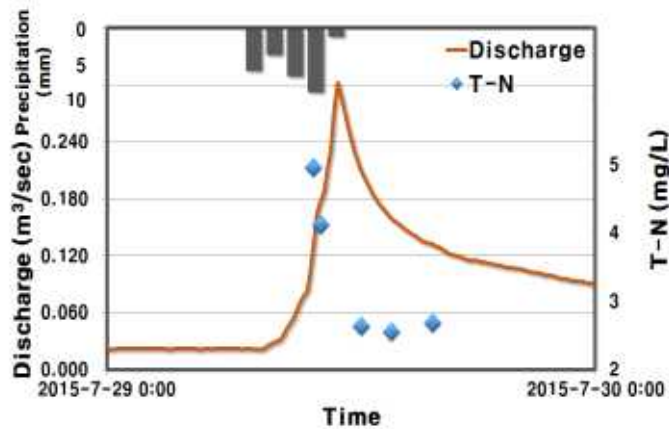
(c) T-P

<그림 3-125> 정밀 모니터링 결과 (PW-'2, 5차 모니터링)

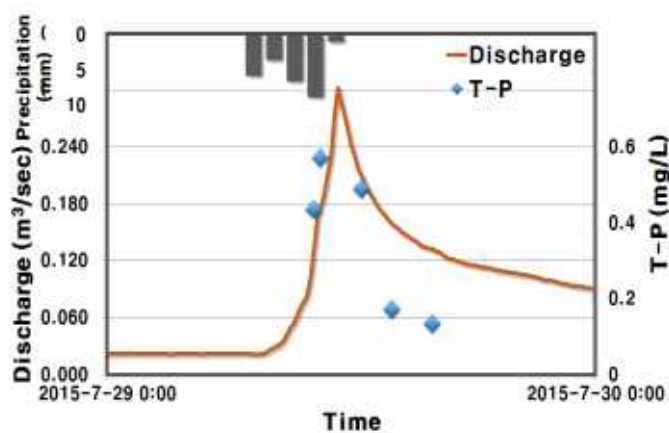
<그림 3-126>은 PW-'3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.13-6.07 mg/L, T-N은 2.57-4.97 mg/L, T-P는 0.134-0.572 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



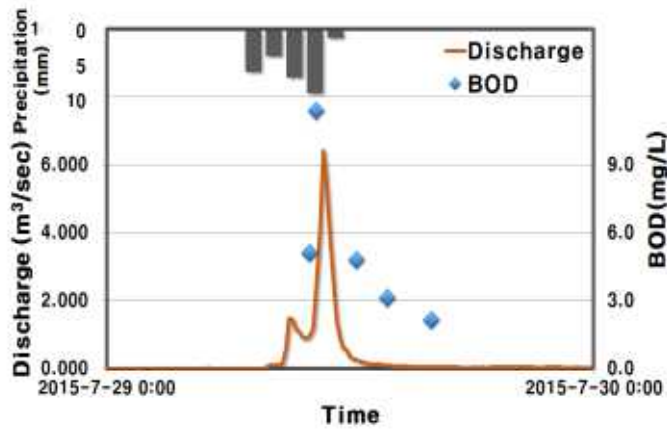
(b) T-N



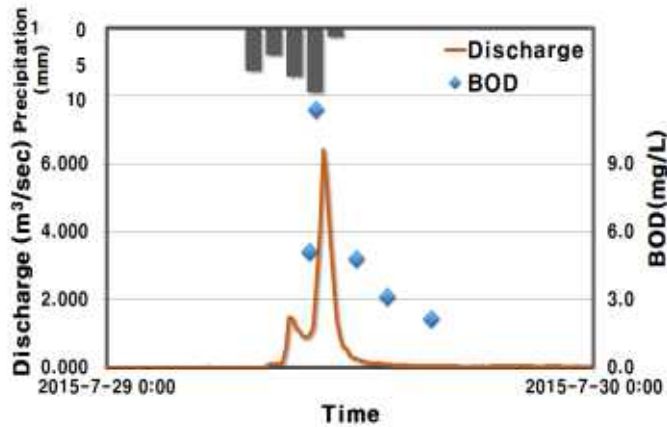
(c) T-P

<그림 3-126> 정밀 모니터링 결과 (PW-'3, 5차 모니터링)

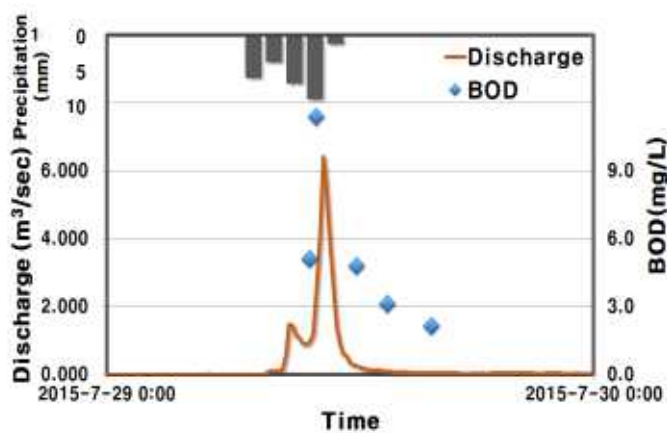
<그림 3-127>은 PW-'4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.16-11.40 mg/L, T-N은 2.81-5.04 mg/L, T-P는 0.052-0.846 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N

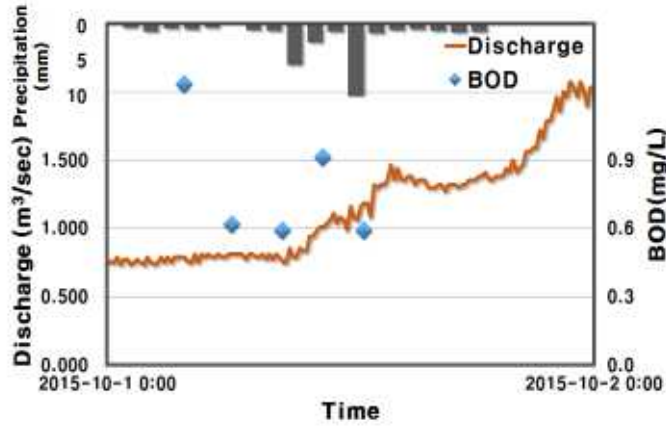


(c) T-P

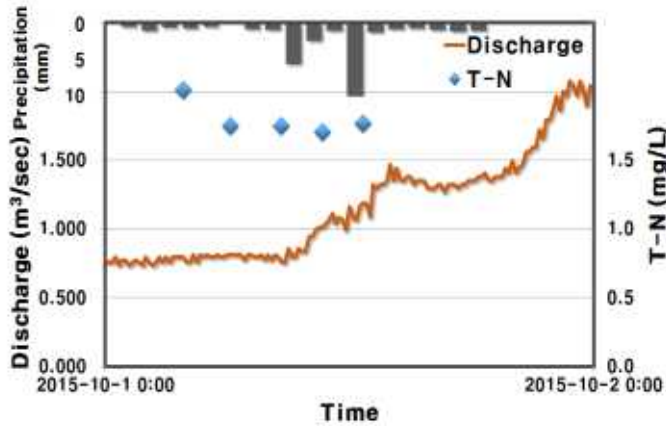
<그림 3-127> 정밀 모니터링 결과 (PW-'4, 5차 모니터링)

(6) 6차 모니터링

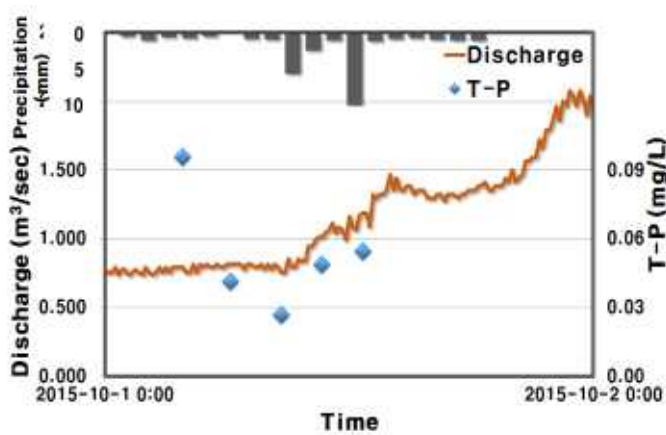
<그림 3-128>은 PW-02지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.59-1.23 mg/L, T-N은 1.71-2.02 mg/L, T-P는 0.027-0.096 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



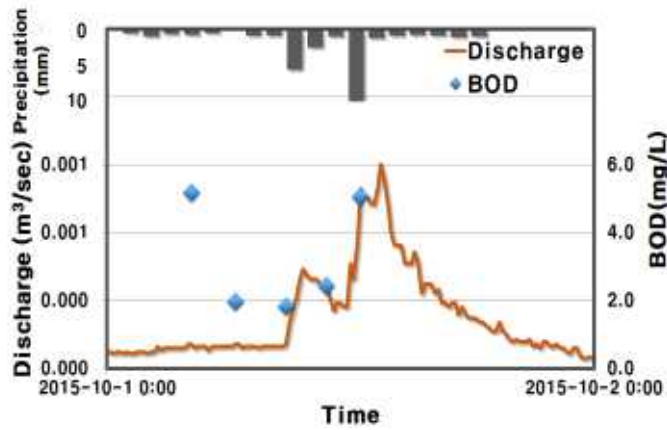
(b) T-N



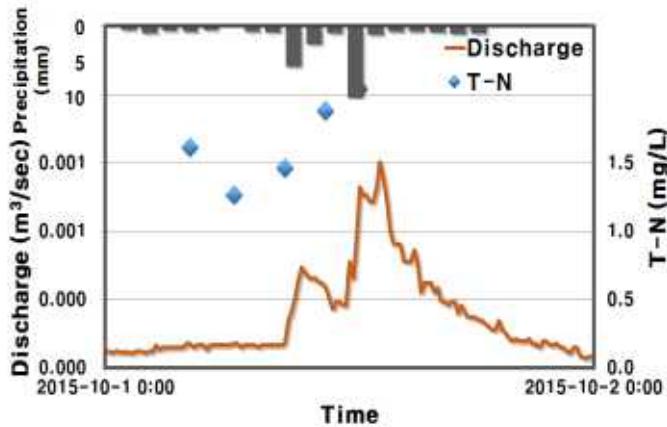
(c) T-P

<그림 3-128> 정밀 모니터링 결과 (PW-02, 6차 모니터링)

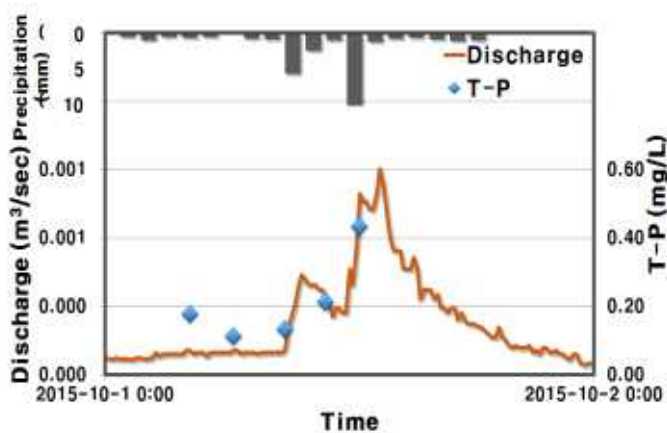
<그림 3-129>은 PW-03지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P 모두 감소했다가 증가하는 경향을 보였다. BOD는 1.84-5.18 mg/L, T-N은 1.27-2.05 mg/L, T-P는 0.114-0.434 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



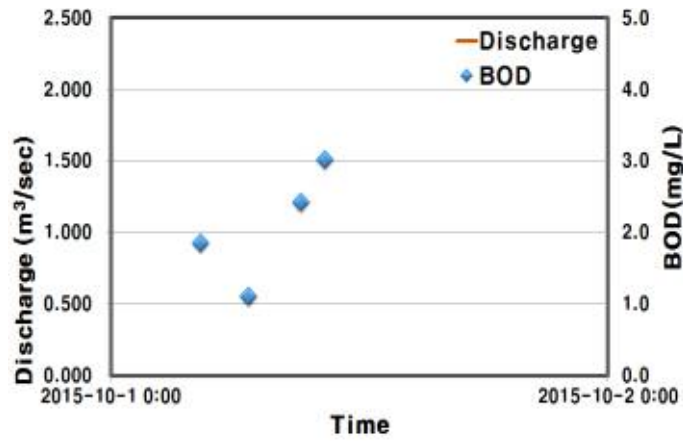
(b) T-N



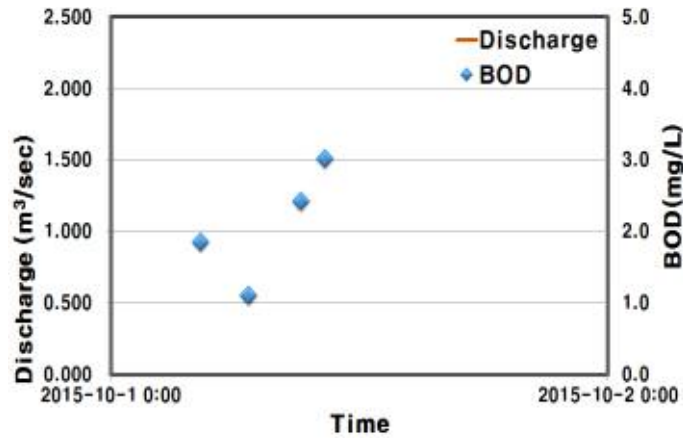
(c) T-P

<그림 3-129> 정밀 모니터링 결과 (PW-03, 6차 모니터링)

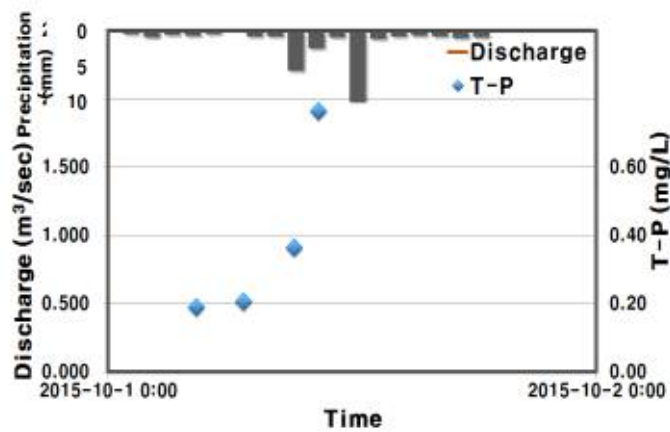
<그림 3-130>은 PW-04지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. T-N과 T-P의 농도는 점차 증가하는 경향성을 보인다. BOD는 1.11-3.02 mg/L, T-N은 3.15-6.29 mg/L, T-P는 0.188-0.762 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



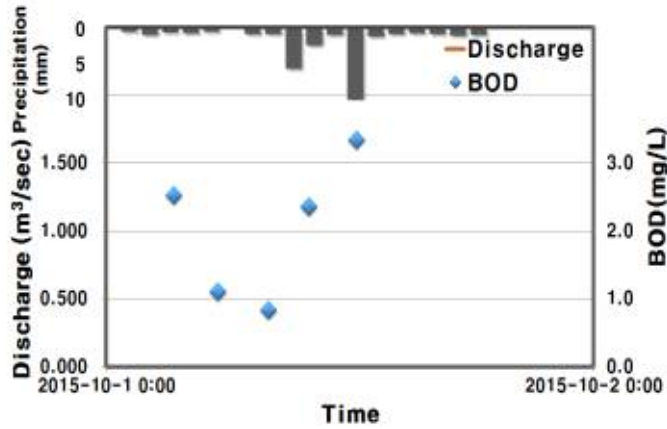
(b) T-N



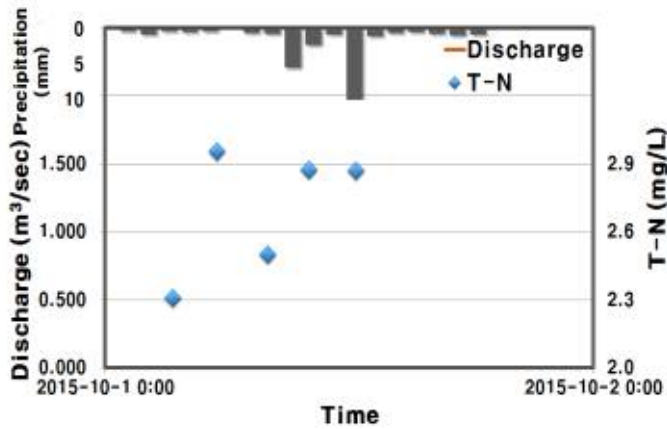
(c) T-P

<그림 3-130> 정밀 모니터링 결과 (PW-04, 6차 모니터링)

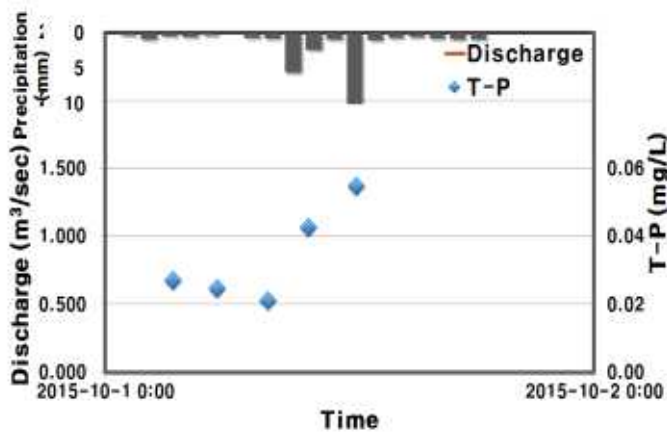
<그림 3-131>은 PW-05지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.83-3.34 mg/L, T-N은 2.31-2.95 mg/L, T-P는 0.021-0.055 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



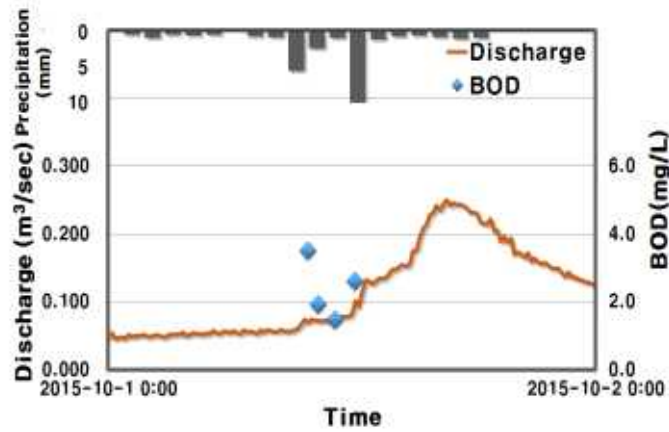
(b) T-N



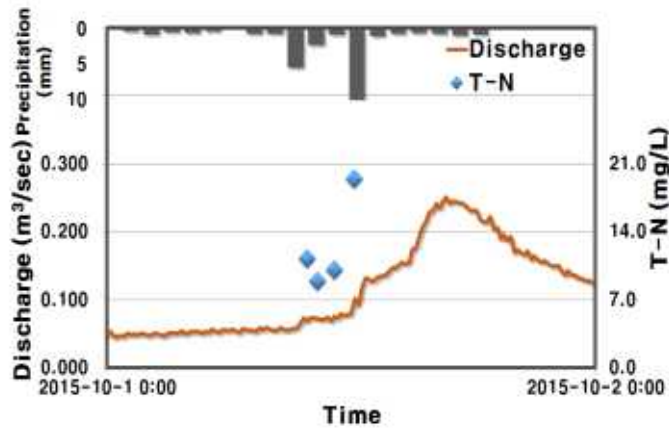
(c) T-P

<그림 3-131> 정밀 모니터링 결과 (PW-05, 6차 모니터링)

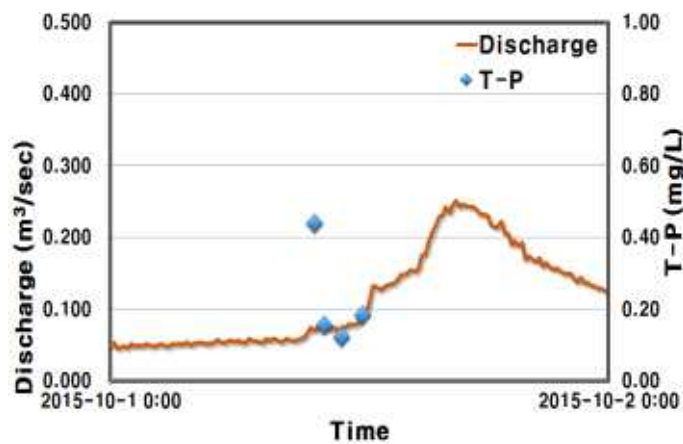
<그림 3-132>은 PW-'1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.46-3.50 mg/L, T-N은 8.90-19.45 mg/L, T-P는 0.121-0.438 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



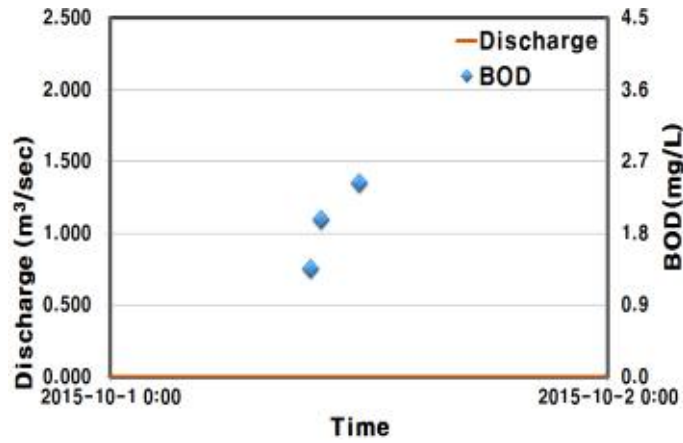
(b) T-N



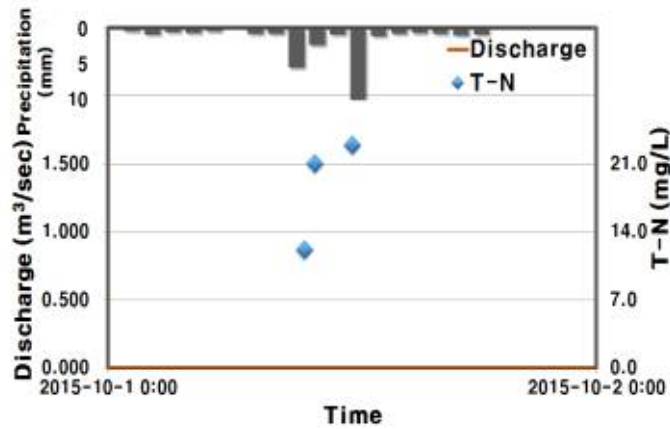
(c) T-P

<그림 3-132> 정밀 모니터링 결과 (PW-'1, 6차 모니터링)

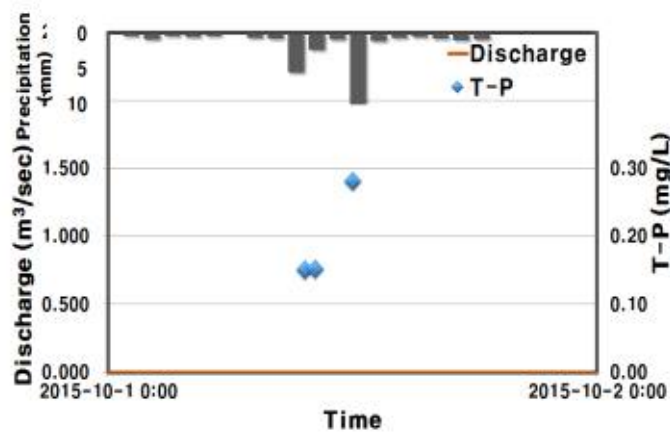
<그림 3-133>은 PW-'2지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD와 T-N, T-P의 농도는 점차 증가하는 경향성을 보인다. BOD는 1.36-2.43 mg/L, T-N은 12.17-22.89 mg/L, T-P는 0.150-0.281 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



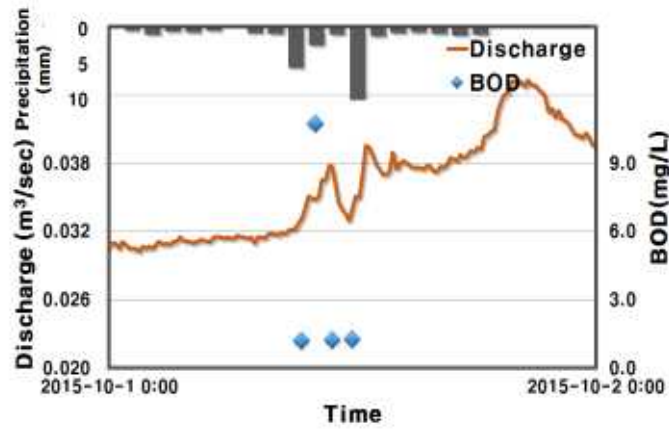
(b) T-N



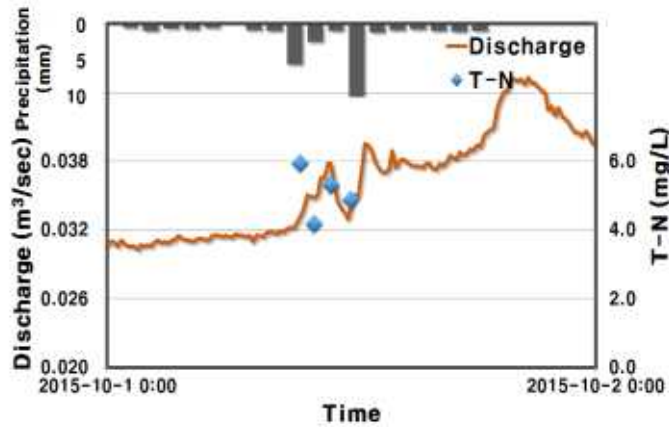
(c) T-P

<그림 3-133> 정밀 모니터링 결과 (PW-'2, 6차 모니터링)

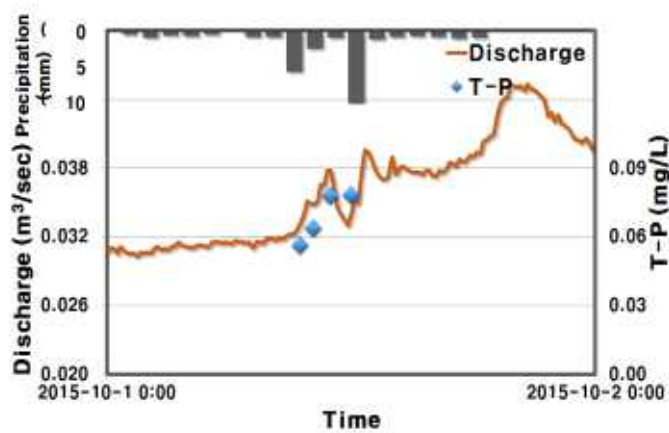
<그림 3-134>은 PW-'3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.22-10.75 mg/L, T-N은 4.18-5.94 mg/L, T-P는 0.056-0.078 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



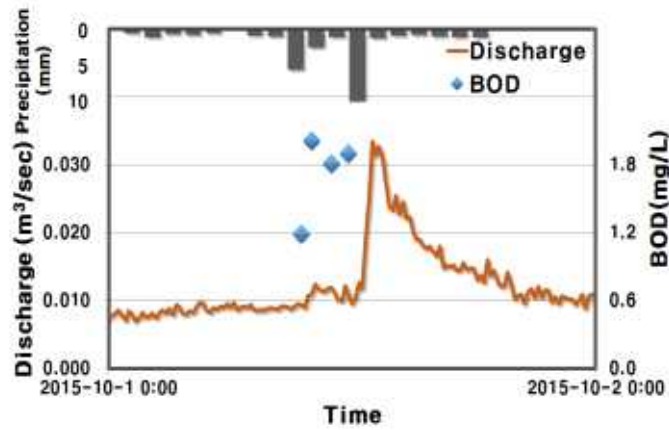
(b) T-N



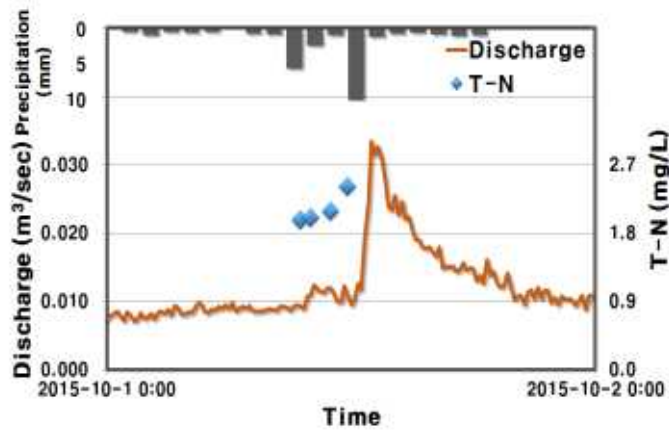
(c) T-P

<그림 3-134> 정밀 모니터링 결과 (PW-'3, 6차 모니터링)

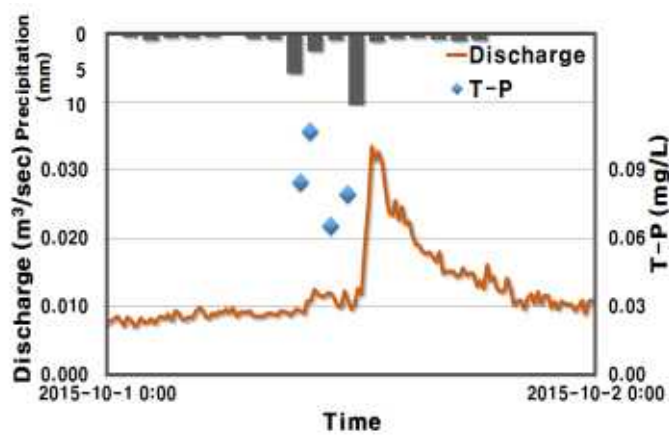
<그림 3-135>은 PW-'4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.19-2.01 mg/L, T-N은 1.98-2.42 mg/L, T-P는 0.065-0.107 mg/L의 범위를 나타낸다.



(a) BOD



(b) T-N



(c) T-P

<그림 3-135> 정밀 모니터링 결과 (PW-'4, 6차 모니터링)

4. 모니터링 결과 해석

가. 모니터링 종합 결과

(1) 수질 분석

(가) 정기 모니터링

수질농도 평균값을 살펴보면, 기존구역에서 T-N 및 T-P는 PW-05에서 PW-04로 가면서 증가하였다가 PW-03으로 가면서 감소하는 것으로 나타났으며, BOD는 하류로 갈수록 점차 증가하는 것으로 나타났다. T-N과 T-P가 PW-04에서 증가하는 것은 PW-04로 오기 직전에 있는 축사와 논, 밭의 복합적인 영향으로 사료된다. 또한 축사에 의한 하천 수질 영향을 평가하기 위하여, 축사가 위치하기 전인 PW-07과 축사 통과 후의 PW-06의 수질 농도를 비교하였으며, PW-06에 비해 PW-06의 수질 농도가 급증하는 것으로 나타나, 축사에 의한 수질 농도의 변화가 큰 것으로 나타났다.

논에서의 액비 및 화학비료 시비에 따른 평균 담수 수질 농도를 분석한 결과, 화학비료 시비구 (PP-02)에서 액비 시비구 (PP-01)에 비해, BOD, T-N 및 T-P 농도가 높게 나타났다. 일반적으로 액비가 화학비료에 비해 더 적은 영양염류를 함유하여 시비된 것이 원인이 되었을 것으로 사료되며, 액비 시비구에서 벼의 생산성이 확보된다면 액비 시비는 화학비료에 비해 하천 환경에 긍정적인 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

신규구역에서는 PW- '3을 출구로 하는 소유역에 비해 PW-' 2를 출구로 하는 소유역에서 BOD, T-N 및 T-P 농도가 높게 나타났다. PW- '3의 가축 사육두수가 PW-' 2에 비해 많은 것에 비해 수질 농도가 낮게 나타나는데, 이는 PW-' 2의 높은 농경지 비율이 원인이 되었을 것으로 사료된다. 구역의 대부분이 골프장과 산림으로 구성된 PW- '4에서 T-P 농도가 높게 나타나는데, 골프장이 T-P 농도 증가에 영향을 미친 것으로 사료된다. 한편, PW- '2와 PW-' 3이 합류하는 PW- '1의 수질농도는 합류 하천 수질농도의 평균과 유사한 것으로 나타났다.

PP-01에서 pH는 6.36 ~ 7.88의 범위로 나타났고, EC 0.04 ~ 0.41 dS/m, 탁도 1.12 ~ 983.00 mg/L, SS 3.00 ~ 1338.00 mg/L, BOD 0.85 ~ 15.50 mg/L, COD 1.24 ~ 30.92 mg/L, T-N 0.27 ~ 7.75 mg/L, T-P 0.00 ~ 1.07 mg/L, NO₃-N 0.05 ~ 3.14 mg/L, NH₄-N 0.01 ~ 1.71 mg/L, NO₂-N 0.07 ~ 14.91 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.29 mg/L, TOC 1.49 ~ 33.62의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.03, 표준편차 0.47로 나타났고, EC 0.20 ± 0.09 dS/m, 탁도 119.95 ± 242.37 mg/L, SS 181.00 ± 327.12 mg/L, BOD 5.18 ± 3.63 mg/L, COD 11.20 ± 7.79 mg/L, T-N 2.44 ± 1.98 mg/L, T-P 0.26 ± 0.29 mg/L, NO₃-N 1.02 ± 0.84 mg/L, NH₄-N 0.48 ± 0.66 mg/L, NO₂-N 2.32 ± 5.55 mg/L, PO₄-P 0.11 ± 0.10 mg/L, TOC

10.88±8.87로 나타났다.

PP-02에서 pH는 5.15 ~ 8.70의 범위로 나타났고, EC 0.03 ~ 1.26 dS/m, 탁도 1.75 ~ 844.00 mg/L, SS 1.00 ~ 3324.00 mg/L, BOD 1.22 ~ 63.62 mg/L, COD 2.08 ~ 135.2 mg/L, T-N 0.14 ~ 8.97 mg/L, T-P 0.03 ~ 7.72 mg/L, NO₃-N 0.10 ~ 5.97 mg/L, NH₄-N 0.02 ~ 1.28 mg/L, NO₂-N 0.06 ~ 3.48 mg/L, PO₄-P 0.04 ~ 0.35 mg/L, TOC 1.51 ~ 40.72의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.90, 표준편차 0.78로 나타났고, EC 0.27±0.28 dS/m, 탁도 118.48±237.61 mg/L, SS 292.65±797.62 mg/L, BOD 9.51±16.35 mg/L, COD 20.26±34.17 mg/L, T-N 2.92±2.50 mg/L, T-P 0.82±1.86 mg/L, NO₃-N 1.60±1.83 mg/L, NH₄-N 0.36±0.40 mg/L, NO₂-N 1.02±1.42 mg/L, PO₄-P 0.11±0.12 mg/L, TOC 15.34±12.46로 나타났다.

PP-03에서 pH는 6.66 ~ 9.96의 범위로 나타났고, EC 0.13 ~ 0.23 dS/m, 탁도 0.56 ~ 1756.00 mg/L, SS 0.00 ~ 442.00 mg/L, BOD 1.03 ~ 39.38 mg/L, COD 2.76 ~ 96.80 mg/L, T-N 1.51 ~ 11.20 mg/L, T-P 0.02 ~ 3.36 mg/L, NO₃-N 0.66 ~ 10.41 mg/L, NH₄-N 0.06 ~ 2.45 mg/L, NO₂-N 0.03 ~ 2.30 mg/L, PO₄-P 0.00 ~ 0.29 mg/L, TOC 1.34 ~ 22.64의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.33, 표준편차 0.77로 나타났고, EC 0.17±0.03 dS/m, 탁도 95.54±352.07 mg/L, SS 49.44±113.66 mg/L, BOD 5.79±7.96 mg/L, COD 12.81±19.66 mg/L, T-N 4.35±2.86 mg/L, T-P 0.34±0.69 mg/L, NO₃-N 3.28±3.12 mg/L, NH₄-N 0.66±0.70 mg/L, NO₂-N 0.69±0.74 mg/L, PO₄-P 0.11±0.10 mg/L, TOC 9.52±6.17로 나타났다.

PW-01에서 pH는 6.58 ~ 8.28의 범위로 나타났고, EC 0.12 ~ 6.39 dS/m, 탁도 0.14 ~ 34.00 mg/L, SS 1.00 ~ 78.00 mg/L, BOD 1.00 ~ 36.00 mg/L, COD 1.03 ~ 6.08 mg/L, T-N 0.75 ~ 5.33 mg/L, T-P 0.04 ~ 3.60 mg/L, NO₃-N 0.03 ~ 3.77 mg/L, NH₄-N 0.00 ~ 3.16 mg/L, NO₂-N 0.00 ~ 1.03 mg/L, PO₄-P 0.00 ~ 0.13 mg/L, TOC 0.07 ~ 7.86의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.39, 표준편차 0.39로 나타났고, EC 1.33±2.00 dS/m, 탁도 6.58±10.47 mg/L, SS 18.35±23.07 mg/L, BOD 6.53±9.86 mg/L, COD 3.44±1.56 mg/L, T-N 2.78±1.29 mg/L, T-P 0.91±1.34 mg/L, NO₃-N 1.39±1.23 mg/L, NH₄-N 0.72±1.08 mg/L, NO₂-N 0.19±0.38 mg/L, PO₄-P 0.03±0.04 mg/L, TOC 3.71±2.17로 나타났다.

PW-02에서 pH는 6.47 ~ 8.00의 범위로 나타났고, EC 0.08 ~ 1.49 dS/m, 탁도 0.54 ~ 158.00 mg/L, SS 0.00 ~ 206.00 mg/L, BOD 0.78 ~ 5.91 mg/L, COD 0.98 ~ 9.64 mg/L, T-N 1.50 ~ 5.43 mg/L, T-P 0.01 ~ 1.38 mg/L, NO₃-N 0.12 ~ 5.24 mg/L, NH₄-N 0.00 ~ 0.93 mg/L, NO₂-N 0.00 ~ 1.39 mg/L, PO₄-P 0.00 ~ 0.47

mg/L, TOC 1.41 ~ 13.79의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.20, 표준편차 0.33로 나타났고, EC 0.31 ± 0.27 dS/m, 탁도 10.78 ± 25.38 mg/L, SS 27.24 ± 42.05 mg/L, BOD 2.27 ± 1.10 mg/L, COD 4.21 ± 2.26 mg/L, T-N 3.09 ± 1.07 mg/L, T-P 0.16 ± 0.24 mg/L, NO₃-N 2.26 ± 1.17 mg/L, NH₄-N 0.29 ± 0.32 mg/L, NO₂-N 0.29 ± 0.37 mg/L, PO₄-P 0.10 ± 0.12 mg/L, TOC 4.48 ± 2.46 로 나타났다.

PW-03에서 pH는 6.48 ~ 7.96의 범위로 나타났고, EC 0.09 ~ 0.94 dS/m, 탁도 0.35 ~ 34.1 mg/L, SS 0.00 ~ 180 mg/L, BOD 0.31 ~ 4.7 mg/L, COD 0.48 ~ 11.36 mg/L, T-N 1.35 ~ 8.43 mg/L, T-P 0.06 ~ 0.29 mg/L, NO₃-N 0.22 ~ 5.20 mg/L, NH₄-N 0.07 ~ 2.92 mg/L, NO₂-N 0.12 ~ 0.49 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.28 mg/L, TOC 1.56 ~ 11.91의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.15, 표준편차 0.27로 나타났고, EC 0.21 ± 0.17 dS/m, 탁도 4.81 ± 7.19 mg/L, SS 16.19 ± 32.61 mg/L, BOD 2.17 ± 1.03 mg/L, COD 4.20 ± 2.18 mg/L, T-N 3.83 ± 1.35 mg/L, T-P 0.15 ± 0.07 mg/L, NO₃-N 2.91 ± 1.27 mg/L, NH₄-N 0.49 ± 0.82 mg/L, NO₂-N 0.25 ± 0.12 mg/L, PO₄-P 0.10 ± 0.06 mg/L, TOC 4.31 ± 2.30 로 나타났다.

PW-04에서 pH는 6.63 ~ 8.04의 범위로 나타났고, EC 0.09 ~ 0.79 dS/m, 탁도 0.10 ~ 135.00 mg/L, SS 0.00 ~ 856.00 mg/L, BOD 0.60 ~ 8.05 mg/L, COD 0.70 ~ 27.28 mg/L, T-N 2.21 ~ 6.61 mg/L, T-P 0.04 ~ 2.74 mg/L, NO₃-N 1.77 ~ 5.71 mg/L, NH₄-N 0.01 ~ 1.07 mg/L, NO₂-N 0.09 ~ 0.43 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.31 mg/L, TOC 0.94 ~ 7.66의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.12, 표준편차 0.29로 나타났고, EC 0.16 ± 0.13 dS/m, 탁도 6.56 ± 22.11 mg/L, SS 33.41 ± 141.87 mg/L, BOD 1.67 ± 1.20 mg/L, COD 3.41 ± 4.22 mg/L, T-N 4.03 ± 1.11 mg/L, T-P 0.29 ± 0.48 mg/L, NO₃-N 3.38 ± 1.00 mg/L, NH₄-N 0.42 ± 0.42 mg/L, NO₂-N 0.23 ± 0.12 mg/L, PO₄-P 0.13 ± 0.07 mg/L, TOC 2.31 ± 1.16 로 나타났다.

PW-05에서 pH는 6.40 ~ 7.84의 범위로 나타났고, EC 0.06 ~ 0.83 dS/m, 탁도 0.32 ~ 14.80 mg/L, SS 0.00 ~ 46.00 mg/L, BOD 0.40 ~ 5.06 mg/L, COD 0.86 ~ 16.46 mg/L, T-N 2.08 ~ 8.53 mg/L, T-P 0.00 ~ 1.70 mg/L, NO₃-N 0.89 ~ 6.03 mg/L, PO₄-P 0.00 ~ 1.17 mg/L, TOC 0.64 ~ 9.51의 범위로 나타났다. NH₄-N과 NO₂-N은 검출되지 않았다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.11, 표준편차 0.35로 나타났고, EC 0.14 ± 0.16 dS/m, 탁도 2.83 ± 3.27 mg/L, SS 13.62 ± 13.23 mg/L, BOD 1.63 ± 1.10 mg/L, COD 3.10 ± 3.14 mg/L, T-N 3.50 ± 1.45 mg/L, T-P 0.15 ± 0.34 mg/L, NO₃-N 2.90 ± 1.04 mg/L, PO₄-P 0.28 ± 0.45 mg/L, TOC 1.98 ± 2.13 로 나타났다. NH₄-N과 NO₂-N은 검출되지 않았다.

PW-06에서 pH는 6.38 ~ 8.11의 범위로 나타났고, EC 0.06 ~ 0.33 dS/m, 탁도 0.22

~ 517 mg/L, SS 0.00 ~ 1323 mg/L, BOD 0.87 ~ 14.86 mg/L, COD 1.76 ~ 29.84 mg/L, T-N 1.39 ~ 14.47 mg/L, T-P 0.01 ~ 4.48 mg/L, NO₃-N 1.32 ~ 11.57 mg/L, NH₄-N 0.01 ~ 4.83 mg/L, NO₂-N 0.03 ~ 0.47 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.61 mg/L, TOC 0.67 ~ 21.90의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.07, 표준편차 0.39로 나타났고, EC 0.20 ± 0.09 dS/m, 탁도 45.33 ± 106.85 mg/L, SS 146.74 ± 292.59 mg/L, BOD 4.61 ± 3.44 mg/L, COD 10.29 ± 7.74 mg/L, T-N 5.74 ± 3.09 mg/L, T-P 0.61 ± 0.88 mg/L, NO₃-N 4.25 ± 2.51 mg/L, NH₄-N 1.34 ± 1.80 mg/L, NO₂-N 0.36 ± 0.16 mg/L, PO₄-P 0.25 ± 0.18 mg/L, TOC 7.72 ± 6.28 로 나타났다.

PW-07에서 pH는 6.31 ~ 7.13의 범위로 나타났고, EC 0.07 ~ 0.25 dS/m, 탁도 0.75 ~ 169 mg/L, SS 2.00 ~ 140.00 mg/L, BOD 0.74 ~ 6.52 mg/L, COD 1.02 ~ 18.52 mg/L, T-N 1.02 ~ 5.68 mg/L, T-P 0.04 ~ 0.54 mg/L, NO₃-N 0.49 ~ 4.88 mg/L, NH₄-N 0.01 ~ 0.64 mg/L, NO₂-N 0.14 ~ 1.57 mg/L, PO₄-P 0.01 ~ 0.15 mg/L, TOC 1.78 ~ 28.08의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.88, 표준편차 0.28로 나타났고, EC 0.16 ± 0.08 dS/m, 탁도 28.36 ± 62.13 mg/L, SS 37.17 ± 52.35 mg/L, BOD 2.92 ± 2.41 mg/L, COD 6.38 ± 6.17 mg/L, T-N 3.43 ± 1.99 mg/L, T-P 0.23 ± 0.19 mg/L, NO₃-N 2.35 ± 1.48 mg/L, NH₄-N 0.25 ± 0.34 mg/L, NO₂-N 0.75 ± 0.74 mg/L, PO₄-P 0.09 ± 0.07 mg/L, TOC 8.10 ± 9.22 로 나타났다.

PW-'1에서 pH는 7.02 ~ 7.85의 범위로 나타났고, EC 0.15 ~ 0.45 dS/m, 탁도 0.83 ~ 3.09 mg/L, SS 1.00 ~ 68.00 mg/L, BOD 1.30 ~ 2.79 mg/L, COD 1.82 ~ 5.36 mg/L, T-N 4.49 ~ 15.92 mg/L, T-P 0.07 ~ 0.15 mg/L, NO₃-N 3.69 ~ 14.92 mg/L, NH₄-N 0.00 ~ 0.00 mg/L, PO₄-P 0.00 ~ 0.00 mg/L, TOC 3.87 ~ 5.81의 범위로 나타났다. NO₂-N은 검출되지 않았다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.41, 표준편차 0.35로 나타났고, EC 0.30 ± 0.11 dS/m, 탁도 1.74 ± 0.87 mg/L, SS 18.33 ± 25.09 mg/L, BOD 2.20 ± 0.53 mg/L, COD 4.02 ± 1.26 mg/L, T-N 9.76 ± 4.98 mg/L, T-P 0.09 ± 0.03 mg/L, NO₃-N 8.73 ± 4.62 mg/L, TOC 4.98 ± 0.70 로 나타났다. NO₂-N은 검출되지 않았다.

PW-'2에서 pH는 5.88 ~ 7.90의 범위로 나타났고, EC 0.15 ~ 0.61 dS/m, 탁도 0.58 ~ 3.53 mg/L, SS 2.00 ~ 9.00 mg/L, BOD 1.26 ~ 8.17 mg/L, COD 1.86 ~ 20.76 mg/L, T-N 4.21 ~ 30.51 mg/L, T-P 0.08 ~ 0.25 mg/L, NO₃-N 3.14 ~ 25.21 mg/L, NH₄-N 0.07 ~ 0.16 mg/L, NO₂-N 0.08 ~ 1.54 mg/L, PO₄-P 0.06 ~ 0.06 mg/L, TOC 3.84 ~ 21.16의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.43, 표준편차 0.73로 나타났고, EC 0.35 ± 0.16 dS/m, 탁도 1.67 ± 1.06 mg/L, SS 5.29 ± 2.36 mg/L, BOD 2.84 ± 2.44 mg/L, COD 6.03 ± 6.68 mg/L, T-N 13.87 ± 9.47 mg/L, T-P 0.12 ± 0.06 mg/L, NO₃-N 12.26 ± 8.39 mg/L, NH₄-N 0.12 ± 0.06 mg/L, TOC

8.00±5.98로 나타났다.

PW-'3에서 pH는 7.19 ~ 7.98의 범위로 나타났고, EC 0.14 ~ 0.28 dS/m, 탁도 0.61 ~ 22.60 mg/L, SS 3.00 ~ 47.00 mg/L, BOD 0.7 ~ 3.56 mg/L, COD 0.76 ~ 6.96 mg/L, T-N 1.49 ~ 4.44 mg/L, T-P 0.03 ~ 0.10 mg/L, NO₃-N 0.82 ~ 3.90 mg/L, NH₄-N 0.00 ~ 0.00 mg/L, TOC 2.32 ~ 3.96의 범위로 나타났다. NO₂-N과 PO₄-P는 검출되지 않았다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.70, 표준편차 0.32로 나타났고, EC 0.22±0.05 dS/m, 탁도 4.41±8.04 mg/L, SS 12.86±16.18 mg/L, BOD 1.45±0.95 mg/L, COD 2.23±2.14 mg/L, T-N 3.26±1.04 mg/L, T-P 0.05±0.02 mg/L, NO₃-N 2.65±1.06 mg/L, TOC 3.03±0.62로 나타났다. NO₂-N과 PO₄-P는 검출되지 않았다.

PW-'4에서 pH는 7.04 ~ 8.06의 범위로 나타났고, EC 0.11 ~ 26.00 dS/m, 탁도 0.30 ~ 13.70 mg/L, SS 1.00 ~ 20.00 mg/L, BOD 0.38 ~ 2.63 mg/L, COD 0.40 ~ 4.62 mg/L, T-N 0.02 ~ 3.82 mg/L, T-P 0.01 ~ 1.75 mg/L, NO₃-N 1.23 ~ 3.50 mg/L, NH₄-N 0.00 ~ 0.00 mg/L, TOC 0.19 ~ 2.90의 범위로 나타났다. NO₂-N과 PO₄-P는 검출되지 않았다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.64, 표준편차 0.35로 나타났고, EC 3.38±9.14 dS/m, 탁도 5.12±5.64 mg/L, SS 8.5±8.69 mg/L, BOD 1.15±0.69 mg/L, COD 1.76±1.36 mg/L, T-N 2.33±1.14 mg/L, T-P 0.26±0.60 mg/L, NO₃-N 2.25±0.72 mg/L, TOC 2.12±0.83로 나타났다. NO₂-N과 PO₄-P는 검출되지 않았다.

<표 3-43> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차													
	시료수	pH	EC (ds/m)	탁도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO3-N (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	PO4-P (mg/L)
PP-01	23	7.03±0.47	0.20±0.09	119.95±242.37	5.18±3.63	11.20±7.79	10.88±8.87	181.00±327.12	2.44±1.98	0.26±0.29	1.02±0.84	0.48±0.66	2.32±5.55	0.11±0.10
PP-02	19	6.90±0.78	0.27±0.28	118.48±237.61	9.51±16.35	20.26±34.17	15.34±12.46	292.65±797.62	2.92±2.50	0.82±1.86	1.60±1.83	0.36±0.40	1.02±1.42	0.11±0.12
PP-03	27	7.33±0.77	0.17±0.03	95.54±352.07	5.79±7.96	12.81±19.66	9.52±6.17	49.44±113.66	4.35±2.86	0.34±0.69	3.28±3.12	0.66±0.70	0.69±0.74	0.11±0.10
PW-01	20	7.39±0.39	1.33±2.00	6.58±10.47	6.53±9.86	3.44±1.56	3.71±2.17	18.35±23.07	2.78±1.29	0.91±1.34	1.39±1.23	0.72±1.08	0.19±0.38	0.03±0.04
PW-02	41	7.20±0.33	0.31±0.27	10.78±25.38	2.27±1.10	4.21±2.26	4.48±2.46	27.24±42.05	3.09±1.07	0.16±0.24	2.26±1.17	0.29±0.32	0.29±0.37	0.10±0.12
PW-03	48	7.15±0.27	0.21±0.17	4.81±7.19	2.17±1.03	4.20±2.18	4.31±2.30	16.19±32.61	3.83±1.35	0.15±0.07	2.91±1.27	0.49±0.82	0.25±0.12	0.10±0.06
PW-04	40	7.12±0.29	0.16±0.13	6.56±22.11	1.67±1.20	3.41±4.22	2.31±1.16	33.41±141.87	4.03±1.11	0.29±0.48	3.38±1.00	0.42±0.42	0.23±0.12	0.13±0.07
PW-05	27	7.11±0.35	0.14±0.16	2.83±3.27	1.63±1.10	3.10±3.14	1.98±2.13	13.62±13.23	3.50±1.45	0.15±0.34	2.90±1.04	ND	ND	0.28±0.45
PW-06	29	7.07±0.39	0.20±0.09	45.33±106.85	4.61±3.44	10.29±7.74	7.72±6.28	146.74±292.59	5.74±3.09	0.61±0.88	4.25±2.51	1.34±1.80	0.36±0.16	0.25±0.18
PW-07	6	6.88±0.28	0.16±0.08	28.36±62.13	2.92±2.41	6.38±6.17	8.10±9.22	37.17±52.35	3.43±1.99	0.23±0.19	2.35±1.48	0.25±0.34	0.75±0.74	0.09±0.07
PW-`1	5	7.41±0.35	0.30±0.11	1.74±0.87	2.20±0.53	4.02±1.26	4.98±0.70	18.33±25.09	9.76±4.98	0.09±0.03	8.73±4.62	ND	0.06±0.03	ND
PW-`2	6	7.43±0.73	0.35±0.16	1.67±1.06	2.84±2.44	6.03±6.68	8.00±5.98	5.29±2.36	13.87±9.47	0.12±0.06	12.26±8.39	0.12±0.06	0.81±1.04	0.06±0.00
PW-`3	6	7.70±0.32	0.22±0.05	4.41±8.04	1.45±0.95	2.23±2.14	3.03±0.62	12.86±16.18	3.26±1.04	0.05±0.02	2.65±1.06	ND	ND	ND
PW-`4	7	7.64±0.35	3.38±9.14	5.12±5.64	1.15±0.69	1.76±1.36	2.12±0.83	8.50±8.69	2.33±1.14	0.26±0.60	2.25±0.72	ND	ND	1.77±0.00

*는 Not detected

(나) 정밀 모니터링

강우시 수질농도 평균값을 살펴보면, 기존유역에서 BOD, T-N과 T-P는 PW-05에서 PW-04와 PW-03으로 가면서 증가하였다가, 이후 하류로 갈수록 감소하는 것으로 나타났다. 이는 PW-04와 PW-03에 있는 축사와 논, 밭의 복합적인 영향으로 사료된다. 논에서의 액비 및 화학비료 시비에 따른 강우시 배수 수질 농도를 분석한 결과, 액비 시비구 (PP-01)에서 화학비료 시비구 (PP-02)에 비해, BOD와 T-P 농도가 높게 나타났다. 일반적으로 액비가 화학비료에 비해 인산을 시비하는데 유리한 것으로 알려져 있으며, 이로 인해 배출되는 T-P 농도가 높게 나타난 것으로 사료되며, T-P 농도의 증가로 인하여 BOD 농도 또한 증가한 것으로 사료된다.

신규유역에서는 PW- '3을 출구로 하는 소유역에 비해 PW-' 2를 출구로 하는 소유역에서 BOD, T-N 및 T-P 농도가 비교적 높게 나타났다. BOD와 T-P의 농도 차이가 상대적으로 미비한 것에 비해 T-N의 농도차이가 크게 나타나는데, 이는 강우시 논과 밭으로부터 배출되는 T-N의 양이 많았던 것이 원인이 되었을 것으로 사료된다. 한편, PW- '2와 PW-' 3이 합류하는 PW- '1의 수질농도는 T-P를 제외하고, 합류 하천 수질농도의 평균과 유사하거나 낮은 것으로 나타났다. T-P 농도가 PW-' 1에서 높게 나타난 것은, 상류 하천에서 발생한 인이 하류로 내려오면서 흡착으로 인해 중화되지 않고 점차 축적된 것으로 사료된다.

PP-01에서 pH는 6.47 ~ 7.24의 범위로 나타났고, EC 0.02 ~ 0.22 dS/m, 탁도 0.77 ~ 5,883 mg/L, SS 0 ~ 3,832 mg/L, BOD 0.05 ~ 39.38 mg/L, COD 0.36 ~ 161 mg/L, T-N 0.19 ~ 3.63 mg/L, T-P 0.03 ~ 4.14 mg/L, NO₃-N 0 ~ 1.07 mg/L, NH₄-N 0 ~ 2.63 mg/L, NO₂-N 0 ~ 0.07 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.1 mg/L, TOC 2.15 ~ 41.62 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.84, 표준편차 0.17로 나타났고, EC 0.06 ± 0.04 dS/m, 탁도 $277.12 \pm 1,076.43$ mg/L, SS 303.2 ± 789.03 mg/L, BOD 5.27 ± 10.28 mg/L, COD 15.07 ± 31.75 mg/L, T-N 0.68 ± 0.73 mg/L, T-P 0.45 ± 0.91 mg/L, NO₃-N 0.2 ± 0.24 mg/L, NH₄-N 0.09 ± 0.41 mg/L, NO₂-N 0 ± 0 mg/L, PO₄-P 0.02 ± 0.02 mg/L, TOC 5.55 ± 8.25 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PP-02에서 pH는 5.61 ~ 7.54의 범위로 나타났고, EC 0.01 ~ 0.34 dS/m, 탁도 0.87 ~ 483 mg/L, SS 0 ~ 1,792 mg/L, BOD 0.26 ~ 35.91 mg/L, COD 0.94 ~ 86.2 mg/L, T-N 0.15 ~ 3.51 mg/L, T-P 0.03 ~ 2.11 mg/L, NO₃-N 0 ~ 1.43 mg/L, NH₄-N 0 ~ 0.14 mg/L, NO₂-N 0 ~ 1.81 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.09 mg/L, TOC 1.05 ~ 19.83 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.68, 표준편차 0.42로 나타났고, EC 0.07 ± 0.08 dS/m, 탁도 31.16 ± 82.09 mg/L, SS 105.16 ± 324.76 mg/L, BOD 2.96 ± 5.93 mg/L, COD 7.69 ± 14.73 mg/L, T-N 0.66 ± 0.67 mg/L, T-P

0.18±0.38 mg/L, NO₃-N 0.24±0.3 mg/L, NH₄-N 0.01±0.03 mg/L, NO₂-N 0.05±0.24 mg/L, PO₄-P 0.01±0.02 mg/L, TOC 4.62±4.86 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PW-02에서 pH는 6.15 ~ 7.81의 범위로 나타났고, EC 0.05 ~ 0.34 dS/m, 탁도 0.32 ~ 708 mg/L, SS 0 ~ 759 mg/L, BOD 0.2 ~ 6.8 mg/L, COD 0.66 ~ 14.8 mg/L, T-N 0.51 ~ 5.69 mg/L, T-P 0.01 ~ 0.79 mg/L, NO₃-N 0 ~ 5.63 mg/L, NH₄-N 0 ~ 0.58 mg/L, NO₂-N 0 ~ 0.37 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.25 mg/L, TOC 1.68 ~ 11.19 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.12, 표준편차 0.3로 나타났고, EC 0.22±0.06 dS/m, 탁도 40.46±96.03 mg/L, SS 77.81±119.64 mg/L, BOD 2.52±1.27 mg/L, COD 5.13±2.66 mg/L, T-N 2.5±1.15 mg/L, T-P 0.19±0.14 mg/L, NO₃-N 1.71±1.07 mg/L, NH₄-N 0.07±0.14 mg/L, NO₂-N 0.03±0.09 mg/L, PO₄-P 0.05±0.07 mg/L, TOC 4.78±1.72 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PW-03에서 pH는 6.25 ~ 7.84의 범위로 나타났고, EC 0.09 ~ 0.19 dS/m, 탁도 0.45 ~ 885 mg/L, SS 0 ~ 1,893 mg/L, BOD 0.24 ~ 15.38 mg/L, COD 0.72 ~ 37.76 mg/L, T-N 1.27 ~ 8.82 mg/L, T-P 0.01 ~ 3.7 mg/L, NO₃-N 0.34 ~ 6.88 mg/L, NH₄-N 0 ~ 1.99 mg/L, NO₂-N 0 ~ 0.43 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.55 mg/L, TOC 2.85 ~ 13.56 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.94, 표준편차 0.32로 나타났고, EC 0.15±0.02 dS/m, 탁도 60.99±161.69 mg/L, SS 163.85±410.38 mg/L, BOD 4.03±3.58 mg/L, COD 8.82±9.02 mg/L, T-N 4.15±1.68 mg/L, T-P 0.57±0.74 mg/L, NO₃-N 3.02±1.4 mg/L, NH₄-N 0.26±0.62 mg/L, NO₂-N 0.02±0.06 mg/L, PO₄-P 0.18±0.15 mg/L, TOC 6.59±2.3 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PW-04에서 pH는 6.43 ~ 7.63의 범위로 나타났고, EC 0.06 ~ 0.2 dS/m, 탁도 0.43 ~ 1,206 mg/L, SS 0 ~ 2,311 mg/L, BOD 0.83 ~ 11.27 mg/L, COD 0.94 ~ 38.6 mg/L, T-N 0.53 ~ 10.05 mg/L, T-P 0.09 ~ 4.11 mg/L, NO₃-N 0.11 ~ 8.05 mg/L, NH₄-N 0 ~ 1.8 mg/L, NO₂-N 0 ~ 0.43 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.71 mg/L, TOC 1.79 ~ 12.63 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.93, 표준편차 0.3로 나타났고, EC 0.13±0.02 dS/m, 탁도 52.34±176.17 mg/L, SS 94.41±288.93 mg/L, BOD 3.17±2.21 mg/L, COD 7.04±6.31 mg/L, T-N 4.44±2.02 mg/L, T-P 0.56±0.57 mg/L, NO₃-N 3.49±1.85 mg/L, NH₄-N 0.14±0.36 mg/L, NO₂-N 0.02±0.06 mg/L, PO₄-P 0.22±0.17 mg/L, TOC 5.16±2.19 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PW-05에서 pH는 6.34 ~ 7.35의 범위로 나타났고, EC 0.04 ~ 0.15 dS/m, 탁도 0.29

~ 231 mg/L, SS 0 ~ 1,272 mg/L, BOD 0.53 ~ 11.51 mg/L, COD 0.82 ~ 30.52 mg/L, T-N 1.96 ~ 5.87 mg/L, T-P 0 ~ 0.94 mg/L, NO₃-N 0.35 ~ 5.23 mg/L, NH₄-N 0 ~ 0.31 mg/L, NO₂-N 0 ~ 1.7 mg/L, PO₄-P 0 ~ 0.27 mg/L, TOC 0.83 ~ 10.52 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.84, 표준편차 0.23로 나타났고, EC 0.08 ± 0.01 dS/m, 탁도 21.34 ± 44.86 mg/L, SS 70.46 ± 152.14 mg/L, BOD 3.14 ± 2.37 mg/L, COD 6.69 ± 5.73 mg/L, T-N 3.78 ± 0.93 mg/L, T-P 0.11 ± 0.15 mg/L, NO₃-N 3.18 ± 1.05 mg/L, NH₄-N 0.03 ± 0.08 mg/L, NO₂-N 0.07 ± 0.25 mg/L, PO₄-P 0.03 ± 0.06 mg/L, TOC 3.33 ± 2.07 mg/L로 나타났다. DO는 검출되지 않았다.

PW-`1에서 pH는 6.37 ~ 7.49의 범위로 나타났고, EC 0.07 ~ 0.48 dS/m, 탁도 0.94 ~ 302 mg/L, SS 1.99 ~ 421 mg/L, BOD 1.46 ~ 6.55 mg/L, COD 2.2 ~ 14.44 mg/L, T-N 2.4 ~ 19.45 mg/L, T-P 0.02 ~ 1.39 mg/L, NO₃-N 1.73 ~ 18.37 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.26 mg/L, TOC 3.77 ~ 9.51 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.89, 표준편차 0.26로 나타났고, EC 0.23 ± 0.11 dS/m, 탁도 36.38 ± 78.9 mg/L, SS 61.36 ± 115.29 mg/L, BOD 3.36 ± 1.17 mg/L, COD 6.49 ± 2.81 mg/L, T-N 6.51 ± 4.13 mg/L, T-P 0.31 ± 0.31 mg/L, NO₃-N 5.63 ± 3.9 mg/L, PO₄-P 0.1 ± 0.06 mg/L, TOC 6.32 ± 1.59 mg/L로 나타났다. DO, NH₄-N, NO₂-N은 검출되지 않았다.

PW-`2에서 pH는 5.12 ~ 7.52의 범위로 나타났고, EC 0.08 ~ 0.72 dS/m, 탁도 0.99 ~ 621 mg/L, SS 1.99 ~ 788 mg/L, BOD 1.35 ~ 8.36 mg/L, COD 2.04 ~ 20.2 mg/L, T-N 2.45 ~ 26.85 mg/L, T-P 0.02 ~ 1.52 mg/L, NO₃-N 1.5 ~ 23.32 mg/L, NH₄-N 0.45 mg/L, PO₄-P 0.04 ~ 0.38 mg/L, TOC 3.78 ~ 15.27 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 6.77, 표준편차 0.54로 나타났고, EC 0.29 ± 0.17 dS/m, 탁도 50.47 ± 138.61 mg/L, SS 62.24 ± 168.46 mg/L, BOD 3.79 ± 1.53 mg/L, COD 7.6 ± 3.89 mg/L, T-N 9.65 ± 7.71 mg/L, T-P 0.28 ± 0.33 mg/L, NO₃-N 8.3 ± 7.11 mg/L, NH₄-N 0.45 ± 0 mg/L, PO₄-P 0.11 ± 0.09 mg/L, TOC 8 ± 2.89 mg/L로 나타났다. DO와 NO₂-N은 검출되지 않았다.

PW-`3에서 pH는 6.53 ~ 7.73의 범위로 나타났고, EC 0.06 ~ 0.36 dS/m, 탁도 0.51 ~ 119 mg/L, SS 1.99 ~ 172 mg/L, BOD 0.87 ~ 10.75 mg/L, COD 1.14 ~ 30.16 mg/L, T-N 1.49 ~ 5.94 mg/L, T-P 0.03 ~ 0.81 mg/L, NO₃-N 0.3 ~ 5.71 mg/L, NH₄-N 0.33 ~ 1.2 mg/L, PO₄-P 0.03 ~ 0.46 mg/L, TOC 2.61 ~ 152.1 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.02, 표준편차 0.27로 나타났고, EC 0.21 ± 0.08 dS/m, 탁도 14.15 ± 25.84 mg/L, SS 29 ± 41.57 mg/L, BOD 2.66 ± 1.96 mg/L, COD 5.44 ± 5.74 mg/L, T-N 3.2 ± 1.32 mg/L, T-P 0.19 ± 0.19 mg/L, NO₃-N 2.47 ± 1.33 mg/L, NH₄-N 0.76 ± 0.61 mg/L, PO₄-P 0.16 ± 0.12 mg/L, TOC

10.35±28.93 mg/L로 나타났다. DO와 NO₂-N은 검출되지 않았다.

PW-4에서 pH는 6.61 ~ 7.72의 범위로 나타났고, EC 0.06 ~ 0.18 dS/m, 탁도 2.09 ~ 171 mg/L, SS 8.99 ~ 484 mg/L, BOD 1.19 ~ 11.39 mg/L, COD 1.68 ~ 28.36 mg/L, T-N 1.03 ~ 5.04 mg/L, T-P 0.04 ~ 0.84 mg/L, NO₃-N 0.68 ~ 3.02 mg/L, NO₂-N 0.06 ~ 0.06 mg/L, PO₄-P 0.05 ~ 0.05 mg/L, TOC 2.39 ~ 6.59 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, pH는 평균 7.07, 표준편차 0.27로 나타났고, EC 0.13±0.04 dS/m, 탁도 23.15±37.74 mg/L, SS 58.26±97.97 mg/L, BOD 3.56±2.56 mg/L, COD 7.18±6.29 mg/L, T-N 2.74±0.87 mg/L, T-P 0.13±0.15 mg/L, NO₃-N 1.9±0.57 mg/L, NO₂-N 0.06±0 mg/L, PO₄-P 0.05±0 mg/L, TOC 4.23±1.28 mg/L로 나타났다. DO와 NH₄-N은 검출되지 않았다.

<표 3-44> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차													
	시료수	pH	EC (ds/m)	탁도	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	TOC (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	NO3-N (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	PO4-P (mg/L)
PP-01	55	6.84±0.18	0.07±0.05	277.12±1,076.43	5.28±10.29	15.07±31.76	5.55±8.25	303.21±789.03	0.69±0.74	0.45±0.92	0.21±0.24	0.09±0.41	0.00±0.01	0.03±0.03
PP-02	60	6.69±0.43	0.08±0.08	31.17±82.10	2.96±5.94	7.70±14.74	4.63±4.86	105.17±324.77	0.66±0.68	0.18±0.39	0.25±0.31	0.01±0.04	0.06±0.25	0.01±0.02
PW-02	83	7.13±0.30	0.22±0.07	40.46±96.03	2.53±1.28	5.13±2.67	4.78±1.73	77.82±119.65	2.50±1.15	0.19±0.14	1.71±1.08	0.08±0.14	0.03±0.10	0.05±0.07
PW-03	96	6.95±0.33	0.16±0.02	61.00±161.69	4.03±3.58	8.82±9.03	6.60±2.30	163.85±410.38	4.15±1.69	0.57±0.75	3.02±1.41	0.26±0.62	0.03±0.07	0.18±0.16
PW-04	82	6.94±0.31	0.13±0.03	52.35±176.17	3.17±2.21	7.05±6.31	5.16±2.20	94.41±288.94	4.45±2.03	0.56±0.58	3.49±1.86	0.15±0.36	0.03±0.07	0.23±0.18
PW-05	116	6.85±0.24	0.08±0.02	21.35±44.87	3.14±2.37	6.70±5.73	3.33±2.07	70.47±152.15	3.79±0.93	0.12±0.15	3.18±1.06	0.03±0.08	0.07±0.26	0.03±0.07
PW-`1	25	6.89±0.27	0.24±0.12	36.39±78.90	3.36±1.17	6.49±2.82	6.33±1.59	61.36±115.29	6.52±4.14	0.31±0.31	5.64±3.90	ND	ND	0.11±0.06
PW-`2	25	6.77±0.54	0.30±0.18	50.48±138.62	3.79±1.53	7.61±3.90	8.00±2.90	62.24±168.47	9.66±7.71	0.29±0.34	8.31±7.11	0.46±0.00	ND	0.11±0.09
PW-`3	26	7.02±0.28	0.21±0.09	14.15±25.85	2.67±1.96	5.44±5.75	10.36±28.93	29.00±41.58	3.21±1.33	0.19±0.20	2.47±1.33	0.77±0.61	ND	0.16±0.13
PW-`4	26	7.07±0.28	0.13±0.04	23.16±37.74	3.57±2.56	7.19±6.30	4.24±1.29	58.27±97.98	2.74±0.87	0.13±0.16	1.91±0.58	ND	0.06±0.00	0.06±0.01

*는 Not detected

(2) 유량가중평균농도 (EMC) 분석

정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 본 연구에서는 정기 모니터링 결과를 바탕으로 평시 부하량을 산정하였으며, 강우에 의한 오염부하를 파악하기 위해 강우시 부하량에서 평시 부하량을 제외하고 EMC를 산정하였다. 지점별로 유량자료가 없는 경우는 산정하지 않았으며, 산정 결과는 <표 3-45> 및 <그림 3-136> - <그림 3-138>에 수록하였다.

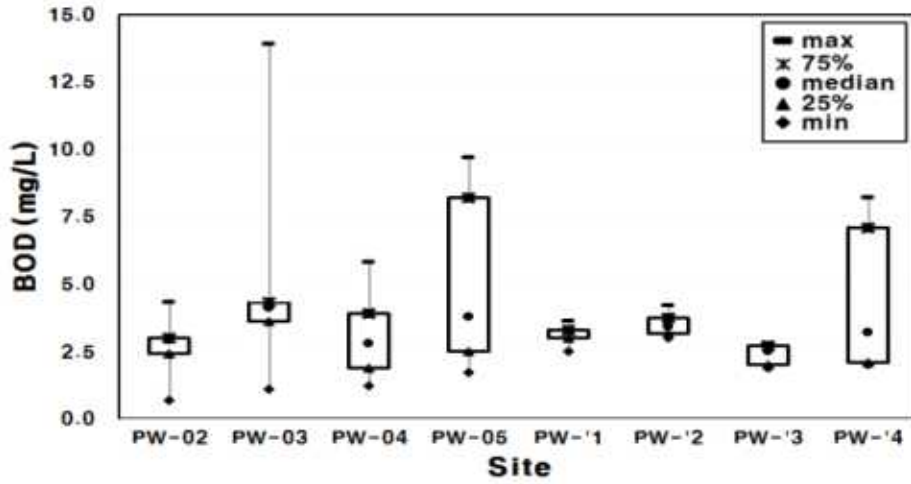
산정 결과를 살펴보면, BOD의 경우 PW-02에서 0.7 mg/L - 4.3 mg/L, PW-03에서 1.1 mg/L - 13.9 mg/L, PW-04에서 1.2 mg/L - 5.8 mg/L, PW-05에서 1.7 mg/L - 9.7 mg/L, PW-'1에서 2.5 mg/L - 3.6 mg/L, PW-'2에서 3.0 mg/L - 4.2 mg/L, PW-'3에서 1.9 mg/L - 2.8 mg/L, PW-'4에서 2.0 - 8.2 mg/L의 범위를 보였다. T-N의 경우 PW-02에서 1.331 mg/L - 4.384 mg/L, PW-03에서 2.360 mg/L - 7.472 mg/L, PW-04에서 2.431 mg/L - 6.920 mg/L, PW-05에서 2.412 mg/L - 5.064 mg/L, PW-'1에서 3.246 mg/L - 14.197 mg/L, PW-'2에서 3.585 mg/L - 10.839 mg/L, PW-'3에서 2.535 mg/L - 3.744 mg/L, PW-'4에서 1.511 mg/L - 3.486 mg/L의 범위를 보였다. T-P의 경우 PW-02에서 0.011 mg/L - 0.308 mg/L, PW-03에서 0.149 mg/L - 2.336 mg/L, PW-04에서 0.188 mg/L - 1.232 mg/L, PW-05에서 0.011 mg/L - 0.286 mg/L, PW-'1에서 0.089 mg/L - 0.381 mg/L, PW-'2에서 0.140 mg/L - 0.567 mg/L, PW-'3에서 0.107 mg/L - 0.288 mg/L, PW-'4에서 0.068 mg/L - 0.580 mg/L의 범위를 보였다.

평균값을 살펴보면, 기존유역에서 BOD의 경우 유역에 산림이 주로 분포하고 있는 PW-05에서 가장 높은 값을 보였으며, PW-04에서 낮아진 후 측사가 밀집되어 있는 PW-03에서 다시 높아지는 것으로 나타났다. T-N의 경우 산림지역인 PW-05에 비해 측사와 농경지가 밀집되어 있는 포함하는 PW-04, PW-03에서 높은 값을 기록하였으며, 유량이 많아지는 PW-02에서 가장 낮은 값을 나타내었다. T-P의 경우도 PW-05에 비해 PW-04, PW-03에서 높은 값을 나타냈으며, PW-02에서 다시 낮아지는 것으로 나타났다. 신규유역에서 BOD는 산림 및 골프장이 위치한 PW-'4에서 가장 높은 값을, PW-'3에서 가장 낮은 값을 기록하였으며, 합류하천인 PW-'2와 말단인 PW-'1에서는 PW-'4와 비슷한 값을 기록하였다. T-N의 경우 PW-'4에서 가장 낮은 값을 기록했으며, 측사가 밀집된 지류하천 PW-'2와 말단 PW-'1에서 상류에 비해 높은 값을 나타냈다. T-P의 경우도 PW-'4에 비해 측사가 밀집된 하류지점에서 높은 값을 나타냈으며, 합류하천인 PW-'2에서 가장 높은 값을 기록하였다.

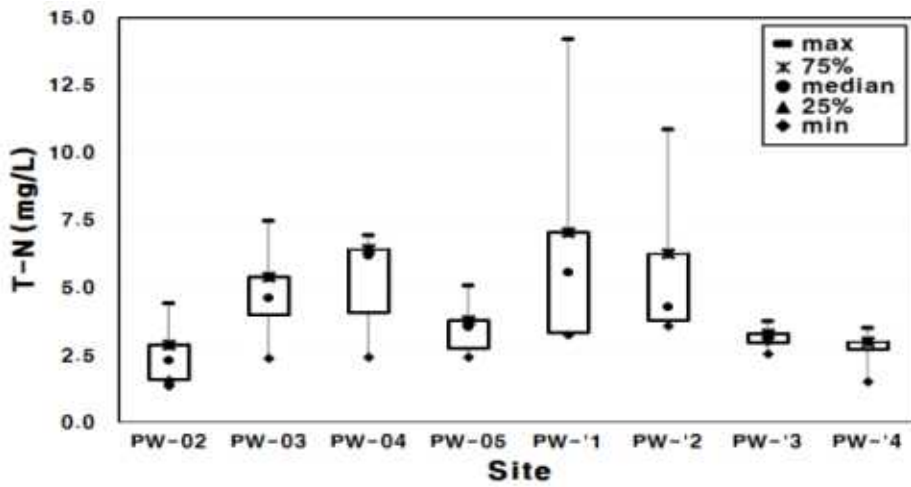
본 연구에서 EMC를 산정한 방법은 평시 수질 및 유량을 정하는 기준에 따라 값이 많이 달라질 수 있다. 따라서 합리적으로 평시 부하량을 제외하고 강우시의 영향을 파악할 수 있는 EMC 산정방법에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

<표 3-45> 지점별 EMC 산정 결과

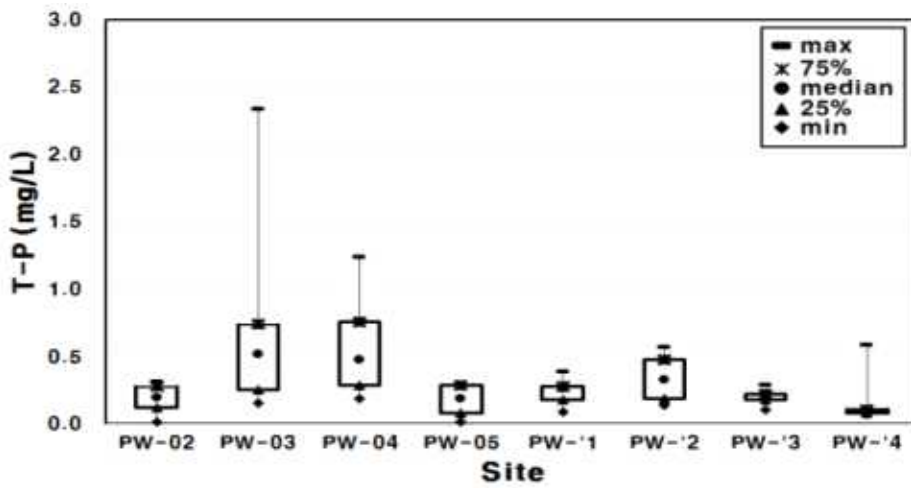
항목	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
날짜	PW-02 (mg/L)			PW-03 (mg/L)		
20130527	4.3	3.357	0.191	-	-	-
20130712	0.7	2.887	0.011	1.3	6.307	0.188
20130717	2.5	2.303	0.275	1.2	6.920	0.297
20140717	2.4	1.500	0.166	4.4	3.196	0.758
20140722	3.0	1.331	0.308	5.8	2.431	1.232
20150402	2.9	4.384	0.274	-	-	-
20150625	3.0	2.208	0.124	3.3	5.258	0.471
20150712	3.1	1.607	0.115	2.8	4.056	0.866
20150722	-	-	-	3.9	6.193	0.591
20150729	-	-	-	2.6	6.478	0.286
20151001	1.9	2.486	0.192	1.9	6.402	0.197
평균	2.6	2.451	0.184	4.8	4.733	0.760
날짜	PW-04 (mg/L)			PW-05 (mg/L)		
20130527	-	-	-	1.7	3.530	0.011
20130712	1.3	6.307	0.188	-	-	-
20130717	1.2	6.920	0.297	-	-	-
20140717	4.4	3.196	0.758	8.2	3.794	0.286
20140722	5.8	2.431	1.232	9.7	5.064	0.286
20150402	-	-	-	-	-	-
20150625	3.3	5.258	0.471	2.5	2.412	0.076
20150712	2.8	4.056	0.866	3.8	2.735	0.182
20150722	3.9	6.193	0.591	-	-	-
20150729	2.6	6.478	0.286	-	-	-
20151001	1.9	6.402	0.197	-	-	-
평균	3.0	5.249	0.543	5.2	3.507	0.168
날짜	PW-1 (mg/L)			PW-2 (mg/L)		
20150625	3.6	5.536	0.277	3.6	4.718	0.140
20150712	3.0	7.044	0.089	3.2	10.839	0.567
20150722	3.3	3.311	0.259	3.0	3.835	0.205
20150729	3.3	3.246	0.381	4.2	3.585	0.443
20151001	2.5	14.197	0.175	-	-	-
평균	3.1	6.667	0.236	3.5	5.744	0.339
날짜	PW-3 (mg/L)			PW-4 (mg/L)		
20150625	2.8	2.535	0.288	3.2	2.707	0.107
20150712	1.9	3.303	0.180	2.1	2.976	0.082
20150722	2.5	2.967	0.219	7.1	1.511	0.086
20150729	2.7	2.991	0.221	8.2	2.975	0.580
20151001	2.0	3.744	0.107	2.0	3.486	0.068
평균	2.4	3.108	0.203	4.5	2.731	0.185



<그림 3-136> EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-137> EMC 산정 결과 (T-N)



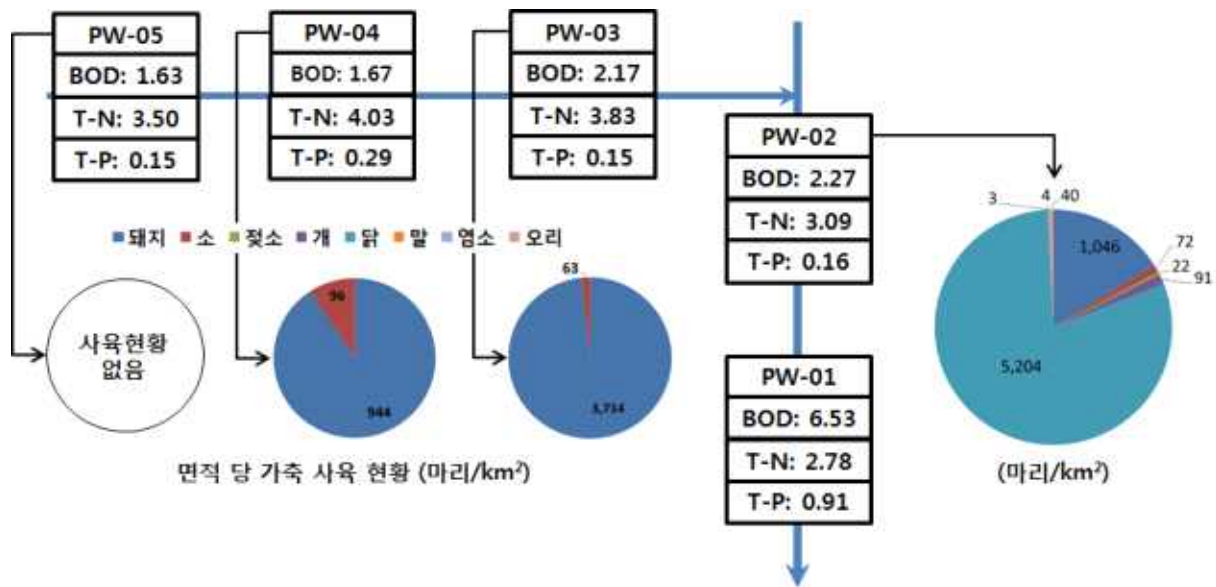
<그림 3-138> EMC 산정 결과 (T-P)

나. 축산비점 특성 분석

(1) 수계 영향 분석

(가) 정기 모니터링 결과 분석

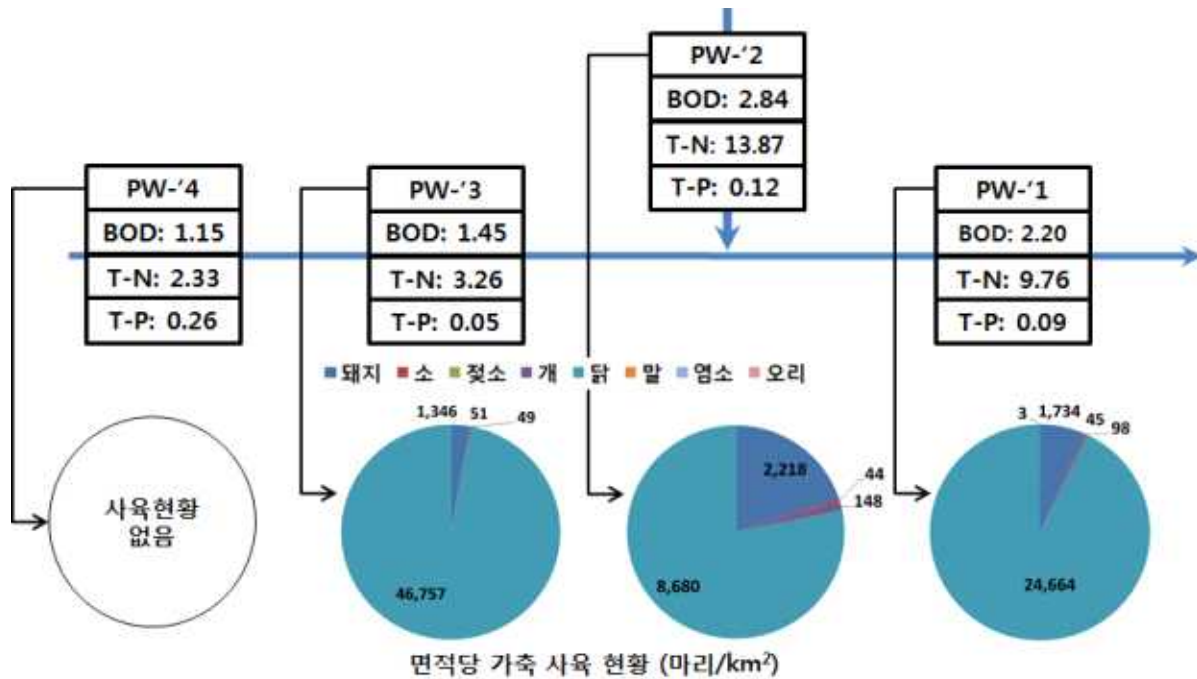
그림 <3-139>는 기존 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 산림유역인 PW-05에서 가장 낮은 값을 기록했으며, 축산이 밀집되어 있는 PW-04, PW-03을 지나면서 농도가 점점 높아지는 것으로 나타났다. 모니터링 지구의 말단인 PW-02에서 상류에 비해 더 높은 값을 기록했으며, 이는 축산계, 산업계, 생활계 오염원이 다량 유입되었기 때문으로 사료된다. 또한, 청미천 유역의 출구점인 PW-01 지점의 경우 가장 높은 값을 기록하였다. 주요 비점오염 물질인 T-N과 T-P의 경우 산림유역인 PW-05에 비해 축사가 밀집한 PW-04, PW-03에서 농도가 높거나 같은 것으로 나타나 축산계가 수질에 영향을 미치는 것으로 판단된다. PW-02의 경우 상류 지점들에 비해 유량이 매우 크기 때문에 이에 의한 희석효과로 농도가 낮아지는 것으로 나타났다.



<그림 3-139> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정기 모니터링)

그림 <3-140>는 신규 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 산림과 골프장 유역인 PW-4에서 가장 낮은 값을 기록했으며, 축산이 밀집되어 있는 PW-3, PW-2에서 더 높은 값을 기록했다. 특히, 면적당 닭 사육두수가 많은 PW-3에 비해 돼지 사육두수가 많은 PW-2에서 BOD 농도가 높은 것으로 나타나 닭에 비해 돼지가 BOD에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. 유역 말단인

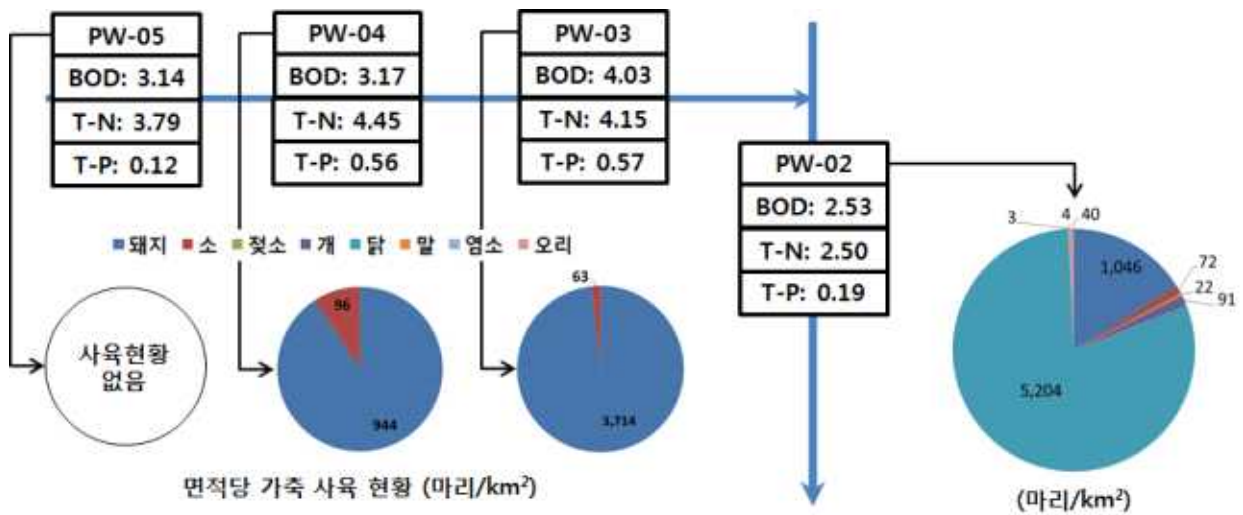
PW-1에서는 상류지점과 합류하천의 중간 정도 농도를 기록하였다. 주요 비점오염 물질인 T-N의 경우 측사가 존재하지 않는 PW-4에서 가장 낮은 값을 나타냈으며, 돼지와 소의 사육 밀집도가 가장 높은 합류하천 PW-2에서 가장 높은 값을 기록했다. T-N 또한 BOD와 마찬가지로 닭의 사육두수에 비해 돼지의 사육두수가 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. T-P의 경우 최상류인 PW-4에서 가장 높은 값을 기록했으며, 돼지와 소의 밀집도가 높은 PW-2에서 또한 높은 값을 나타냈다.



<그림 3-140> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정기 모니터링)

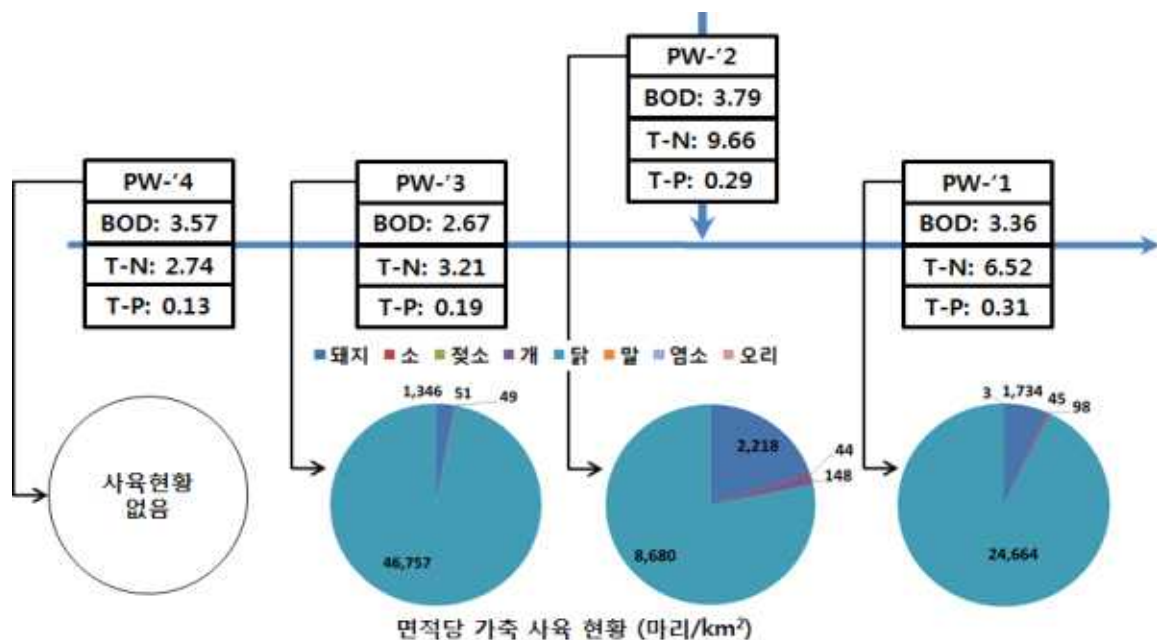
(나) 정밀 모니터링 결과 분석

그림 <3-141>기존 모니터링 지점별 정밀 모니터링의 수질 평균값과 축산 현황을 나타내고 있다. BOD의 경우 산림유역인 PW-05에 비해 PW-04, PW-03에서 높은 값을 기록했으며, 이는 강우시 축산계 등 오염원에 의한 비점오염 물질의 영향으로 판단된다. PW-02의 경우 상류유역에 비해 유역의 크기가 매우 크기 때문에 유량 차이에 의한 희석효과로 가장 낮은 값의 BOD 농도를 나타냈다. 주요 비점오염 물질인 T-N과 T-P의 경우도 BOD와 마찬가지로 산림을 배후유역으로 가지는 PW-05에서 측사가 밀집된 PW-04, PW-03에서 농도가 높은 것으로 나타났다. 특히, T-P의 경우 4~5배 차이가 나는 것으로 나타나 강우시 축산계 오염원에 의한 영향이 큰 것으로 보인다. PW-02에서는 유량에 의한 희석효과로 다시 농도가 낮아지는 것으로 나타났다.



<그림 3-141> 축산의 수계 영향 분석 (기존 지점, 정밀 모니터링)

그림 <3-142>는 신규 지점 정밀 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 산림과 골프장 유역인 PW-`4에서 측사가 밀집된 PW-`3에 비해 오히려 높은 값을 나타내었다. 돼지, 소의 사육 밀집도가 가장 높은 PW-`2에서는 가장 높은 값을 나타냈으며, 유역 말단인 PW-`1에서는 PW-`2와 PW-`3의 중간정도 농도를 기록하였다. 주요 비점오염 물질인 T-N과 T-P의 경우 산림 및 골프장을 배후유역으로 가지는 PW-`4에서 가장 낮은 값을 나타냈으며, 돼지, 소의 사육 밀집도가 높아지는 PW-`3, PW-`4에서 점점 더 높은 값을 기록하는 것으로 나타났다. 유역 말단인 PW-`1에서 T-N은 PW-`3, PW-`2의 중간 농도를 기록했으며, T-P는 가장 높은 값을 나타내 축산 이외의 다른 오염원의 영향 또한 있을 것으로 사료된다.



<그림 3-142> 축산의 수계 영향 분석 (신규 지점, 정밀 모니터링)

(2) 수질 - 축산현황 상관관계 분석

(가) 비강우시

유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-46>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 비강우시 평균 BOD 농도는 농가 수 및 가축두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-46> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가 수	Pearson 상관계수	0.848*	-0.208	-0.376
	유의확률 (양쪽)	0.000	0.692	0.462
	N	6	6	6
가축두수	Pearson 상관계수	0.906*	-0.218	-0.350
	유의확률 (양쪽)	0.013	0.679	0.497
	N	6	6	6
가금	Pearson 상관계수	0.910*	-0.218	-0.346
	유의확률 (양쪽)	0.012	0.678	0.502
	N	6	6	6
돼지	Pearson 상관계수	0.488	-0.133	-0.357
	유의확률 (양쪽)	0.327	0.801	0.487
	N	6	6	6
한우	Pearson 상관계수	0.774	-0.194	-0.385
	유의확률 (양쪽)	0.071	0.712	0.451
	N	6	6	6

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

(나) 강우시

유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-47>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 강우시 평균 T-P 농도는 돼지 및 한우 사육두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-47> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가	Pearson 상관계수	0.107	-0.141	0.759
	유의확률 (양쪽)	0.840	0.789	0.080
	N	6	6	6
가축두수	Pearson 상관계수	-0.071	-0.166	0.610
	유의확률 (양쪽)	0.894	0.753	0.199
	N	6	6	6
가금	Pearson 상관계수	-0.090	-0.168	0.591
	유의확률 (양쪽)	0.865	0.750	0.216
	N	6	6	6
돼지	Pearson 상관계수	0.562	-0.041	0.982**
	유의확률 (양쪽)	0.246	0.939	0.000
	N	6	6	6
한우	Pearson 상관계수	0.246	-0.117	0.855*
	유의확률 (양쪽)	0.638	0.825	0.030
	N	6	6	6

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

제 3 절 중간지역 모니터링 결과

1. 유역현황 분석

3차년도에는 1,2차년도 대상지보다 축산에 대한 영향 파악 및 유출 특성이 용이하고 축산 농가의 밀집도가 높은 지역을 대상으로 변경하여 모니터링을 실시하였다. 다음은 대상유역 선정에 대한 사전조사에 대해 기술하였으며, 유역 대상지는 중권역 유역으로 북한강유역, 소 유역으로는 일리천 유역으로 선정하였다. 또한, 축산비점 모니터링을 지점을 선정하기 위하여 문헌 조사 및 현장 답사를 통해 사전에 대상지를 선정하였으며 선정결과는 다음과 같다.

가. 신규 모니터링지점 선정사유

(1) 대상유역 선정시 고려사항

대상유역 선정시 고려사항은 ① 수문 및 수질측정과 관련하여, 수문 및 수질측정의 용이성, 모니터링 현장접근성, 관측망, 장기적 관측의 안전성 등을 고려하였으며, ② 축산농가 모니터링과 관련해서는 축산사육두수, 축산농가 모니터링 면적, 축산분뇨처리방식 등 그리고 마지막으로 ③ 장비설치의 용이성, 주변현황 등을 고려하였다.

또한, 모니터링 지점 선정은 농업(경종, 축산) 비점오염원 모니터링 자료를 안정적으로 수집할 수 있고, 토지이용이 복잡하지 않으며, 배수계통이 단순하여 점원 및 비점오염원 유출 파악이 용이한 지점을 선정하였다. 또한 축산비점오염원의 배출 및 오염부하 특성분석을 분석하기 위하여, 배경 농도 및 부하량을 파악할 수 있는 배후유역과 축산비점이 유출되는 지점인 축사 및 농경지를 포함하는 유역 구분이 명확할 수 있도록 모니터링 지점을 선정하였다. 이를 통하여, 축산비점의 유출의 농도 및 부하량을 파악하여 비점오염 중 농업비점오염 및 축산비점오염원 영향분석을 하는 것이 목표이다.

(2) 선정된 후보지역 현장조사

① 중간지역 현장조사 결과

중간지역의 신규 모니터링 지점 선정에 위해 우선, 대상유역 내에 있는 둔사 및 우사를 방문하여, 가축두수 및 축산농가의 규모 등을 조사하고, 비점유출 경로 등을 파악하였다<그림 3-143>. 또한 농경지에 사용되는 비료의 종류 및 모니터링 대상 농경지 섭외 가능 여부 등을 확인하기 위해 농가를 방문하였다. 최종적으로 수문/수질 계측망을 종합적으로 판단하여, 수문 및 수질 측정 후보지들을 검토하였다. 또한 조사된 자료는 <표 3-48>과 같이 자체적으로 지표를 선정하여 대상지역을 선정 하였으며 선정 결과 북한강 유역에 위치한 일리천 유역을 대상으로 선정하였다.



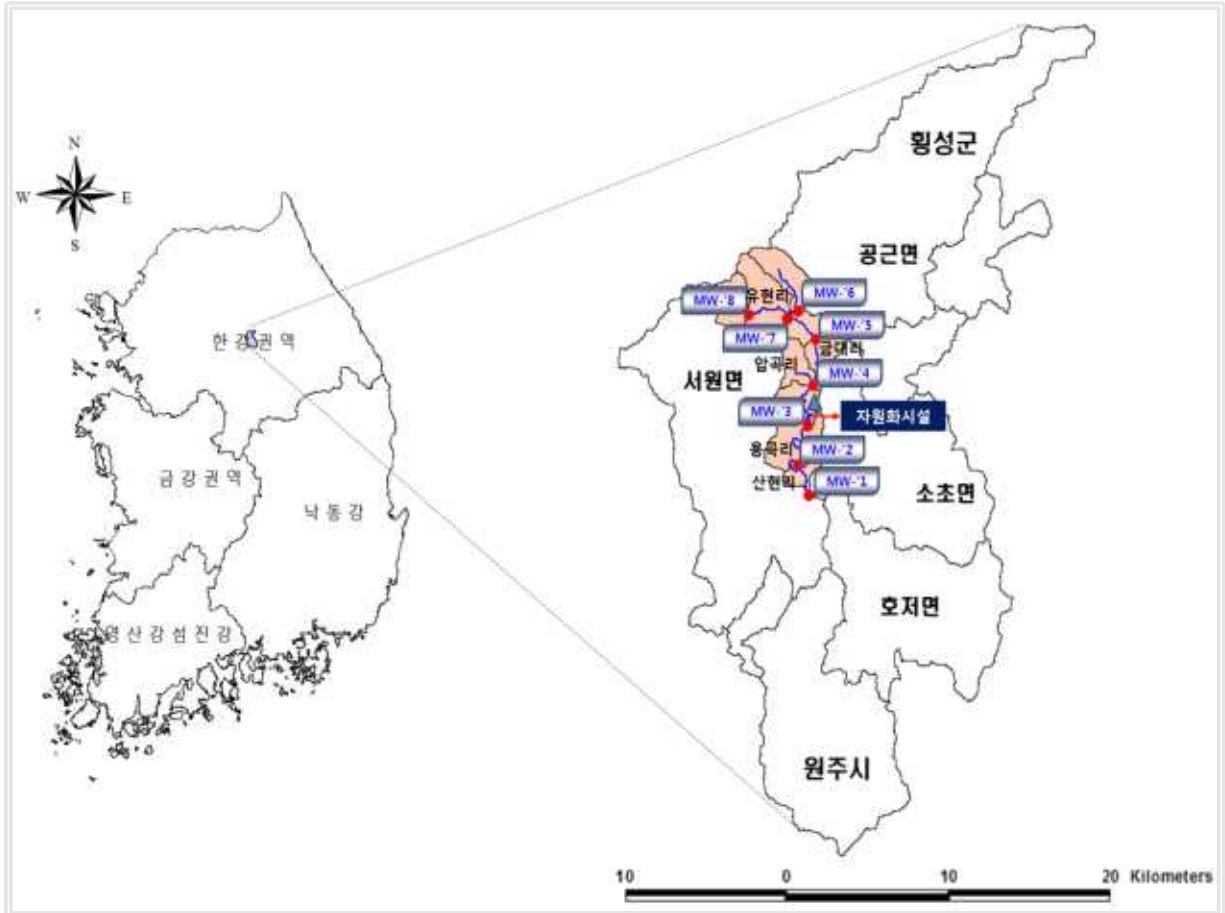
<그림 3-143> 대상지역 사전조사

<표 3-48> 00지역 유역 선정을 위한 지표 및 세부지표

지 표	세부지표	지표를 고려한 적정성 여부				
		1	2	3	4	5
○ 접근성	- 연구기관과 연구지점과의 거리/시간					○
	- 모니터링 조사 지점간의 거리					○
	- 간선도로와 연구지점간의 접근성				○	
○ 유역현황	- 유역조사를 위한 유역의 크기					○
	- 지류와 본류의 개수				○	
	- 유역 내 산간, 평야 포함 면적(70% 이상)				○	
	- 유역 내 경사도(40% 이상)					○
	- 유역 내 자원화물 사용량 확인 여부			○		
	- 유역 내 농경지(논 or 밭) 유무					○
	- 유역 내 자원화물 사용 농경지 여부					○
○ 축산현황	- 하천과 축산시설의 거리					○
	- 축산시설 내 가축두수(돼지 2,000두)					○
	- 축산시설 내 자원화 시설 설치 여부					○
	- 분뇨 발생량 확인 가능 여부					○
○ 모니터링 지점	- 자원화물의 생산량/사용량 확인 가능 여부			○		
	- 정기 모니터링 지점 개수(8지점) 가능성			○		
	- 강우 모니터링 지점 개수(6지점) 가능성		○			
	- 모니터링 시설 설치의 용이성			○		
	- 유량 및 수위 측정의 용이성				○	
	- 수질시료 채취의 용이성				○	
○ 관련기관 협조	- 모니터링 시설 및 인력의 안정성				○	
	- 관련 공공기관 공무원의 협조 여부			○		
	- 유역 내 축산업자의 협조 여부			○		
○ 관련기관 협조	- 유역 내 영농·주민인의 협조 여부			○		
	- 유역 내 영농·주민인의 협조 여부			○		
총합계				97		

나. 신규 모니터링 지점

3차년도에는 기존의 1,2차 년도 지점과의 비교를 위해 강원도 횡성군 서원면에 위치한 일리천 유역에서 모니터링을 시행하였다. 중간지역 측정지점은 수문 및 수질측정의 용이성, 축산사육현황 등을 고려하여 <그림 3-144>과 같이 선정하였다. 또한 <표 3-49>은 각 모니터링 지점별 측정인자와 측정방법을 표시하였다.



<그림 3-144> 중간지역 신규모니터링 지점

<표 3-49> 신규 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법

일련 번호	지점	측정인자	조사방법	측정방법
1	MW-'1 (섬강합류점)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
2	MW-'2 (생활계배출 지점)	유출량	유량조사	횡단조사,자동수위측정소
		수질	정기 및 정밀	수작업
3	MW-'3 (일리천유역 본류)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
4	MW-'4 (가축분뇨처리장 합류점)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
5	MW-'5 (논 배수로 합류점)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
6	MW-06 (이리천유역)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
7	MW-07 (축산 농가)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
8	MW-8 (배후지)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업

(1) MW- '1지점

MW- '1 지점의 경우 일리천 유역의 말단지점으로 섬강과 합류되기 직전 지점이며 주변에는 ○○체육시설 및 공원이 위치하고 있다. <그림 3-145>는 MW- '1 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 보에서 유속계 이용하여 측정을 하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에서 직접채수를 시행하였다.



<그림 3-145> 중간지역 MW-'1 모니터링 지점

(2) MW- '2지점

MW- '2 지점의 경우 일리천 유역의 중간지점으로 주변에는 펜션 및 캠핑등이 위치하고 있다. <그림 3-146>는 MW- '2 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 보에서 측정하거나 국토해양부 홍수통제소에서 운영중인 수위자료를 이용하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-146> 중간지역 MW-'2 모니터링 지점

(3) MW- '3지점

MW- '3 지점의 경우 일리천 유역에 유입되는 소하천으로 주변에는 대부분 생활계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-147>는 MW- '3 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-147> 중간지역 MW-'3 모니터링 지점

(4) MW- '4지점

MW- '4 지점의 경우 일리천 유역 본류지점으로 주변에는 가축분뇨처리장이 위치하고 있으며 축산농가와 논, 밭의 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-148>는 MW- '4 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-148> 중간지역 MW-'4 모니터링 지점

(5) MW- '5지점

MW- '5 지점의 경우 일리천 유역 분류지점으로 주변에는 대부분 축산농가와 논, 밭의 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-149>는 MW- '5 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-149> 중간지역 MW-'5 모니터링 지점

(6) MW- '6지점

MW- '6 지점의 경우 일리천으로 합류되는 이리천 유역 지점으로 주변에는 대부분 생활계와 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-150>는 MW- '6 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-150> 중간지역 MW-'6 모니터링 지점

(7) MW- '7지점

MW- '7 지점의 경우 일리천 상류지점으로 주변에는 대부분 축산농가와 논, 밭 등 주로 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-151>는 MW- '7 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-151> 중간지역 MW-'7 모니터링 지점

(8) MW- '8지점

MW- '8 지점의 경우 일리천 발원지로 주변에는 대부분 축산농가가 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-152>는 MW- '8 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-152> 중간지역 MW-'8 모니터링 지점

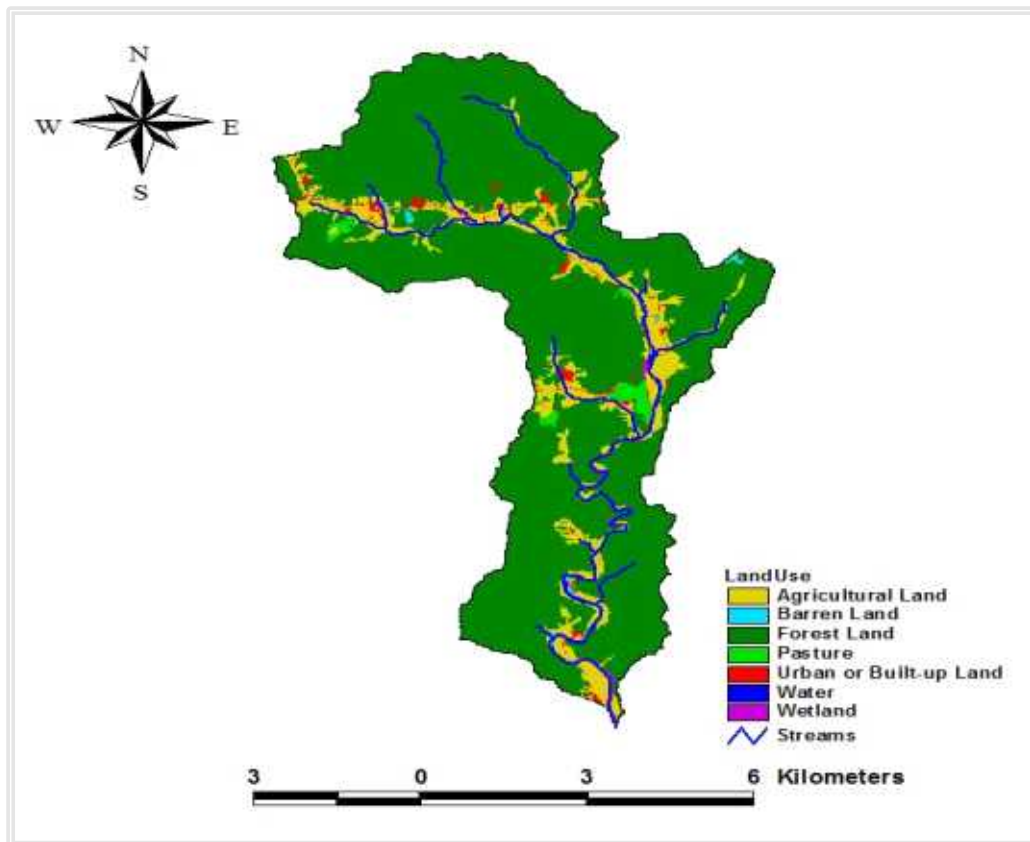
나. 지점별 구역현황

(1) 토지이용현황

중간 구역의 경우 토지이용의 경우 환경부에서 분류하는 토지피복분류표의 대분류 항목에 따라 구분하였으며 구분결과는 <표 3-50>와 같다. 일리천 구역의 경우 전체 구역면적은 367 Km² 이며, 대부분 산림지역이 285.4 Km² 으로 전체면적 중 77.7%로 가장 많이 차지하고 농업지역은 39.7 Km²로 10.8(%)를 차지하고 있다<그림 3-153>.

<표 3-50> 중간지역 토지피복 현황

토지피복도 대분류	토지피복도 중분류	면적(km ²)	비율(%)
시가화지역	주거, 공업, 상업, 위락시설, 교통, 공공시설지역	31.5	8.6
농업지역	논, 밭, 하우스, 과수원, 기타	39.7	10.8
산림지역	활엽수림, 침엽수림, 혼효림	285.4	77.7
초지	자연, 골프장, 기타	4.3	1.2
습지	내륙습지, 연안습지	3.2	0.9
나지	채광지역, 기타나지	1.3	0.3
수역	내륙수, 해양수	1.7	0.5
합계		367.1	100



<그림 3-153> 중간 지역 토지이용현황

(2) 행정구역현황

<표 3-51>는 대상유역의 행정구역 현황을 보여주고 있다. 일리천 유역은 1개시 1개군 2개면 7개리로 이루어져 있다.

<표 3-51> 대상지점의 행정구역 현황

지점명	행 정 구 역			
	시도	시군구	읍면동	리
MW- '1	강원도	원주시	호저면	산현리
MW- '2				용곡리
MW- '3		횡성군	서원면	압곡리
MW- '4				금대리
MW- '5				금대리
MW- '6				유현3리
MW- '7				유현2리
MW- '8				유현1리

다. 오염원조사 현황

(1) 생활계 오염원

생활계 오염원 조사는 ‘전국오염원조사자료 (환경부 2013)’ 를 이용하여 조사하였으며 그 결과는 <표 3-52>에 나타내었다. 생활계 오염원 조사는 유역내에 거주하고 있는 인구 현황을 통해 이루어지며, 인구는 시가 인구와 비시가 인구로 구분할 수 있다. 일리천 지점의 전체 인구수는 1,279명으로 이중 MW- '6번 지점인 서원면 유현3리가 298명으로 가장 많은 인구수를 기록하였으며 MW- ' 2 지점인 호저면 용곡리가 69명으로 가장낮게 조사되었다.

<표 3-52> 대상유역의 인구 현황

지점명	인구 (인)			비고
	시가	비시가	합계	
MW- '1	0	164	164	
MW- '2	0	69	69	
MW- '3	0	195	195	
MW- '4	0	102	102	
MW- '5	0	114	114	
MW- '6	0	298	298	
MW- '7	0	219	219	
MW- '8	0	118	118	
합계			1,279	

(2) 축산계 오염원

지점별 축산 현황은 아래 <표 3-53>과 같으며, 돼지, 한우, 유우, 개, 닭, 사슴 수를 나타내고 있다. 일리천 유역의 농가 수는 총 90개의 농가가 위치하고 있는데 그 중 돼지 1,467마리, 한우 1,957마리, 젓소 581마리, 개 2,880마리, 닭 75,000마리, 사슴 4마리 닭의 수가 가장 높게 조사되었으며 그 다음으로는 개의 수가 가장 높다. 돼지의 경우 MW- '3 지점에서 가장 조사되었으며 한우의 경우 MW-' 5지점에서 669 마리로 가장 높게 나타났다. 유우의 경우 MW-' 6 지점에서 325마리로 가장 높게 조사되었다. 돼지의 경우 MW-' 5 지점에서 1,467 마리로 가장 높게 조사되었으며, 닭의 경우는 40,000마리로 MW-' 5지점에서 가장 높게 나타났다.

<표 3-53> 하천 모니터링 지점별 축산 현황

지점명	MW- '1	MW- '2	MW- '3	MW- '4
돼지	0	0	1,467	0
한우	25	0	153	354
유우	0	21	76	0
개	0	0	0	240
닭	0	0	35,000	0
사슴	0	0	0	4
농가 수	2	1	8	15
지점명	MW- '5	MW- '6	MW- '7	MW- '8
돼지	0	0	0	0
한우	669	220	521	15
유우	0	325	159	0
개	860	0	1,780	0
닭	40,000	0	0	0
사슴	0	0	0	0
농가 수	17	12	33	2

(3) 산업계 오염원

<표 3-54>은 산업체 현황을 나타내고 있다. MW- '7 지점에 1개의 산업체만이 있으며 40 m^3/day 만큼의 폐수를 발생시키고 있다.

<표 3-54> 대상유역의 산업체 현황

구분	산업체 수 (개)	폐수발생량 (m^3/day)	비고
MW- '7	1	40	

2. 오염부하량 산정 결과

가. 발생부하량 산정 결과

중간구역의 BOD 발생부하량은 총 2,351.8 kg/day로 산정되었으며, MW- '5 구역의 BOD 발생부하량이 전체의 22.0%에 해당하는 516.8 kg/day로 가장 높게 나타났다.

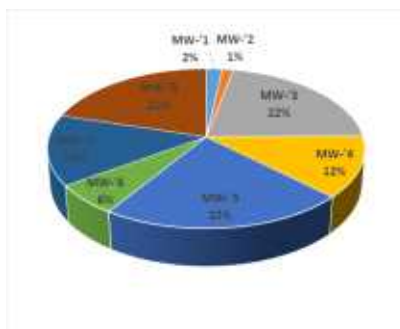
중간구역의 T-N 발생부하량은 총 693.4 kg/day로 산정되었으며, MW- '5 구역의 T-N 발생부하량이 전체의 21.7 %에 해당하는 150.4 kg/day로 가장 높게 나타났다.

중간구역의 T-P 발생부하량은 총 173.4 kg/day로 산정되었으며, MW- '3 구역의 T-N 발생부하량이 전체의 25.3 %에 해당하는 43.9 kg/day로 가장 높았다.

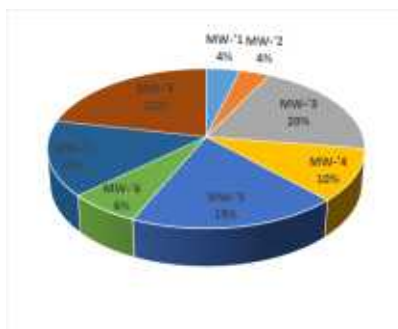
<표 3-55> MW 구역의 발생부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

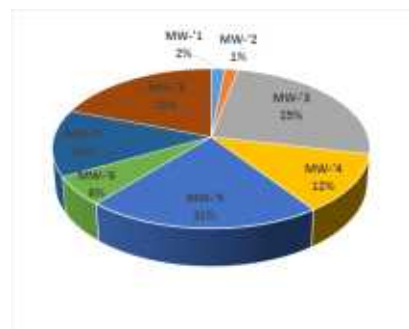
소구역명	BOD발생부하량	T-N발생부하량	T-P발생부하량
MW-1	44.5	27.5	2.8
MW-2	31.6	24.6	2.6
MW-3	507.1	137.7	43.9
MW-4	290.7	73.0	20.5
MW-5	516.8	129.8	36.4
MW-6	144.2	45.1	10.1
MW-7	336.4	105.3	23.5
MW-8	480.5	150.4	33.6
합계	2,351.8	693.4	173.4



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-154> 중간지역 소구역별 발생부하량 점유율

중간지역의 오염원별 발생부하량을 비교해보면 일리천 유역내 양식계, 매립계의 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계중 축산계의 발생부하량이 BOD, T-N, T-P 모두 가장 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-56> 중간지역 오염원별 BOD 발생부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	44.5	9.3	13.2	-	22.0	-	-
MW-2	31.6	4.6	11.7	-	15.4	-	-
MW-3	507.1	11.3	464.9	-	30.9	-	-
MW-4	290.7	3.9	276.5	-	10.4	-	-
MW-5	516.8	6.9	491.5	-	18.4	-	-
MW-6	144.2	6.5	105.0	9.7	22.9	-	-
MW-7	336.4	15.3	245.1	22.6	53.4	-	-
MW-8	480.5	21.8	350.2	32.3	76.2	-	-
합계	2351.8	79.6	1958.1	64.7	249.4	-	-

<표 3-57> 중간지역 오염원별 T-N 발생부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	27.5	2.5	2.9	-	22.0	-	-
MW-2	24.6	1.3	3.4	-	19.9	-	-
MW-3	137.7	3.1	109.3	-	25.3	-	-
MW-4	73.0	1.0	62.2	-	9.8	-	-
MW-5	129.8	1.9	110.6	-	17.4	-	-
MW-6	45.1	1.8	27.2	0.6	15.5	-	-
MW-7	105.3	4.2	63.5	1.4	36.1	-	-
MW-8	150.4	6.0	90.8	2.0	51.6	-	-
합계	693.3	21.9	469.9	4.0	197.6	-	-

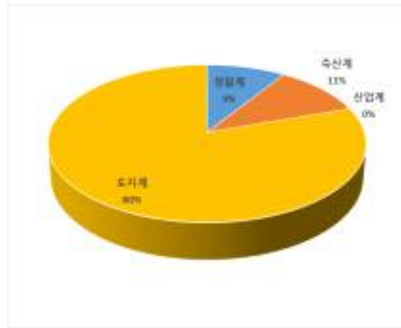
<표 3-58> 중간지역 오염원별 T-P 발생부하량

(단위 : kg/day)

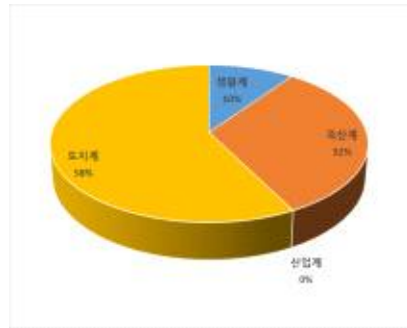
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	2.8	0.3	0.9	-	1.6	-	-
MW-2	2.6	0.1	1.2	-	1.3	-	-
MW-3	43.9	0.3	41.7	-	1.9	-	-
MW-4	20.5	0.1	19.7	-	0.7	-	-
MW-5	36.4	0.2	35.0	-	1.2	-	-
MW-6	10.1	0.2	8.6	0.1	1.2	-	-
MW-7	23.5	0.5	20.2	0.1	2.8	-	-
MW-8	33.6	0.7	28.8	0.2	4.0	-	-
합계	173.5	2.4	156.1	0.4	14.6	-	-



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량

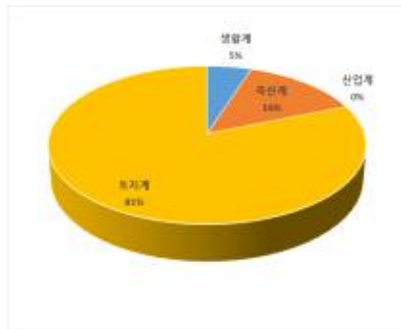


(c) T-P발생부하량

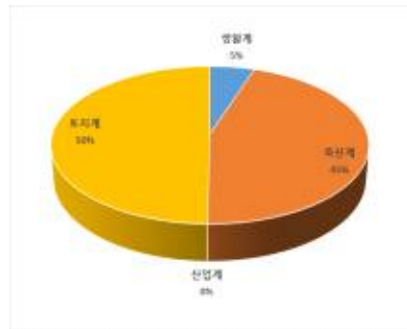
<그림 3-155> 중간지역 (MW-1) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

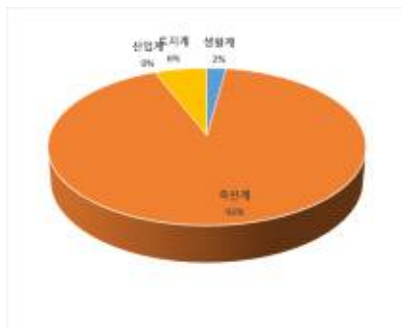


(b) T-N발생부하량

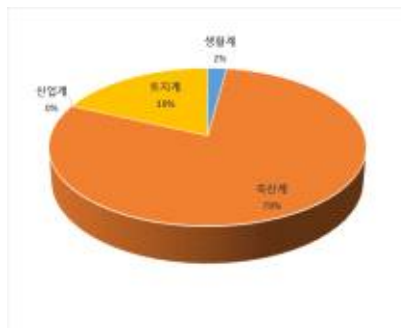


(c) T-P발생부하량

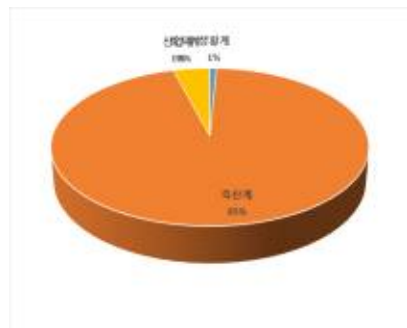
<그림 3-156> 중간지역 (MW-2) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

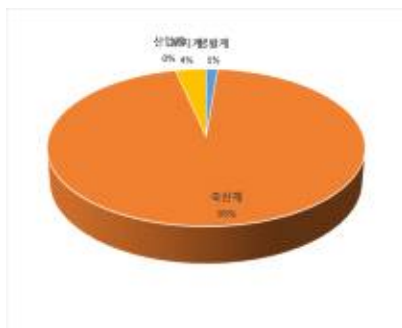


(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

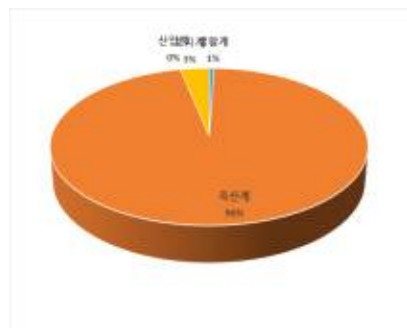
<그림 3-157>중간지역 (MW-3) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

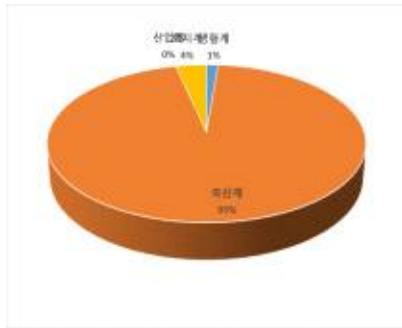


(b) T-N발생부하량

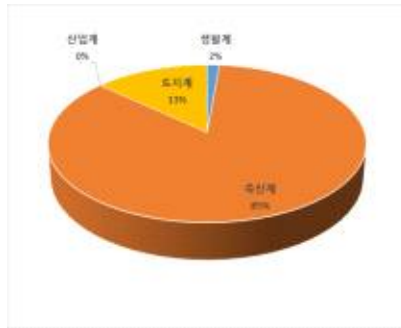


(c) T-P발생부하량

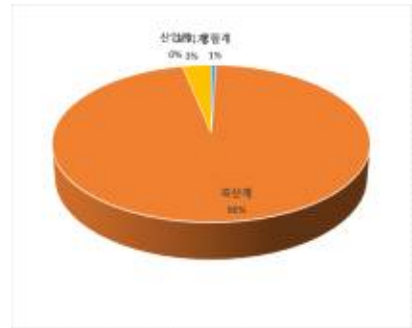
<그림 3-158>중간지역 (MW-4) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

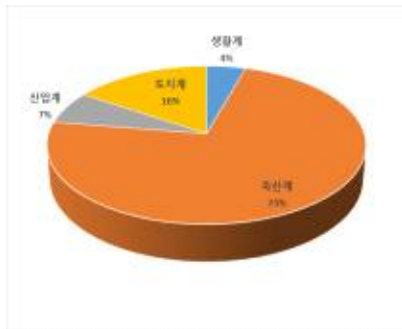


(b) T-N발생부하량

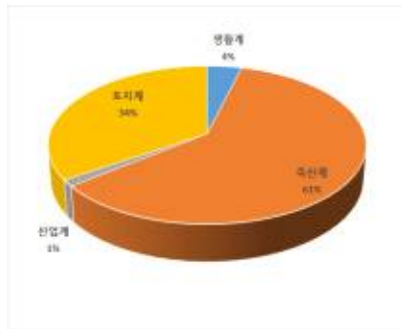


(c) T-P발생부하량

<그림 3-159> 중간지역 (MW-5) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

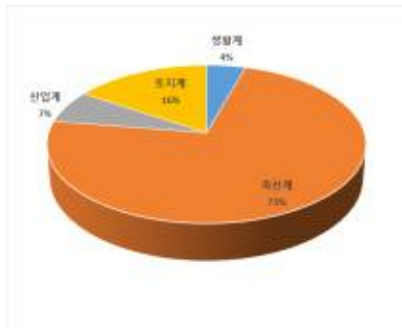


(b) T-N발생부하량

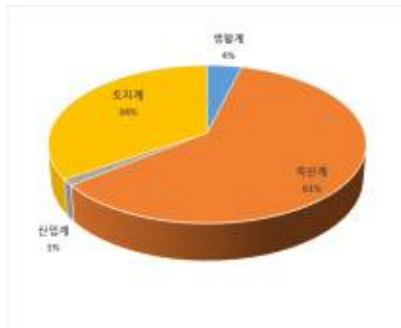


(c) T-P발생부하량

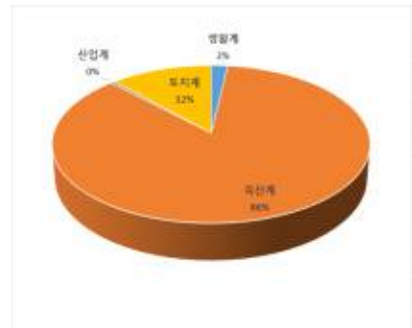
<그림 3-160> 중간지역 (MW-6) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

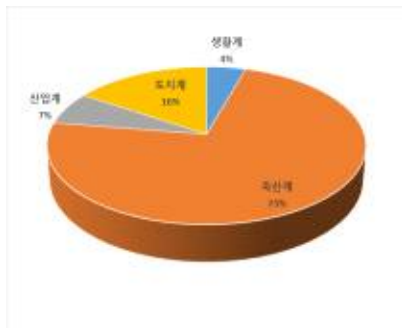


(b) T-N발생부하량

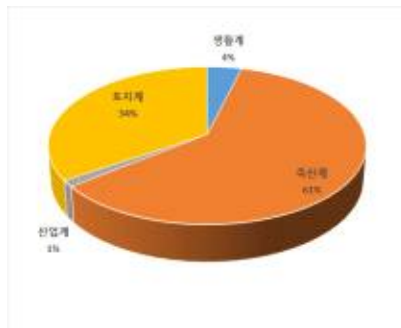


(c) T-P발생부하량

<그림 3-161>중간지역 (MW-7) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-162>중간지역 (MW-8) 오염원별 발생부하량 점유율

나. 배출부하량 분석결과

중간구역의 BOD 배출부하량은 총 509.3 kg/day로 산정되었으며, MW- '8 구역의 BOD 발생부하량이 전체의 28.0%에 해당하는 142.4 kg/day로 가장 높게 나타났다.

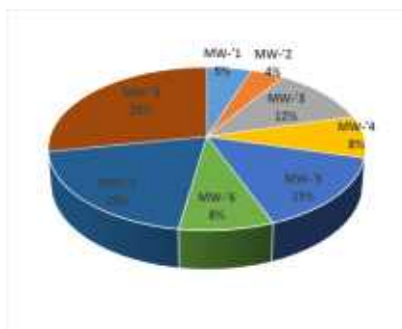
중간구역의 T-N 배출부하량은 총 331.5 kg/day로 산정되었으며, MW- '8 구역의 T-N 발생부하량이 전체의 25.2%에 해당하는 83.5 kg/day로 가장 높게 나타났다.

중간구역의 T-P 배출부하량은 총 28.3 kg/day로 산정되었으며, MW- '8 구역의 T-P 발생부하량이 전체의 25.7 %에 해당하는 7.3 kg/day로 가장 높았다.

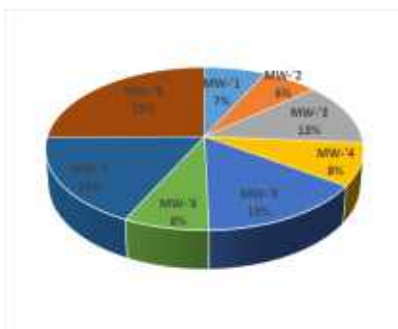
<표 3-59> MW 구역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

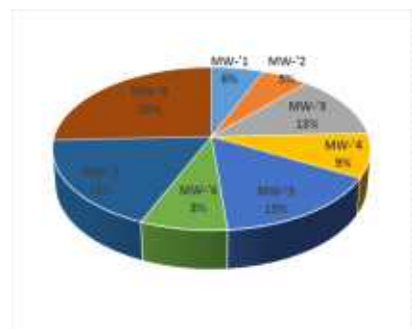
소구역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
MW-1	26.8	23.7	1.7
MW-2	19.7	21.6	1.6
MW-3	59.5	41.6	3.6
MW-4	42.7	27.9	2.5
MW-5	75.8	49.6	4.4
MW-6	42.7	25.1	2.2
MW-7	99.7	58.5	5.1
MW-8	142.4	83.5	7.3
합계	509.3	331.5	28.3



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-163> 중간지역 소유역별 발생부하량 점유율

중간지역의 오염원별 배출부하량을 비교해보면 일리천 구역내 양식계, 매립계, 산업계의 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 생활계, 축산계, 토지계중 대부분 토지계, 축산계의 배출부하량이 BOD, T-N, T-P 항목에서 모두 가장 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-60> 중간지역 오염원별 BOD 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	26.8	3.4	1.5	-	21.9	-	-
MW-2	19.7	2.0	2.5	-	15.3	-	-
MW-3	59.5	2.6	26.2	-	30.7	-	-
MW-4	42.7	1.0	31.3	-	10.3	-	-
MW-5	75.8	1.8	55.7	-	18.3	-	-
MW-6	42.7	1.6	18.4	-	22.7	-	-
MW-7	99.7	3.8	42.8	-	53.0	-	-
MW-8	142.4	5.4	61.2	-	75.8	-	-
합계	509.3	21.7	239.6	-	247.9	-	-

<표 3-61> 중간지역 오염원별 T-N 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	23.7	0.9	0.9	-	21.9	-	-
MW-2	21.6	0.5	1.3	-	19.8	-	-
MW-3	41.6	1.1	15.3	-	25.2	-	-
MW-4	27.9	0.4	17.8	-	9.7	-	-
MW-5	49.6	0.7	31.7	-	17.2	-	-
MW-6	25.1	0.7	9.0	-	15.4	-	-
MW-7	58.5	1.6	21.0	-	35.9	-	-
MW-8	83.5	2.2	30.0	-	51.3	-	-
합계	331.5	8.1	127.1	-	196.4	-	-

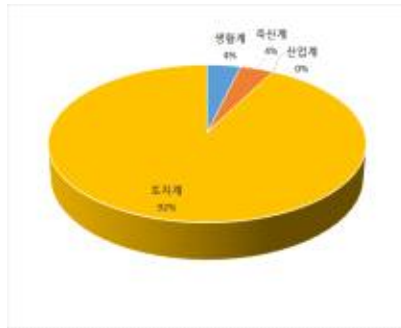
<표 3-62> 중간지역 오염원별 T-P 배출부하량

(단위 : kg/day)

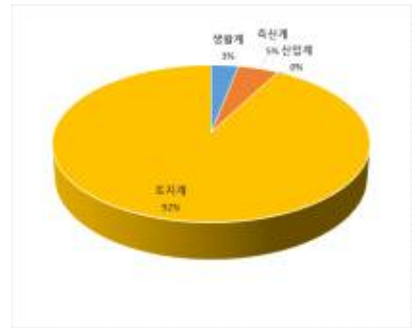
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
MW-1	1.7	0.1	0.1	-	1.6	-	-
MW-2	1.6	0.0	0.2	-	1.3	-	-
MW-3	3.6	0.1	1.7	-	1.9	-	-
MW-4	2.5	0.0	1.8	-	0.7	-	-
MW-5	4.4	0.0	3.1	-	1.2	-	-
MW-6	2.2	0.0	1.0	-	1.2	-	-
MW-7	5.1	0.1	2.2	-	2.8	-	-
MW-8	7.3	0.1	3.2	-	3.9	-	-
합계	28.3	0.5	13.3	-	14.5	-	-



(a) BOD발생부하량

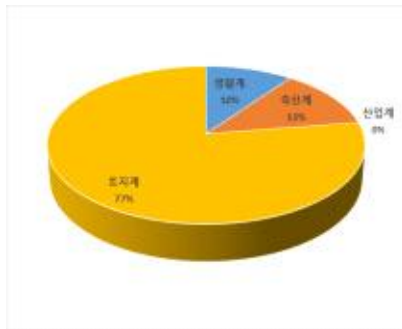


(b) T-N발생부하량

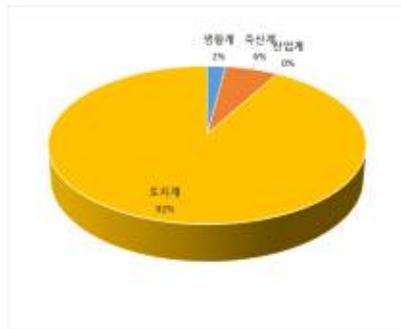


(c) T-P발생부하량

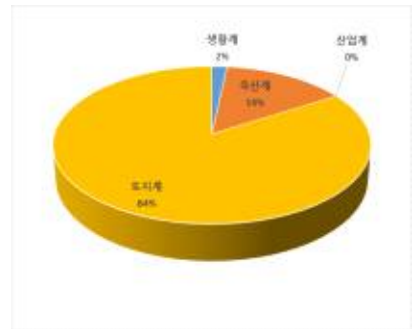
<그림 3-164> 중간지역 (MW-1) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

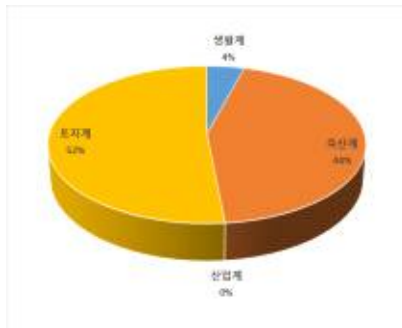


(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-165> 중간지역 (MW-2) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

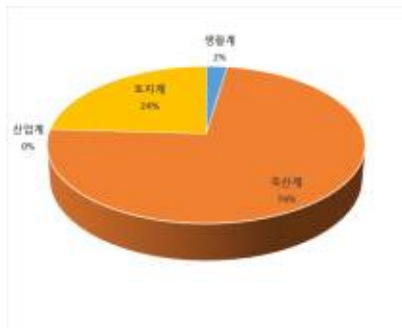


(b) T-N발생부하량

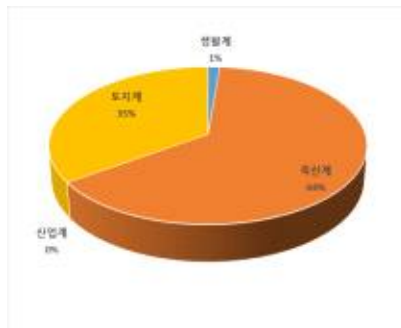


(c) T-P발생부하량

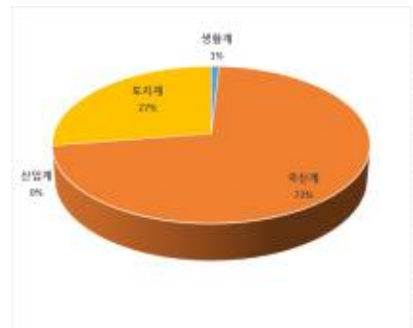
<그림 3-166>중간지역 (MW-3) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

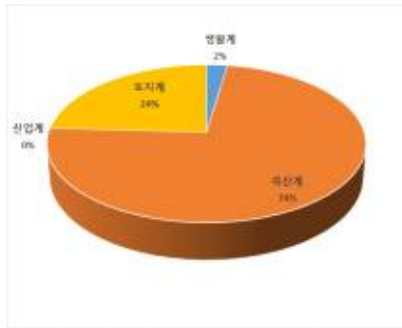


(b) T-N발생부하량

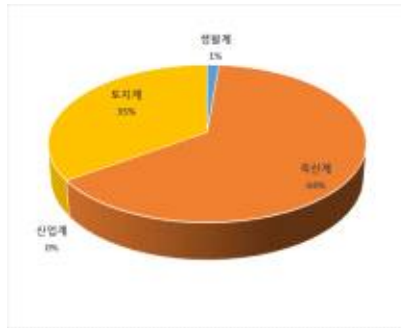


(c) T-P발생부하량

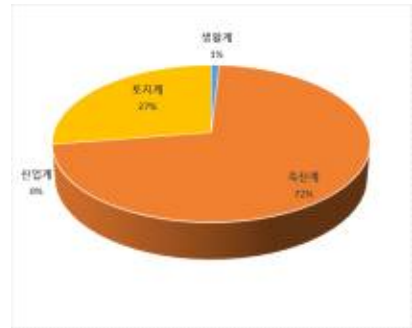
<그림 3-167>중간지역 (MW-4) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-168> 중간지역 (MW-5) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

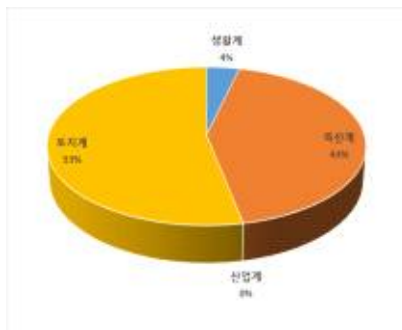


(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

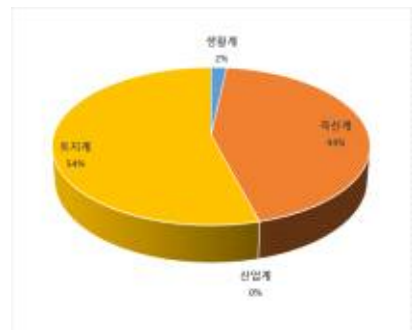
<그림 3-169> 중간지역 (MW-6) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

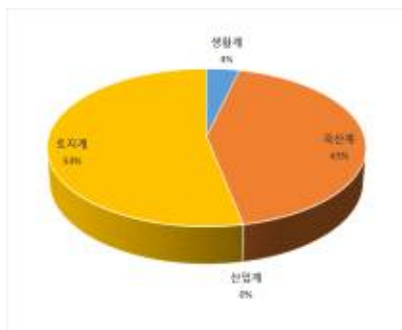


(b) T-N발생부하량

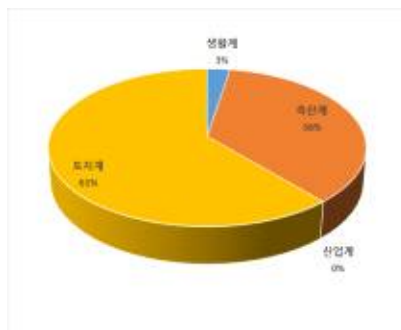


(c) T-P발생부하량

<그림 3-170>중간지역 (MW-7) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

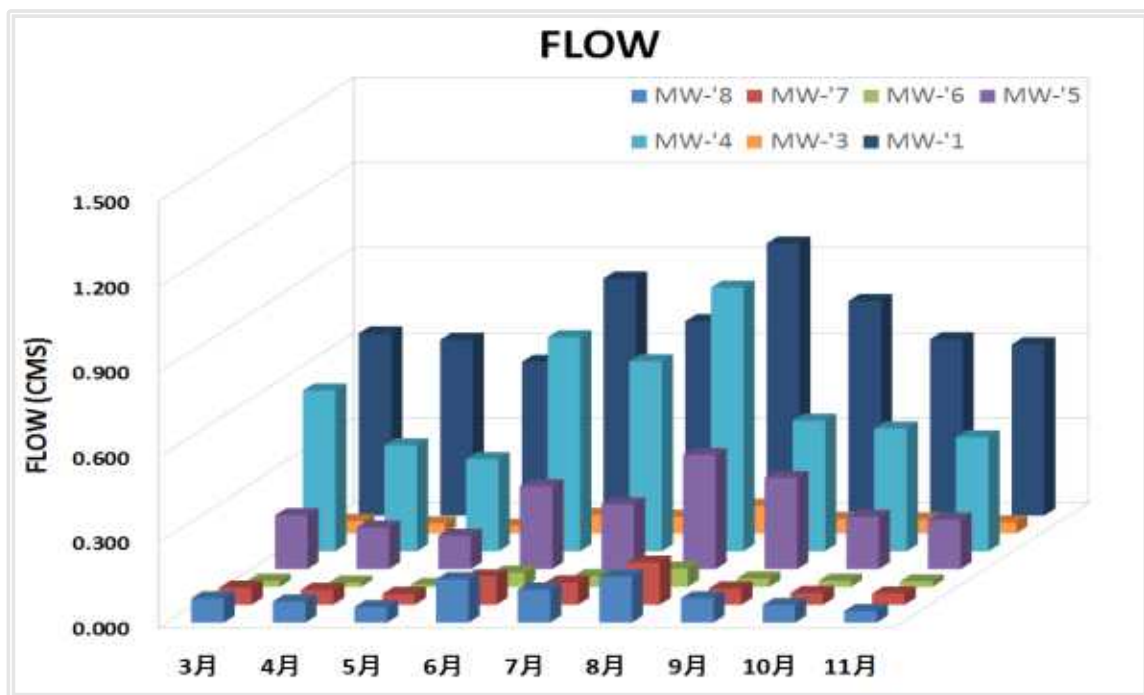
<그림 3-171>중간지역 (MW-8) 오염원별 발생부하량 점유율

3. 3차년도 모니터링 결과

가. 정기 모니터링

(1) 수리·수문 모니터링

<그림 3-172>는 MW- '1 ~ MW- '8 지점의 유량조사 결과를 나타내고 있다. 전 지점 모두 하천에서 유속계 및 수위계를 이용하여 유속-면적법으로 측정하였다. 2015년의 경우 극심한 가뭄으로 인해 하천의 유량이 전년도에 비해 많이 감소되었으나 하천의 말단으로 갈수록 유량이 증가하며 계절의 변화에 따른 유량의 증감은 구별되었다.



<그림 3-172> 중간지역 유량 측정 결과

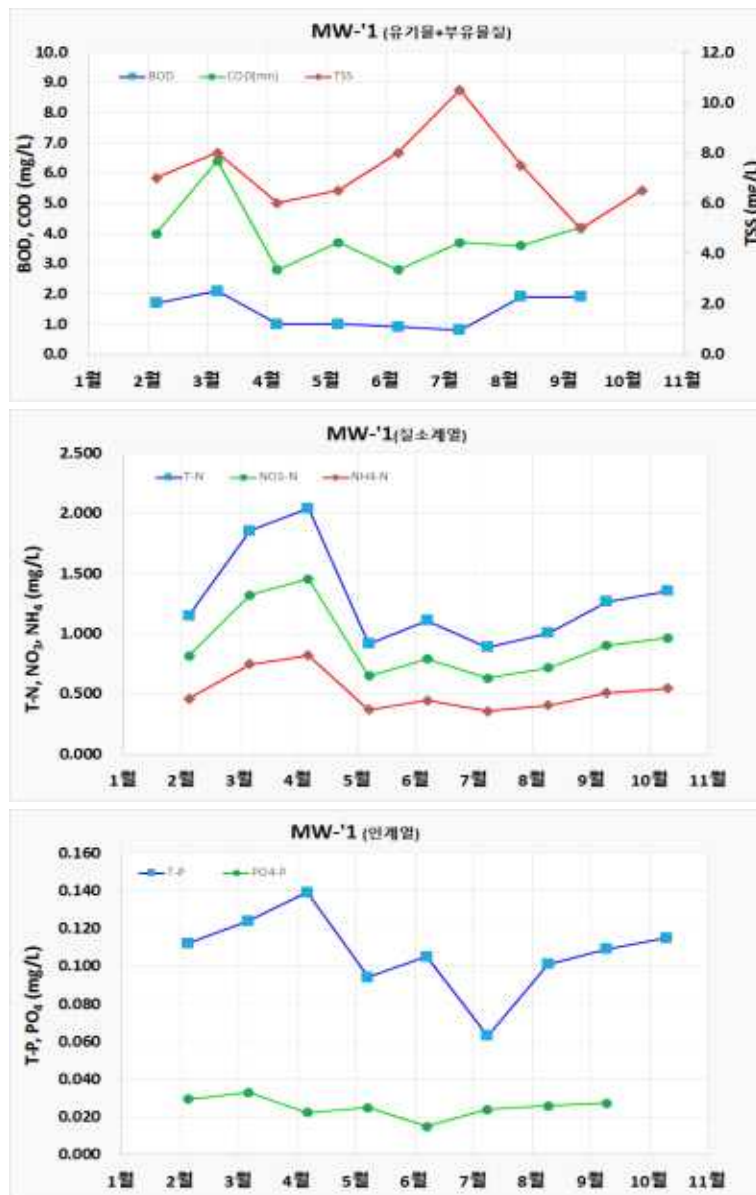


<그림 3-173> 중간지역 하천유량 측정 모습

(2) 수질 모니터링

(가) MW- '1 지점

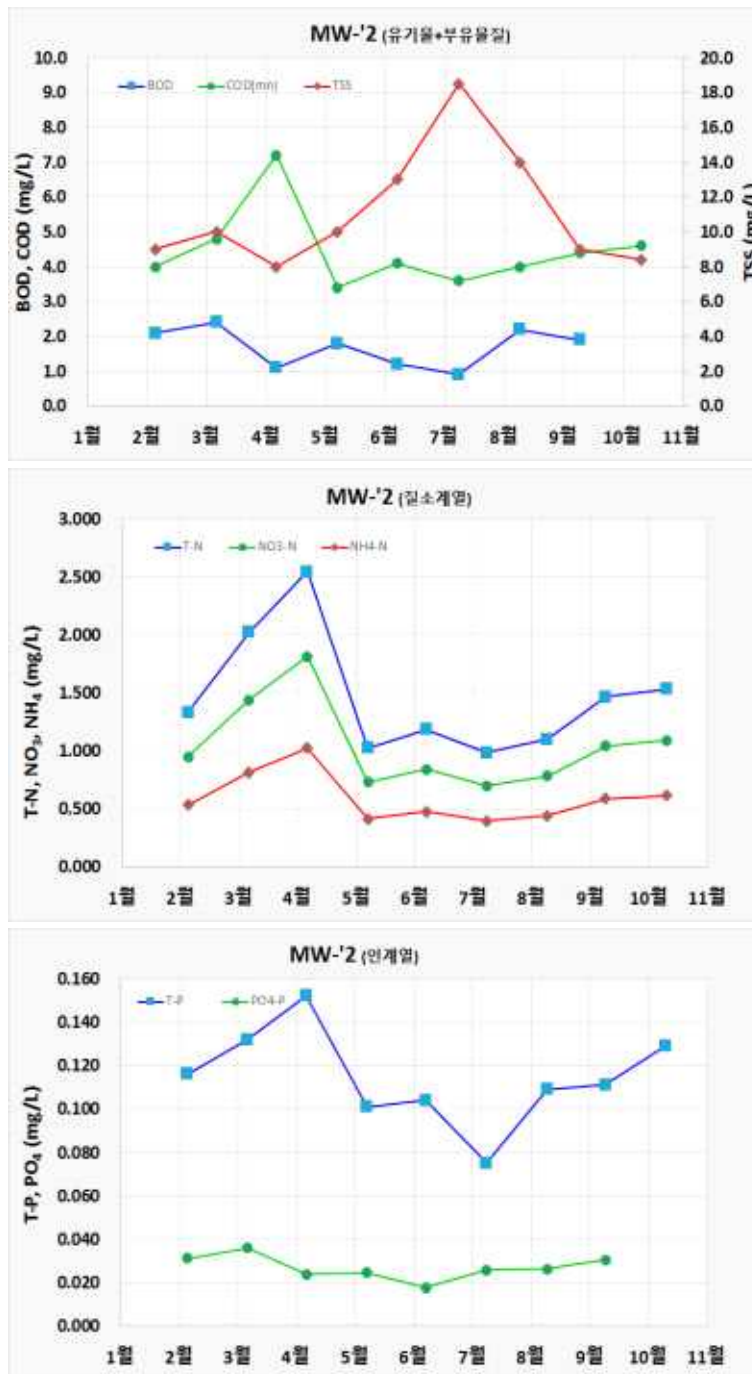
중간지역의 유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 0.8 mg/L ~ 2.1 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 2.8 mg/L ~ 6.4 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계열 중 T-N은 0.885 mg/L ~ 2.039 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.356 mg/L ~ 0.821 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.630 mg/L ~ 1.452 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.063 mg/L ~ 0.189 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.015 mg/L ~ 0.033 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-174> 수질 모니터링 결과 (MW-'1)

(나) MW- '2 지점

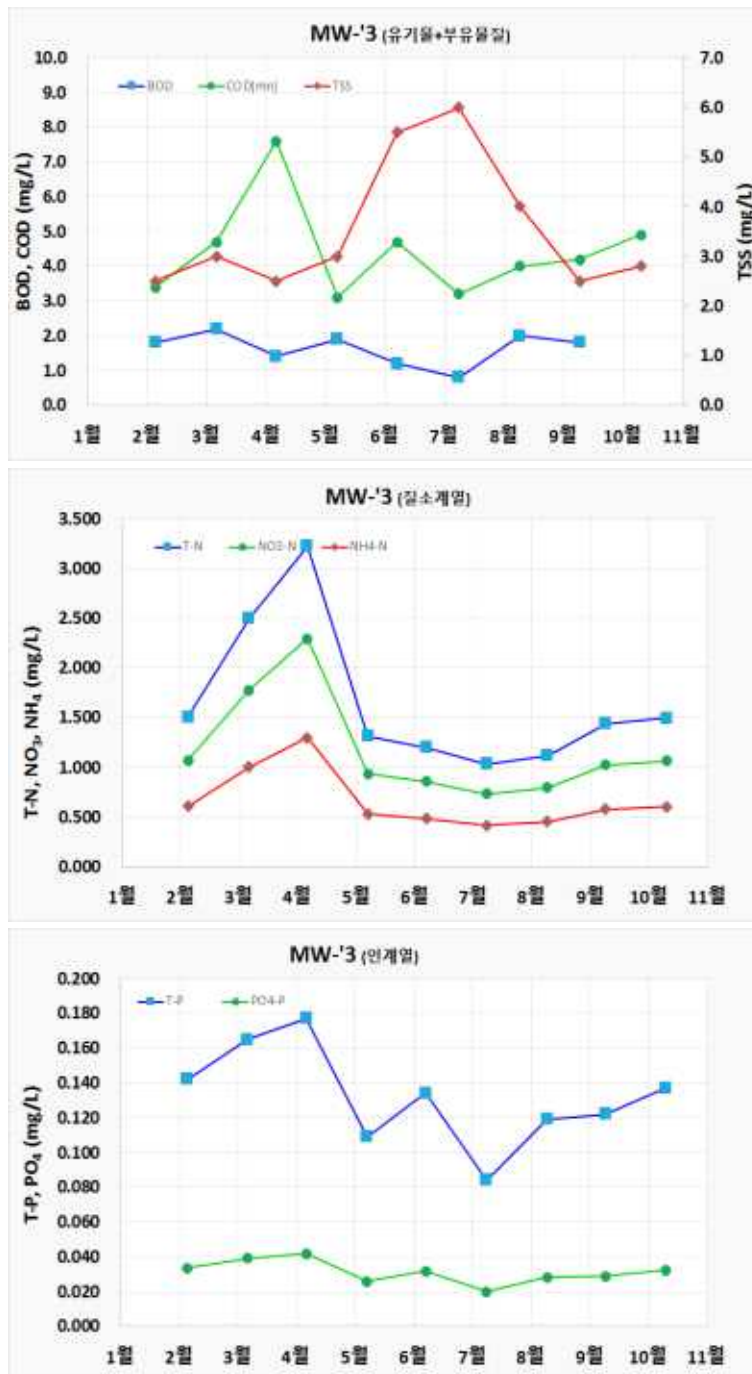
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 0.9 mg/L ~ 2.4 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 3.4 mg/L ~ 7.2 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 0.984 mg/L ~ 2.542 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.396 mg/L ~ 1.023 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.701 mg/L ~ 1.811 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.075 mg/L ~ 0.152 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.018 mg/L ~ 0.036 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-175> 수질 모니터링 결과 (MW-'2)

(다) MW- '3 지점

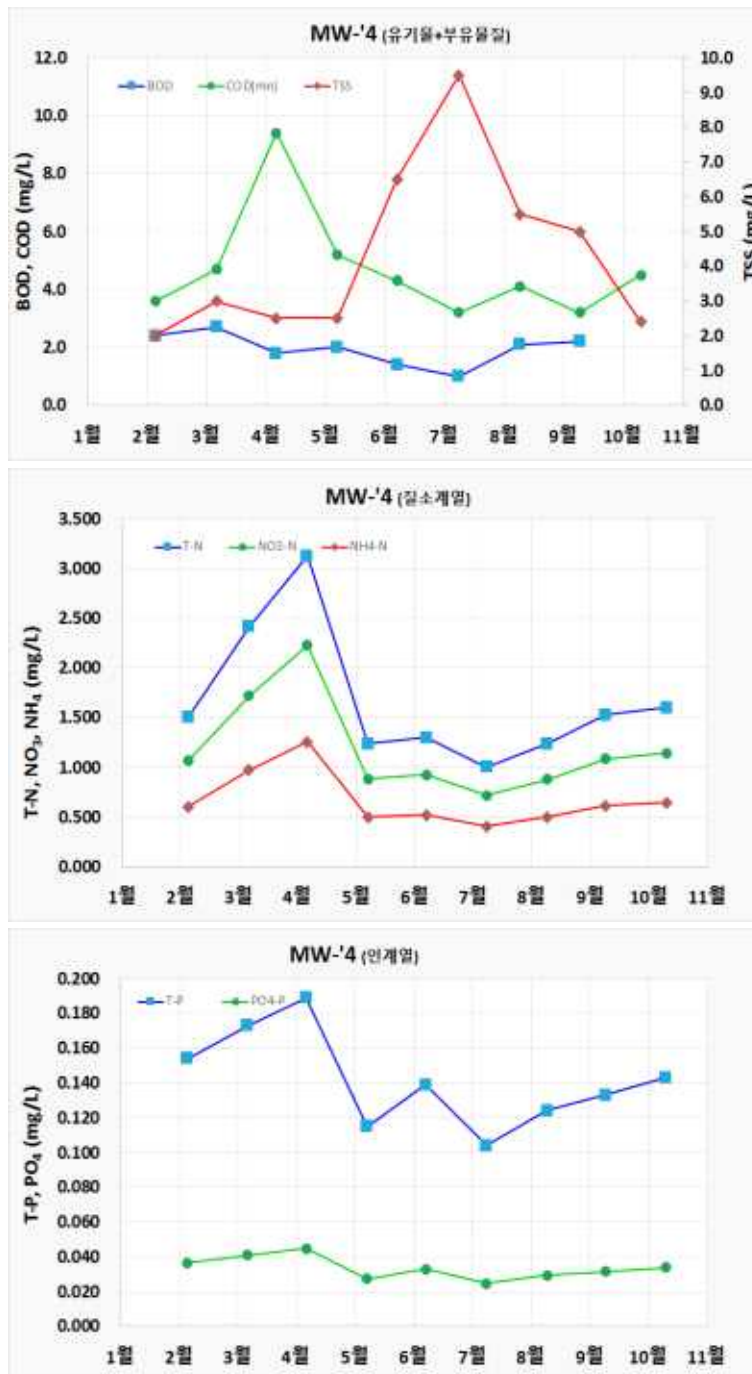
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 0.8 mg/L ~ 2.2 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 3.1 mg/L ~ 7.6 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 1.032 mg/L ~ 3.221 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.415 mg/L ~ 1.297 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.735 mg/L ~ 2.294 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.084 mg/L ~ 0.177 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.020 mg/L ~ 0.042 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-176> 수질 모니터링 결과 (MW-3)

(라) MW- '4 지점

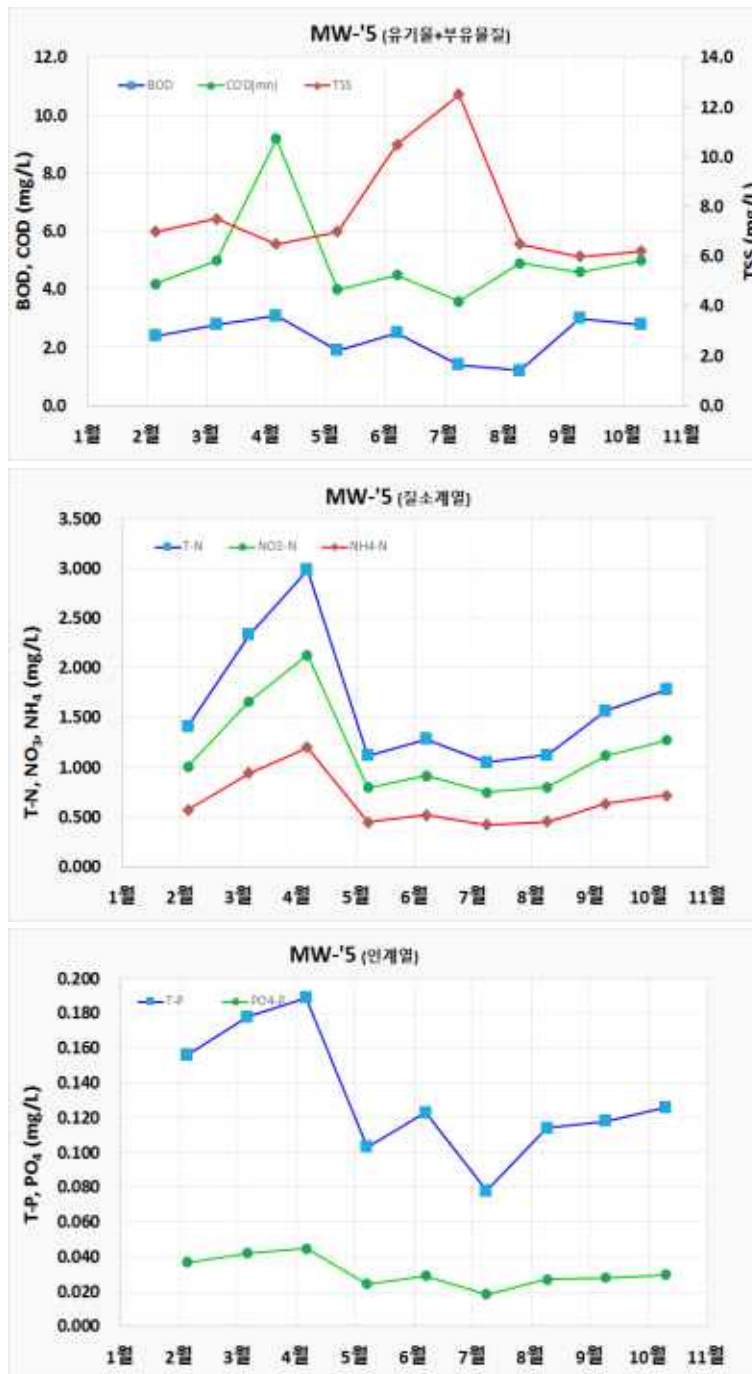
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.0 mg/L ~ 2.7 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 3.2 mg/L ~ 9.4 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 1.005 mg/L ~ 3.125 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.405 mg/L ~ 1.258 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.715 mg/L ~ 2.226 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.104 mg/L ~ 0.189 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.025 mg/L ~ 0.045 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-177> 수질 모니터링 결과 (MW-4)

(마) MW- '5 지점

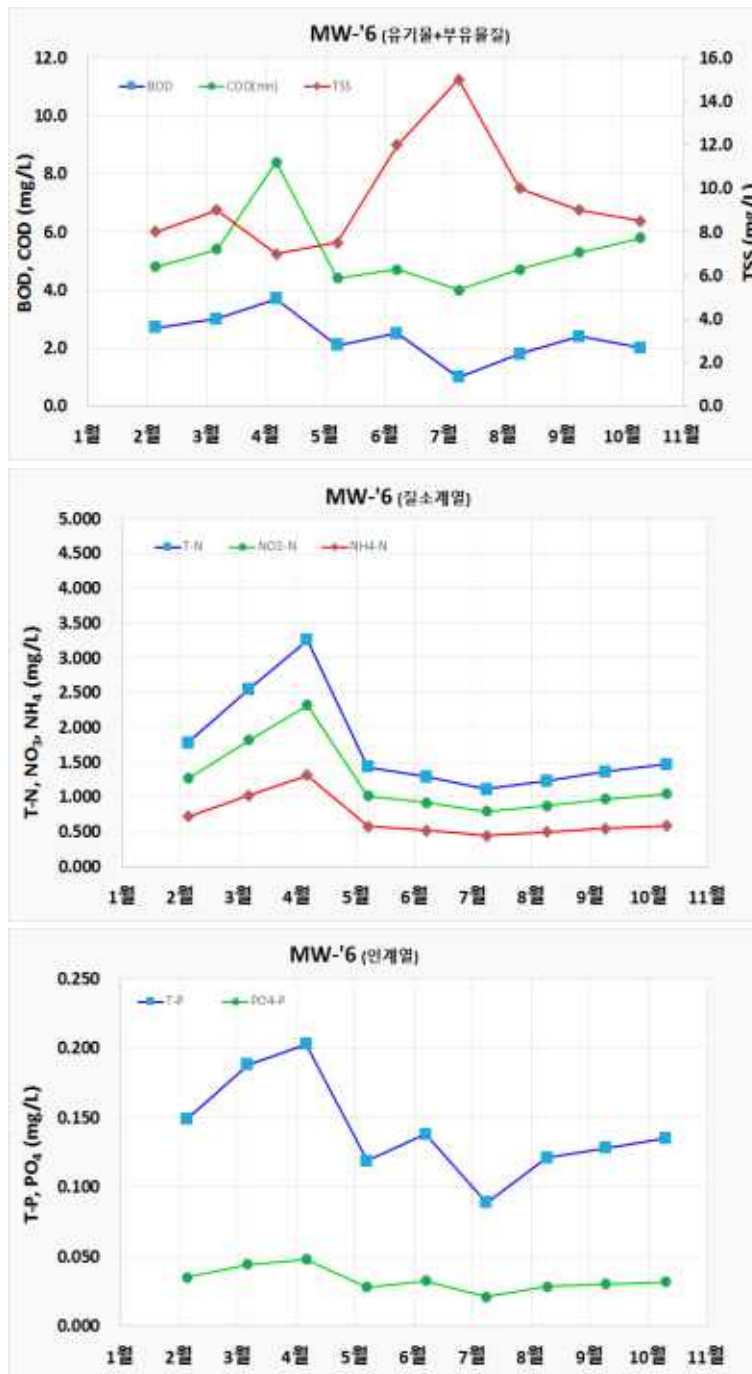
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.2 mg/L ~ 3.1 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 3.6 mg/L ~ 9.2 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 1.048 mg/L ~ 2.985 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.422 mg/L ~ 1.202 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.746 mg/L ~ 2.126 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.078 mg/L ~ 0.189 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.018 mg/L ~ 0.045 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-178> 수질 모니터링 결과 (MW-5)

(바) MW- '6 지점

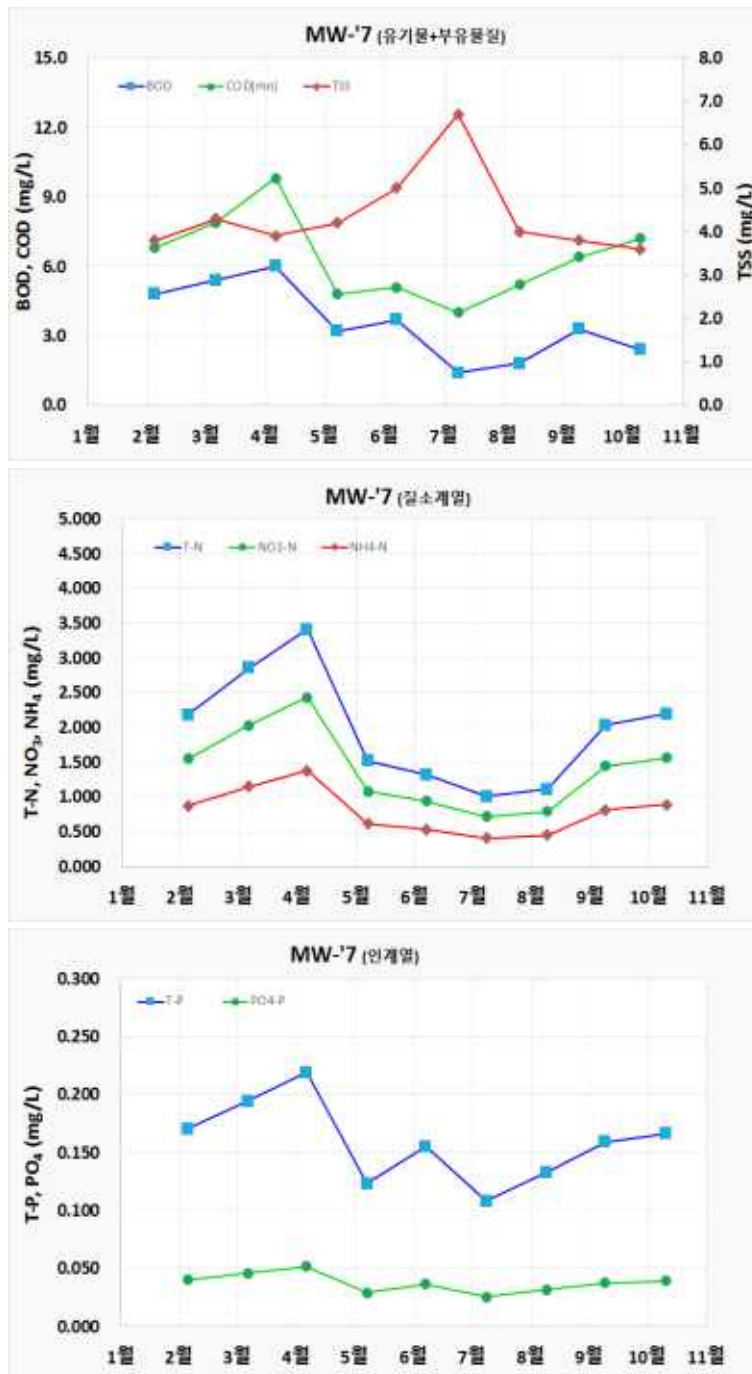
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.0 mg/L ~ 3.7 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 4.0 mg/L ~ 8.4 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 1.112 mg/L ~ 3.259 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.448 mg/L ~ 1.312 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.792 mg/L ~ 2.321 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.089 mg/L ~ 0.203 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.21 mg/L ~ 0.048 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-179> 수질 모니터링 결과 (MW-6)

(사) MW- '7 지점

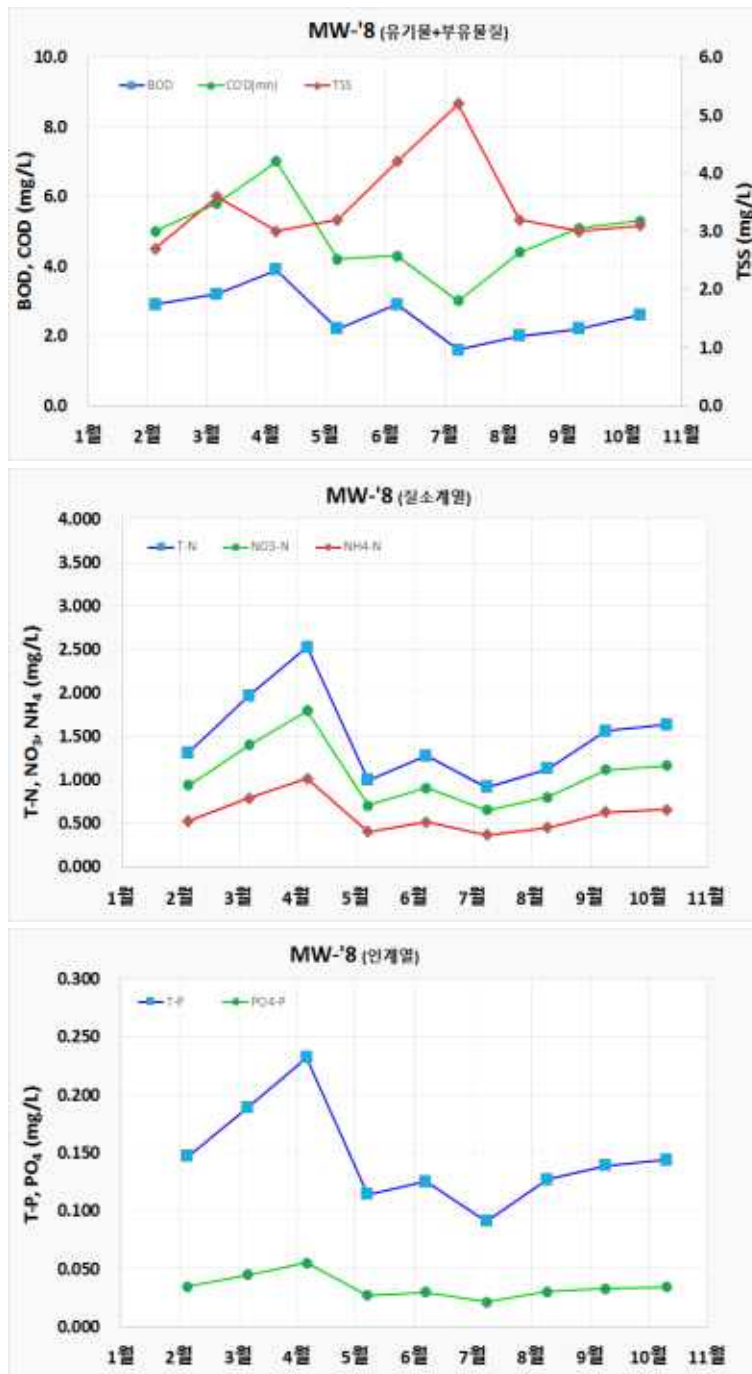
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.4 mg/L ~ 6.0 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 4.0 mg/L ~ 9.8 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 1.005 mg/L ~ 3.416 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.405 mg/L ~ 1.375 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.715 mg/L ~ 2.433 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.108 mg/L ~ 0.219 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.026 mg/L ~ 0.052 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-180> 수질 모니터링 결과 (MW-7)

(아) MW- '8 지점

유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.6 mg/L ~ 3.9 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 3.0 mg/L ~ 7.0 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 0.915 mg/L ~ 2.521 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 0.368 mg/L ~ 1.015 mg/L의 범위를, NO₃-N은 0.651 mg/L ~ 1.795 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.091 mg/L ~ 0.232 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.022 mg/L ~ 0.055 mg/L 범위를 가진다.

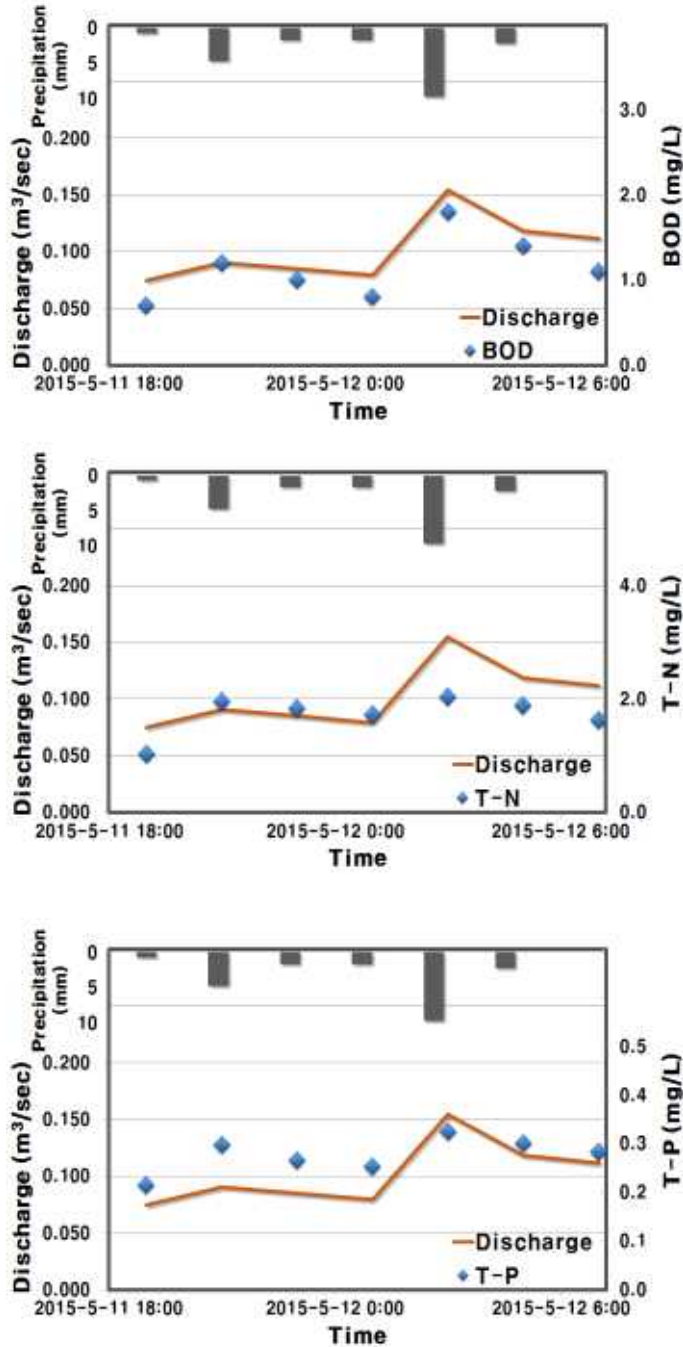


<그림 3-181> 수질 모니터링 결과 (MW-8)

나. 정밀 모니터링

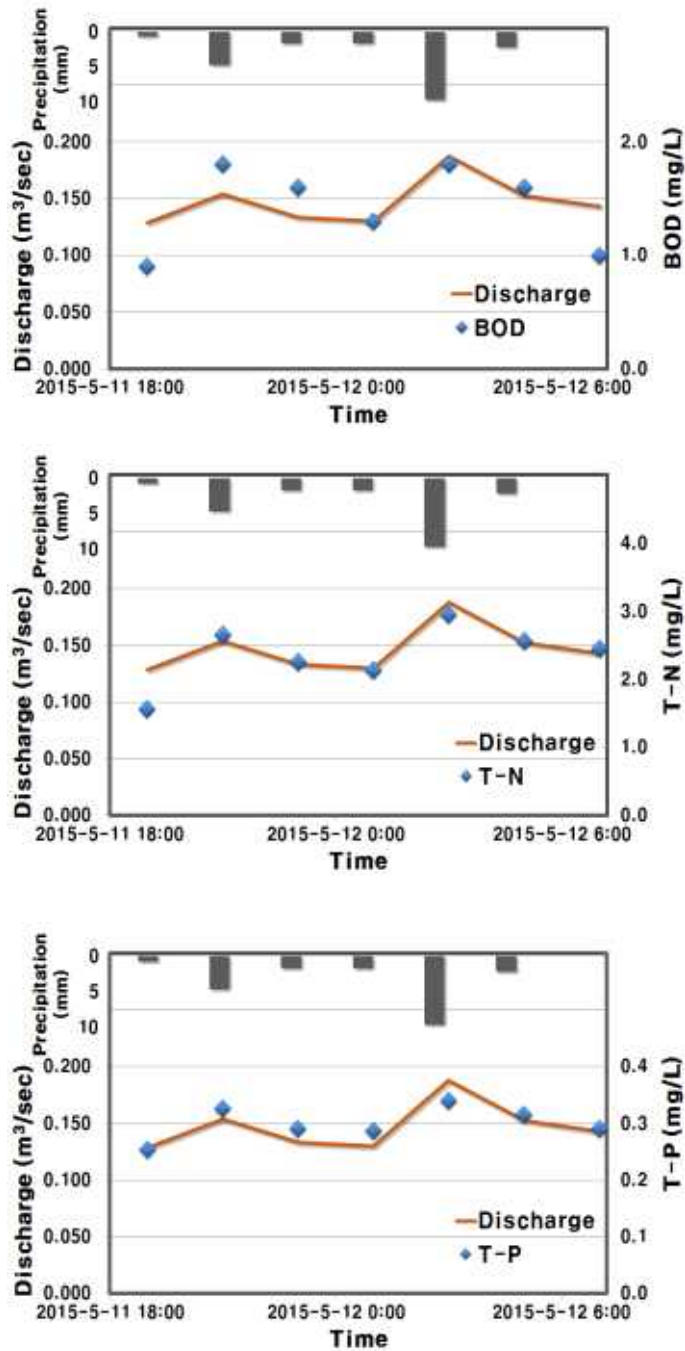
(1) 1차 모니터링 (2015년 5월 11일)

<그림 3-182>은 MW- '7지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.7-1.8 mg/L, T-N은 1.025-2.036 mg/L, T-P는 0.215-0.325 mg/L의 범위를 나타낸다.



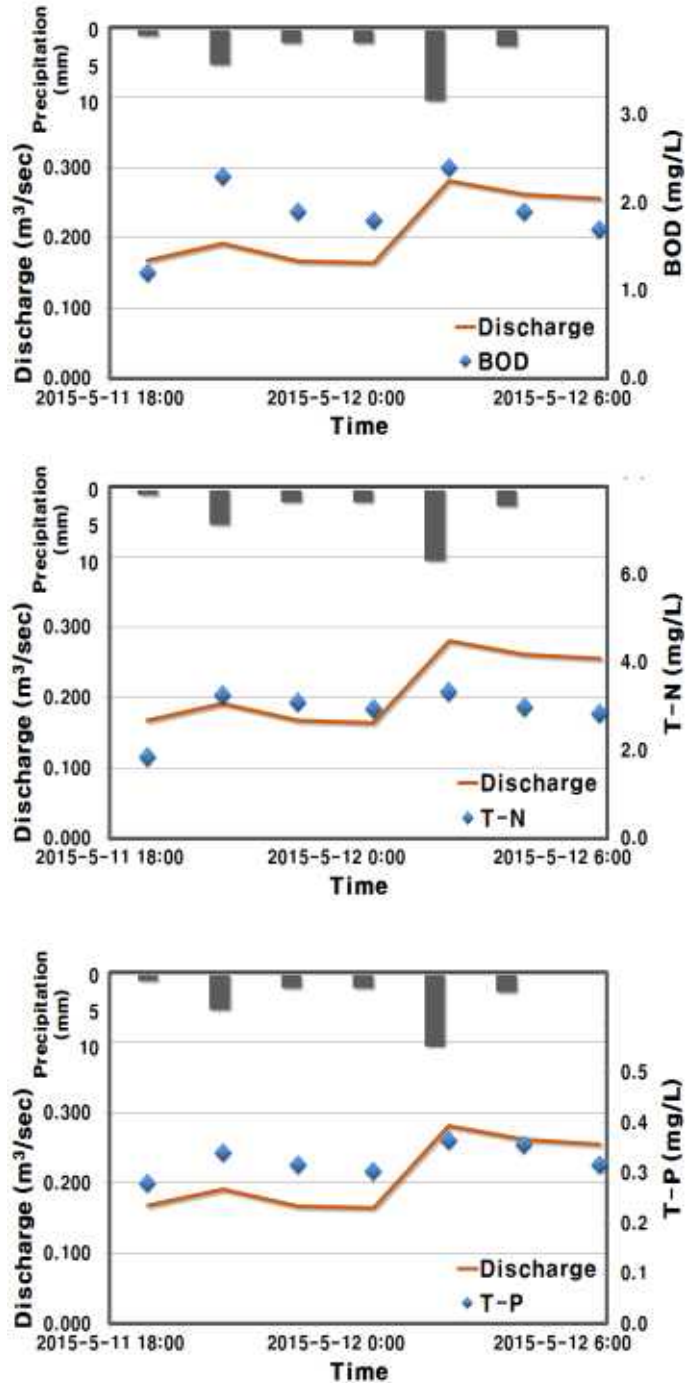
<그림 3-182> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 1차 모니터링)

<그림 3-183>은 MW- '5지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.9-1.8 mg/L, T-N은 1.569-2.956 mg/L, T-P는 0.253-0.339 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-183> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 1차 모니터링)

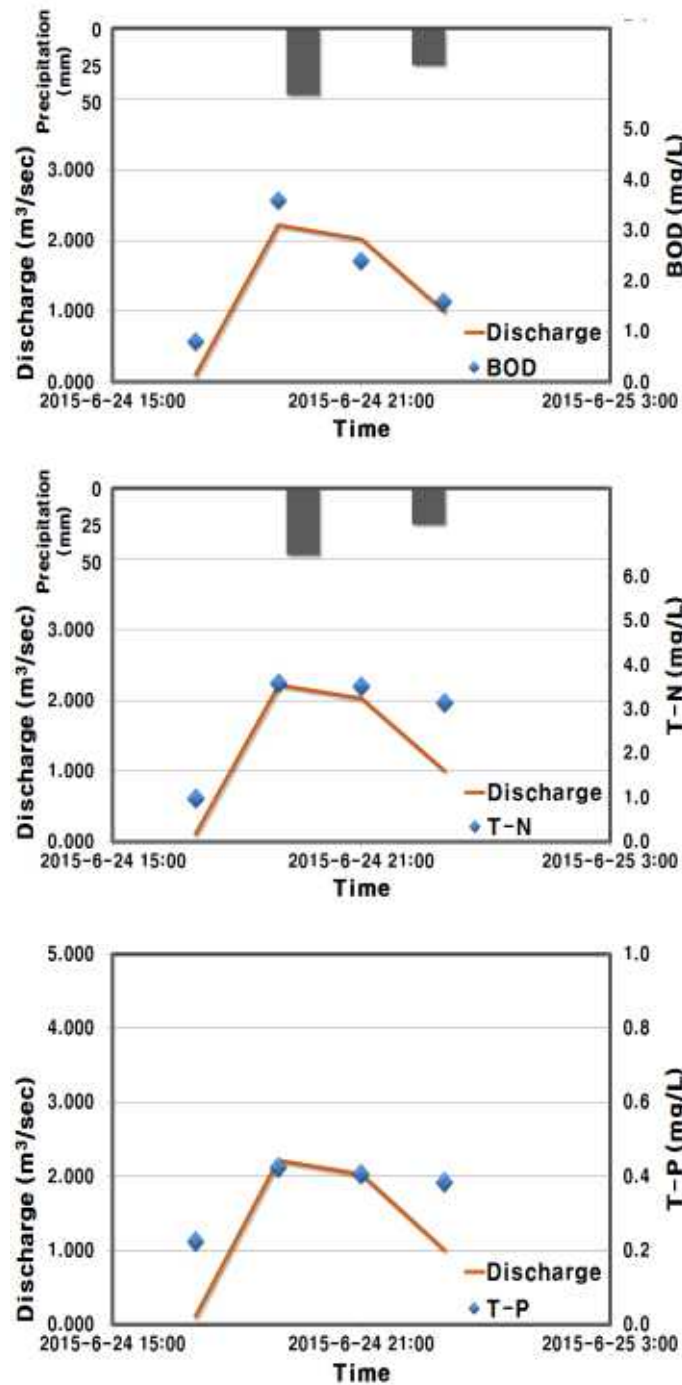
<그림 3-184>은 MW- '4지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.2-2.4 mg/L, T-N은 1.856-3.338 mg/L, T-P는 0.279-0.364 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-184> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 1차 모니터링)

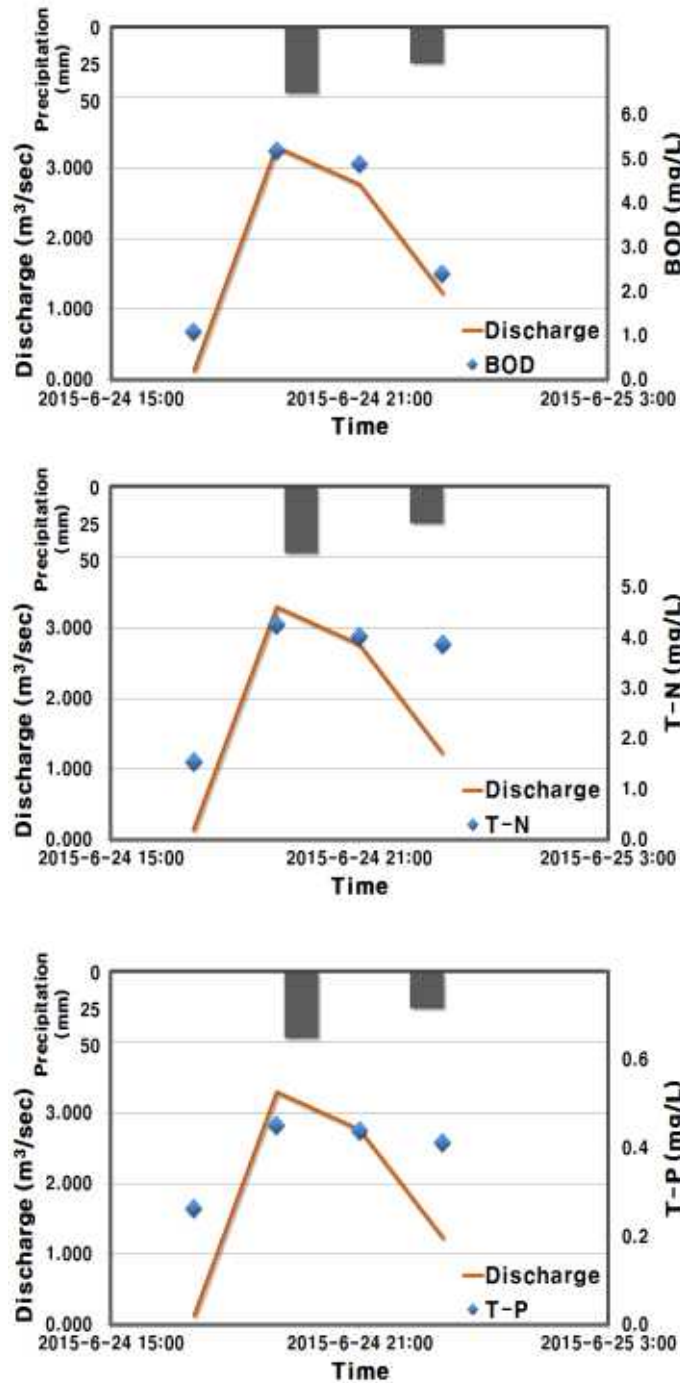
(2) 2차 모니터링 (2015년 6월 24일)

<그림 3-185>은 MW- '7 지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.8-3.6 mg/L, T-N은 0.989-3.598 mg/L, T-P는 0.225-0.423 mg/L의 범위를 나타낸다.



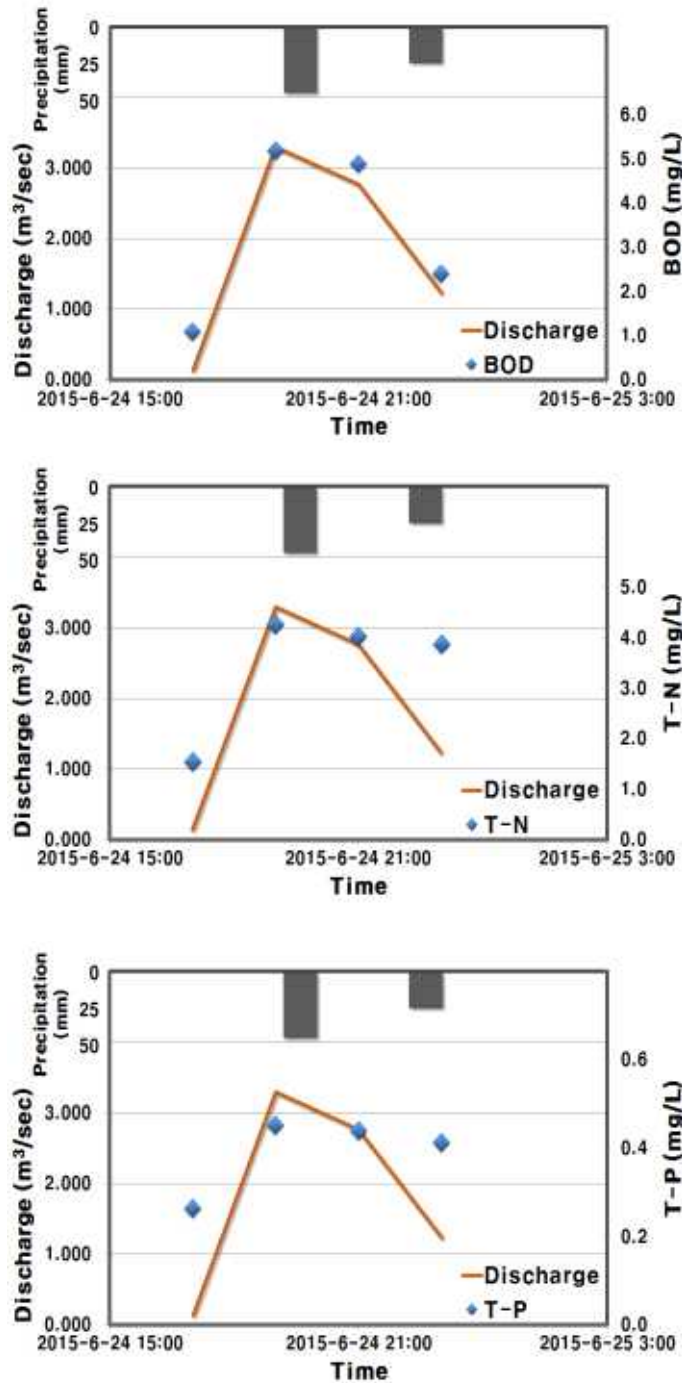
<그림 3-185> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 2차 모니터링)

<그림 3-186>은 MW- '5지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.1-5.2 mg/L, T-N은 1.548-4.257 mg/L, T-P는 0.263-0.452 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-186> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 2차 모니터링)

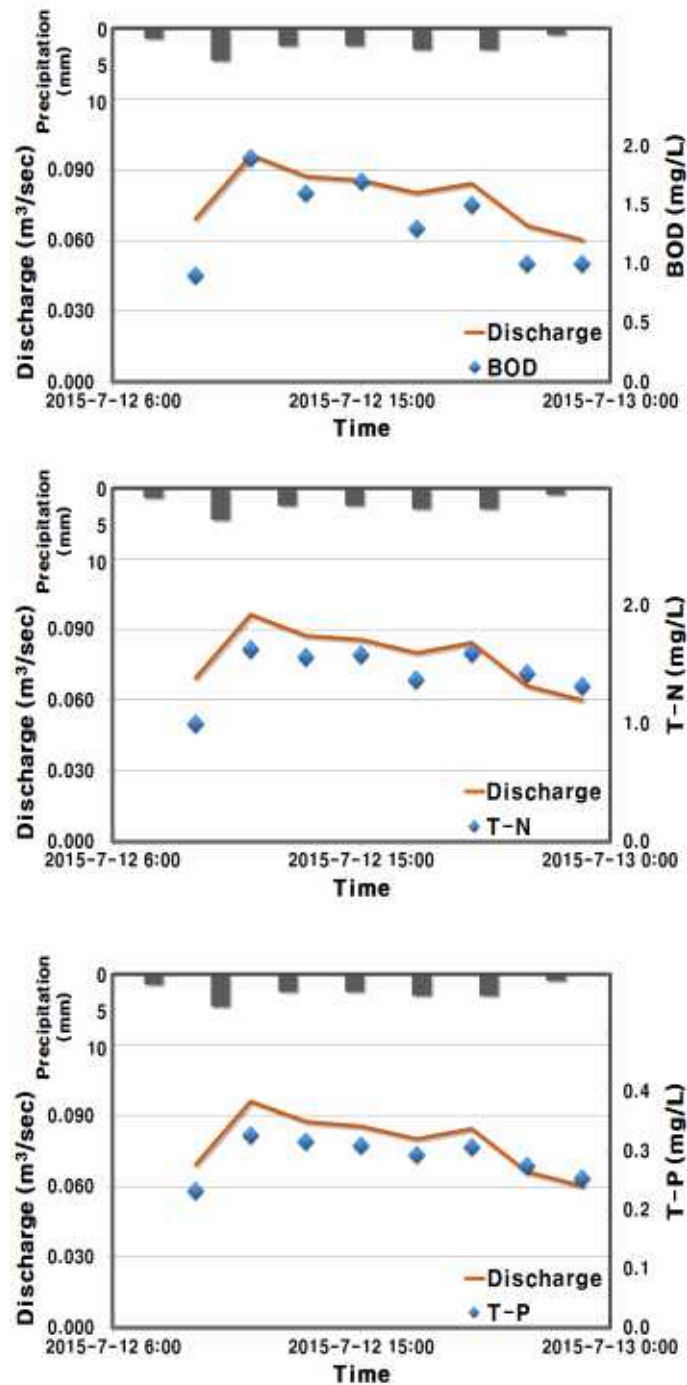
<그림 3-187>은 MW- '4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.3-6.4 mg/L, T-N은 1.695-5.321 mg/L, T-P는 0.245-0.532 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-187> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 2차 모니터링)

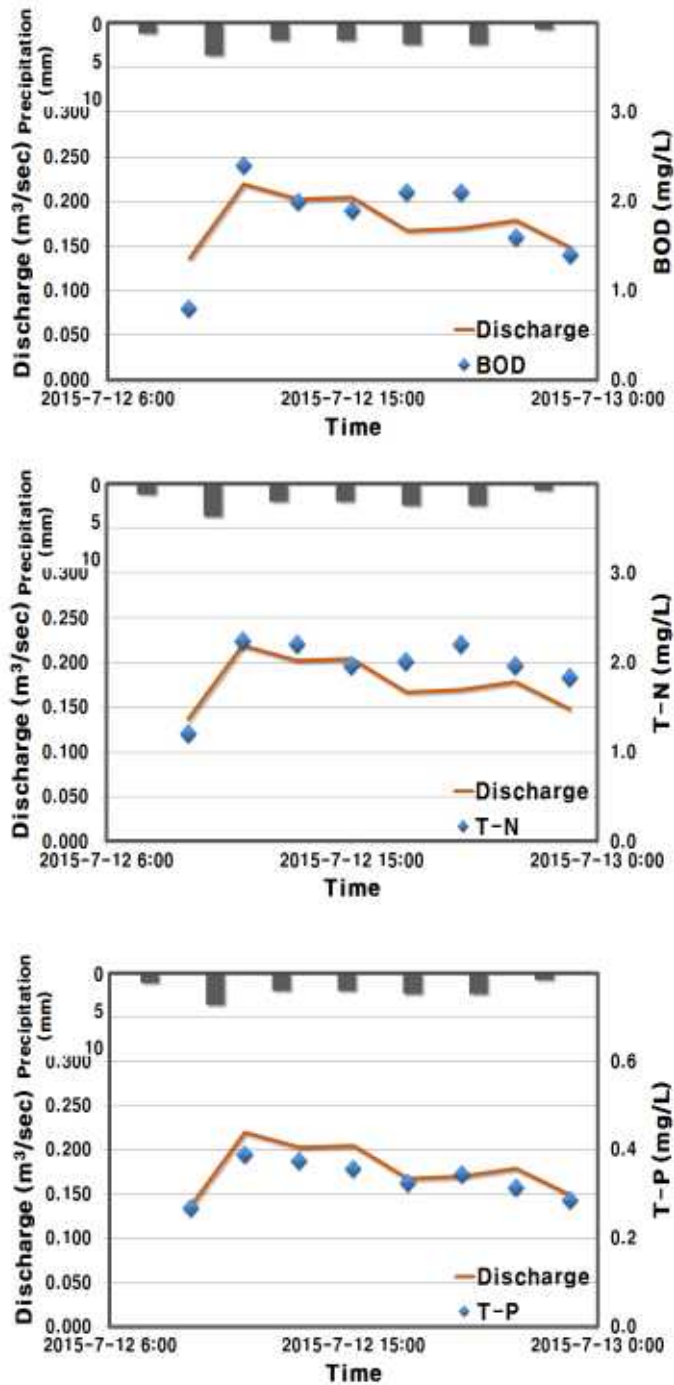
(3) 3차 모니터링 (2015년 7월 12일)

<그림 3-188>은 MW- '7 지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.9-1.9 mg/L, T-N은 0.996-1.632 mg/L, T-P는 0.232-0.326 mg/L의 범위를 나타낸다.



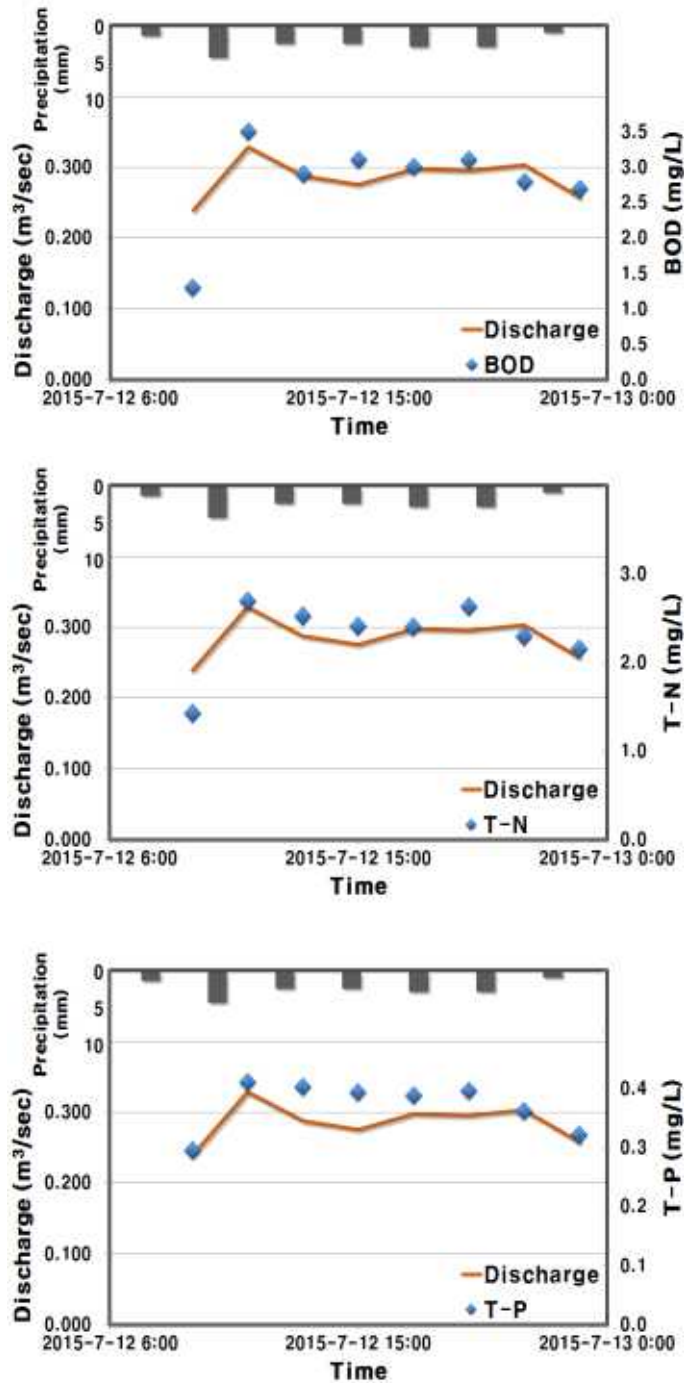
<그림 3-188> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 3차 모니터링)

<그림 3-189>은 MW- '5지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 0.8-2.4 mg/L, T-N은 1.205-2.241 mg/L, T-P는 0.269-0.389 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-189> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 3차 모니터링)

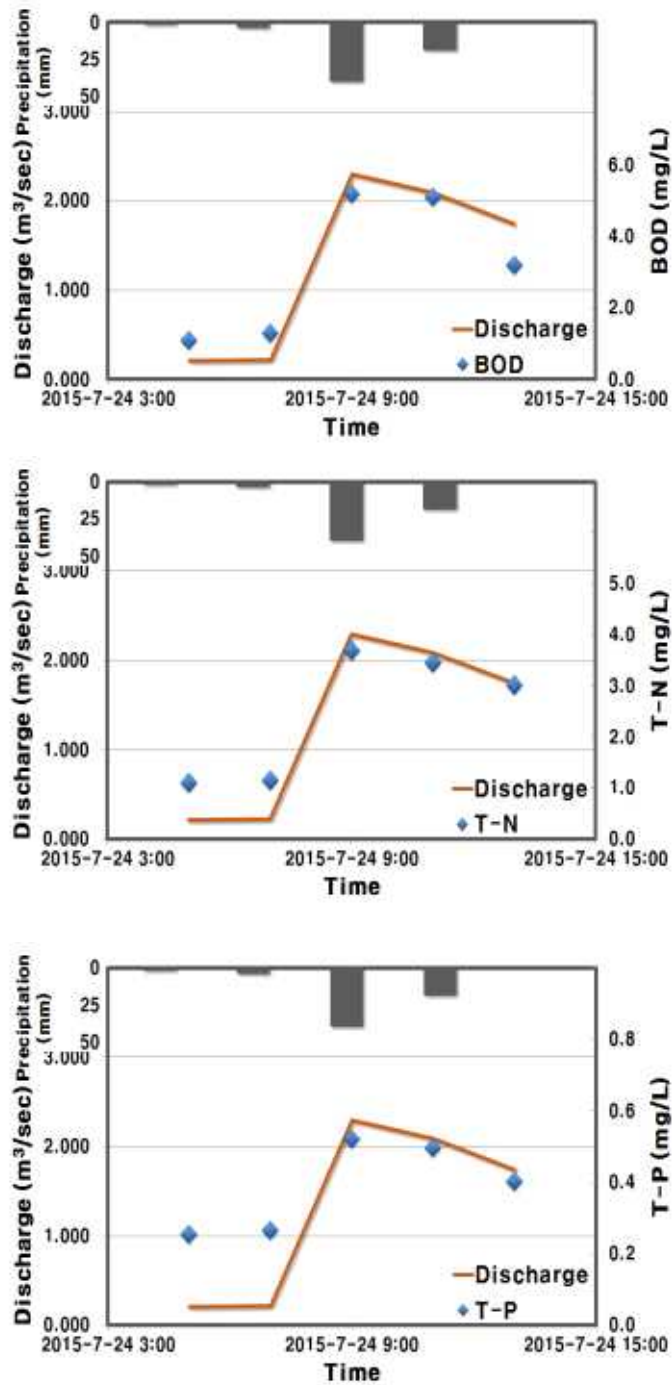
<그림 3-190>은 MW- '4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.3-3.5 mg/L, T-N은 1.429-2.698 mg/L, T-P는 0.295-0.411 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-190> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 3차 모니터링)

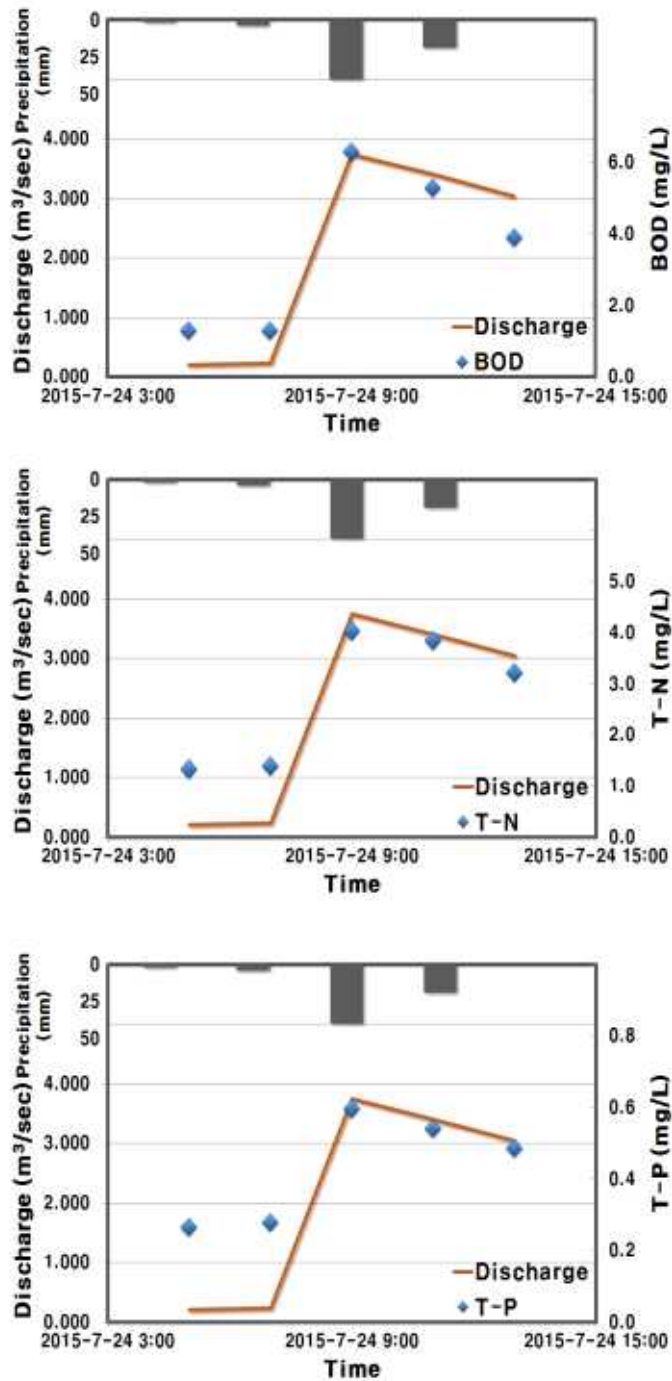
(4) 4차 모니터링 (2015년 7월 24일)

<그림 3-191>은 MW- '7 지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.1-5.2 mg/L, T-N은 1.105-3.695 mg/L, T-P는 0.254-0.521 mg/L의 범위를 나타낸다.



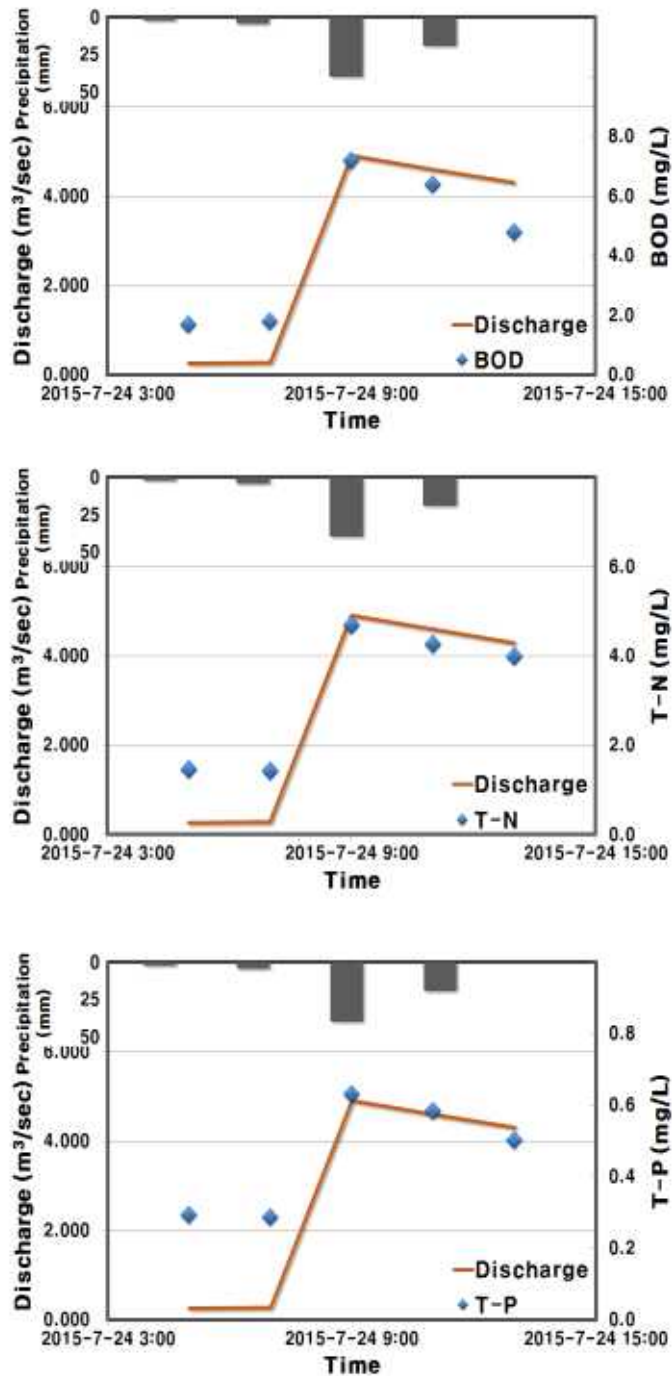
<그림 3-191> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 4차 모니터링)

<그림 3-192>은 MW- '5지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.3-6.3 mg/L, T-N은 1.325-4.032 mg/L, T-P는 0.266-0.596 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-192> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 4차 모니터링)

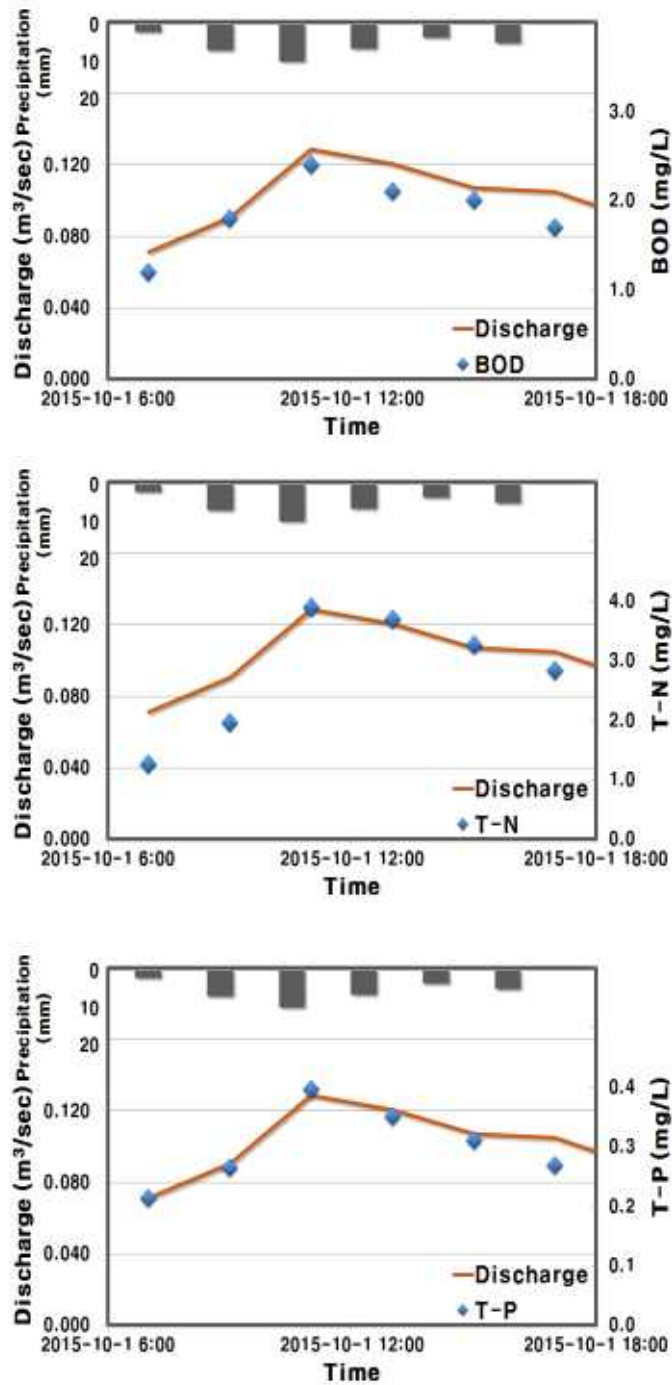
<그림 3-193>은 MW- '4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.7-7.2 mg/L, T-N은 1.426-4.698 mg/L, T-P는 0.287-0.632 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-193> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 4차 모니터링)

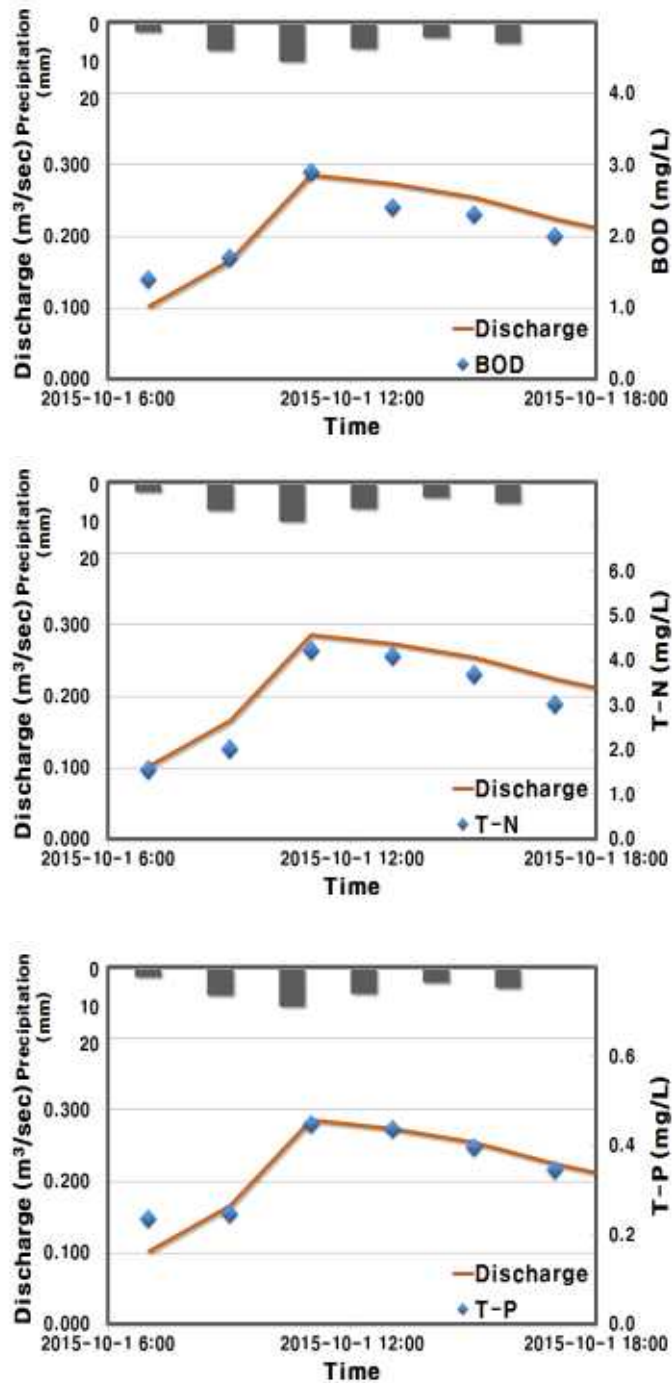
(5) 5차 모니터링 (2015년 10월 01일)

<그림 3-194>은 MW- '7 지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.2-2.4 mg/L, T-N은 1.256-3.895 mg/L, T-P는 0.213-0.396 mg/L의 범위를 나타낸다.



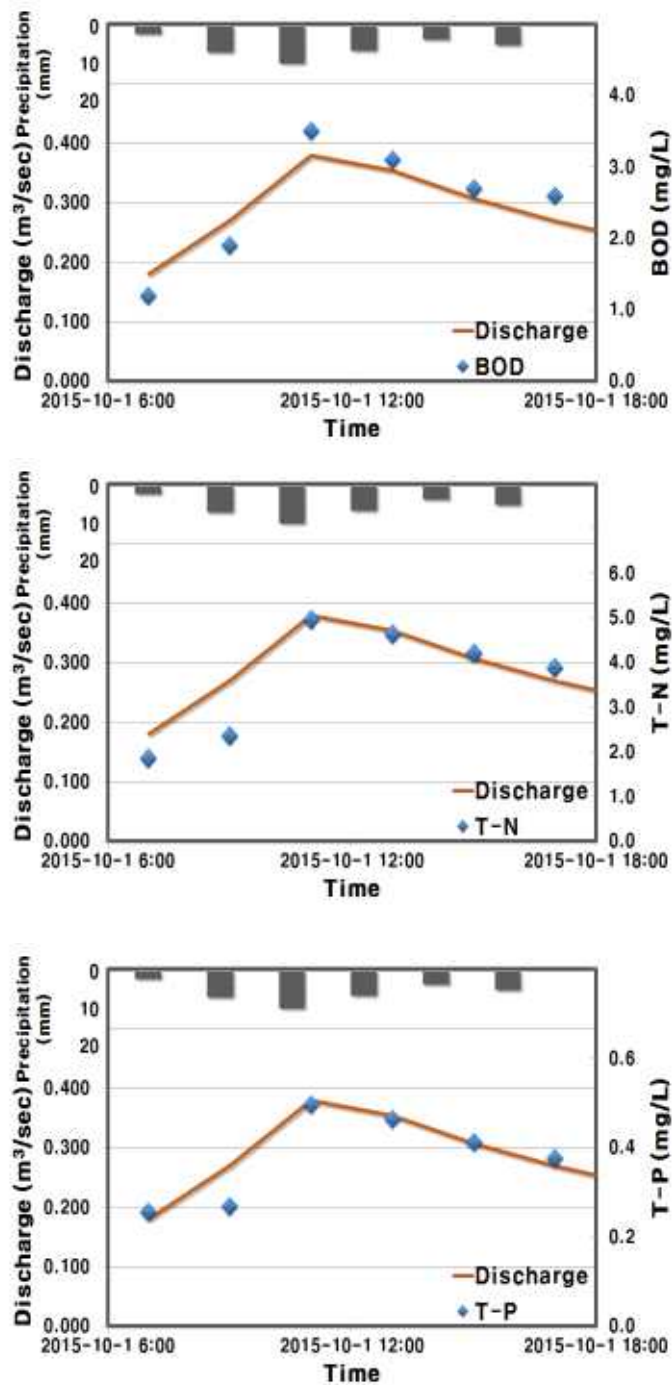
<그림 3-194> 정밀 모니터링 결과 (MW-'7, 5차 모니터링)

<그림 3-195>은 MW- '5지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.4-2.9 mg/L, T-N은 1.563-4.215 mg/L, T-P는 0.236-0.448 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-195> 정밀 모니터링 결과 (MW-'5, 5차 모니터링)

<그림 3-196>은 MW- '4지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 1.2-3.5 mg/L, T-N은 1.852-4.956 mg/L, T-P는 0.256-0.496 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-196> 정밀 모니터링 결과 (MW-'4, 5차 모니터링)

4. 모니터링 결과 해석

가. 모니터링 종합 결과

(1) 수질 분석

(가) 정기 모니터링

수질농도 평균값을 살펴보면, BOD, T-N, T-P 의 경우 모두 상류지점인 MW- '8에서 MW- '1로 가면서 점점 감소하는 경향을 보였다. 특히 축산농가가 위치한 MW- '7 지점과 가축분뇨처리장이 위치한 MW- '4지점에서 농도가 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. BOD, T-N, T-P가 MW- '7에서 증가하는 것은 MW- '7로 오기 직전에 있는 축사와 논, 밭의 복합적인 영향으로 사료된다. 또한 가축분뇨처리장에 의한 하천수질영향을 평가하기 위하여, 처리장 전에 위치한 MW- '4과 축사 통과 후의 MW- '3의 수질 농도를 비교 하였으며, MW- '4에 비해 MW- '3의 수질 농도가 증가하는 것으로 나타나, 가축분뇨처리장에 의한 하천수질 농도의 변화가 큰 것으로 나타났다. 하지만 T-P의 경우 가축분뇨처리장의 방류수에 의한 영향보단 하천 하상의 퇴적물에 존재하는 입자성 물질의 용출에 의한 것으로 판단되며, 평시에는 방류수의 수량이 적어 가축분뇨처리장의 방류수가 하천에 미치는 영향이 미비한 것으로 판단된다.

각 지점별 수질 분석에 대한 평균값과 표준편차는 <표 3-63>와 같다.

MW- '1에서 SS 5.0 ~ 10.5 mg/L, BOD 0.8 ~ 2.1 mg/L, COD 2.8 ~ 6.4 mg/L, T-N 0.885 ~ 2.039 mg/L, T-P 0.063 ~ 0.139 mg/L, NO₃-N 0.630 ~ 1.452 mg/L, NH₄-N 0.356 ~ 0.821 mg/L, PO₄-P 0.015 ~ 0.033 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 7.2 ± 1.6 mg/L, BOD 1.4 ± 0.5 mg/L, COD 3.8 ± 1.1 mg/L, T-N 1.286 ± 0.406 mg/L, T-P 0.107 ± 0.021 mg/L, NO₃-N 0.916 ± 0.289 mg/L, NH₄-N 0.518 ± 0.164 mg/L, PO₄-P 0.025 ± 0.005 mg/L로 나타났다.

MW- '2에서 SS 8.00 ~ 18.5 mg/L, BOD 0.9 ~ 2.4 mg/L, COD 3.4 ~ 7.2 mg/L, T-N 0.984 ~ 2.542 mg/L, T-P 0.075 ~ 0.152 mg/L, NO₃-N 0.701 ~ 1.811 mg/L, NH₄-N 0.396 ~ 1.023 mg/L, PO₄-P 0.018 ~ 0.036 mg/L로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 11.1 ± 3.4 mg/L, BOD 1.7 ± 0.5 mg/L, COD 4.5 ± 1.1 mg/L, T-N 1.465 ± 0.516 mg/L, T-P 0.114 ± 0.022 mg/L, NO₃-N 1.043 ± 0.368 mg/L, NH₄-N 0.590 ± 0.208 mg/L, PO₄-P 0.027 ± 0.005 mg/L로 나타났다.

MW- '3에서 SS 2.5 ~ 6.0 mg/L, BOD 0.8 ~ 2.2 mg/L, COD 3.1 ~ 7.6 mg/L, T-N 1.032 ~ 3.221 mg/L, T-P 0.084 ~ 0.177 mg/L, NO₃-N 0.735 ~ 2.294 mg/L, NH₄-N 0.415 ~ 1.297 mg/L, PO₄-P 0.020 ~ 0.042 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 3.5 ± 1.3 mg/L, BOD 1.6 ± 0.4 mg/L, COD 1.4~4.4 mg/L,

T-N 1.646 ± 0.729 mg/L, T-P 0.132 ± 0.028 mg/L, NO₃-N 1.172 ± 0.519 mg/L, NH₄-N 0.663 ± 0.293 mg/L, PO₄-P 0.031 ± 0.007 mg/L로 나타났다.

MW- '4에서 SS 2.0 ~ 9.5 mg/L, BOD 1.0 ~ 2.7 mg/L, COD 3.2 ~ 9.4 mg/L, T-N 1.005 ~ 3.125 mg/L, T-P 0.104 ~ 0.189 mg/L, NO₃-N 0.715 ~ 2.226 mg/L, NH₄-N 0.405 ~ 1.258 mg/L, PO₄-P 0.025 ~ 0.045 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 4.3 ± 2.5 mg/L, BOD 2.0 ± 0.5 mg/L, COD 4.7 ± 1.9 mg/L, T-N 1.660 ± 0.679 mg/L, T-P 0.142 ± 0.027 mg/L, NO₃-N 1.182 ± 0.484 mg/L, NH₄-N 0.668 ± 0.273 mg/L, PO₄-P 0.033 ± 0.006 mg/L로 나타났다.

MW- '5에서 SS 6.0 ~ 12.5 mg/L, BOD 1.2 ~ 3.1 mg/L, COD 3.6 ~ 9.2 mg/L, T-N 1.048 ~ 2.985 mg/L, T-P 0.078 ~ 0.189 mg/L, NO₃-N 0.746 ~ 2.126 mg/L, NH₄-N 0.422 ~ 1.202 mg/L, PO₄-P 0.018 ~ 0.045 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 7.7 ± 2.2 mg/L, BOD 2.3 ± 0.7 mg/L, COD 5.0 ± 1.6 mg/L, T-N 1.628 ± 0.650 mg/L, T-P 0.132 ± 0.036 mg/L, NO₃-N 1.159 ± 0.463 mg/L, NH₄-N 0.655 ± 0.262 mg/L, PO₄-P 0.031 ± 0.009 mg/L로 나타났다.

MW- '6에서 SS 7.0 ~ 15.0 mg/L, BOD 1.0 ~ 3.7 mg/L, COD 4.0 ~ 8.4 mg/L, T-N 1.112 ~ 3.259 mg/L, T-P 0.089 ~ 0.203 mg/L, NO₃-N 0.792 ~ 2.321 mg/L, NH₄-N 0.488 ~ 1.312 mg/L, PO₄-P 0.021 ~ 0.048 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 9.6 ± 2.5 mg/L, BOD 2.4 ± 0.8 mg/L, COD 5.3 ± 1.3 mg/L, T-N 1.720 ± 0.718 mg/L, T-P 0.141 ± 0.035 mg/L, NO₃-N 1.225 ± 0.512 mg/L, NH₄-N 0.693 ± 0.289 mg/L, PO₄-P 0.033 ± 0.008 mg/L로 나타났다.

MW- '7에서 SS 3.6 ~ 6.7 mg/L, BOD 1.4 ~ 6.0 mg/L, COD 4.0 ~ 9.8 mg/L, T-N 1.005 ~ 3.416 mg/L, T-P 0.108 ~ 0.219 mg/L, NO₃-N 0.715 ~ 2.433 mg/L, NH₄-N 0.405 ~ 1.375 mg/L, PO₄-P 0.026 ~ 0.052 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 4.4 ± 1.0 mg/L, BOD 3.6 ± 1.6 mg/L, COD 6.4 ± 1.8 mg/L, T-N 1.960 ± 0.811 mg/L, T-P 0.159 ± 0.035 mg/L, NO₃-N 1.396 ± 0.578 mg/L, NH₄-N 0.789 ± 0.326 mg/L, PO₄-P 0.038 ± 0.008 mg/L로 나타났다.

MW- '8에서 SS 2.7 ~ 5.2 mg/L, BOD 1.6 ~ 3.9 mg/L, COD 3.0 ~ 7.0 mg/L, T-N 0.915 ~ 2.521 mg/L, T-P 0.091 ~ 0.232 mg/L, NO₃-N 0.651 ~ 1.795 mg/L, NH₄-N 0.368 ~ 1.015 mg/L, PO₄-P 0.022 ~ 0.055 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 3.5 ± 0.8 mg/L, BOD 2.6 ± 0.7 mg/L, COD 4.9 ± 1.1 mg/L, T-N 1.478 ± 0.512 mg/L, T-P 0.145 ± 0.042 mg/L, NO₃-N 1.053 ± 0.365 mg/L, NH₄-N 0.595 ± 0.206 mg/L, PO₄-P 0.034 ± 0.010 mg/L로 나타났다.

<표 3-63> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차																
	시료수	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
		평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
MW-1	9	1.4	0.5	3.8	1.1	7.2	1.6	1.286	0.406	0.107	0.021	0.916	0.289	0.518	0.164	0.025	0.005
MW-2	9	1.7	0.5	4.5	1.1	11.1	3.4	1.465	0.516	0.114	0.022	1.043	0.368	0.590	0.208	0.027	0.005
MW-3	9	1.6	0.4	4.4	1.4	3.5	1.3	1.646	0.729	0.132	0.028	1.172	0.519	0.663	0.293	0.031	0.007
MW-4	9	2.0	0.5	4.7	1.9	4.3	2.5	1.660	0.679	0.142	0.027	1.182	0.484	0.668	0.273	0.033	0.006
MW-5	9	2.3	0.7	5.0	1.6	7.7	2.2	1.628	0.650	0.132	0.036	1.159	0.463	0.655	0.262	0.031	0.009
MW-6	9	2.4	0.8	5.3	1.3	9.6	2.5	1.720	0.718	0.141	0.035	1.225	0.512	0.693	0.289	0.033	0.008
MW-7	9	3.6	1.6	6.4	1.8	4.4	1.0	1.960	0.811	0.159	0.035	1.396	0.578	0.789	0.326	0.038	0.008
MW-8	9	2.6	0.7	4.9	1.1	3.5	0.8	1.478	0.512	0.145	0.042	1.053	0.365	0.595	0.206	0.034	0.010

(나) 정밀 모니터링

강우시 수질농도 평균값을 살펴보면, MW- '4에서 SS 7.2 ~ 285.0 mg/L, BOD 1.2 ~ 45.7 mg/L, COD 3.7 ~ 128.6 mg/L, T-N 1.426 ~ 43.049 mg/L, T-P 0.245 ~ 5.299 mg/L, NO₃-N 4.020 ~ 30.790 mg/L, NH₄-N 0.362 ~ 10.939 mg/L, PO₄-P 0.146 ~ 2.927 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 37.9±64.4 mg/L, BOD 6.0±9.5 mg/L, COD 17.2±28.1 mg/L, T-N 6.069±9.153 mg/L, T-P 0.767±1.172 mg/L, NO₃-N 4.341±6.546 mg/L, NH₄-N 1.542±2.326 mg/L, PO₄-P 0.429±0.660 mg/L로 나타났다.

MW- '5에서 SS 6.2 ~ 258.8 mg/L, BOD 0.8 ~ 33.0 mg/L, COD 3.5 ~ 108.9 mg/L, T-N 1.205 ~ 35.317 mg/L, T-P 0.236 ~ 4.842 mg/L, NO₃-N 0.862 ~ 25.256 mg/L, NH₄-N 0.306 ~ 8.974 mg/L, PO₄-P 0.162 ~ 3.318 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 33.5±57.5 mg/L, BOD 4.4±6.9 mg/L, COD 15.1±24.3 mg/L, T-N 5.078±7.620 mg/L, T-P 0.700±1.067 mg/L, NO₃-N 3.632±5.450 mg/L, NH₄-N 1.290±1.936 mg/L, PO₄-P 0.480±0.731 mg/L로 나타났다.

MW- '7에서 SS 5.2 ~ 216.7 mg/L, BOD 0.7 ~ 26.9 mg/L, COD 3.4 ~ 92.4 mg/L, T-N 0.989 ~ 26.870 mg/L, T-P 0.213 ~ 4.272 mg/L, NO₃-N 0.707 ~ 19.218 mg/L, NH₄-N 0.251 ~ 6.828 mg/L, PO₄-P 0.168 ~ 3.63 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 27.6±47.5 mg/L, BOD 3.4±5.4 mg/L, COD 12.8±20.6 mg/L, T-N 4.011±5.876 mg/L, T-P 0.627±0.963 mg/L, NO₃-N 2.869±4.202 mg/L, NH₄-N 1.019±1.493 mg/L, PO₄-P 0.523±0.81 mg/L로 나타났다.

<표 3-64> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차																
	시료수	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
		평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
MW-4	9	3.0	1.7	8.9	6.5	20.3	20.8	3.122	1.175	0.384	0.098	2.233	0.841	0.793	0.299	0.263	0.067
MW-5	9	2.3	1.4	7.7	4.9	17.7	18.2	2.624	0.967	0.352	0.089	1.877	0.691	0.667	0.246	0.241	0.061
MW-7	9	1.8	1.1	6.5	3.9	14.7	15.4	2.151	0.960	0.312	0.078	1.538	0.686	0.547	0.244	0.214	0.053

(2) 유량가중평균농도 (EMC) 분석

정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 본 연구에서는 정기 모니터링 결과를 바탕으로 평시 부하량을 산정하였으며, 강우에 의한 오염부하를 파악하기 위해 강우시 부하량에서 평시 부하량을 제외하고 EMC를 산정하였다. 지점별로 유량자료가 없는 경우는 산정하지 않았으며, 산정 결과는 <표 3-65> 및 <그림 3-197> - <그림 3-199>에 수록하였다.

산정 결과를 살펴보면, BOD의 경우 MW-4에서 1.2 mg/L - 7.2 mg/L, MW-5에서 0.8 mg/L - 6.3 mg/L, MW-7에서 0.7 mg/L - 5.2 mg/L의 범위를 보였다. T-N의 경우 MW-4에서 1.426 mg/L - 5.321 mg/L, MW-5에서 1.205 mg/L - 4.27 mg/L, MW-7에서 0.989 mg/L - 3.859 mg/L의 범위를 보였다. T-P의 경우 MW-4에서 0.245 mg/L - 0.632 mg/L, MW-5에서 0.236 mg/L - 0.596 mg/L, MW-7에서 0.213 mg/L - 0.521 mg/L의 범위를 보였다.

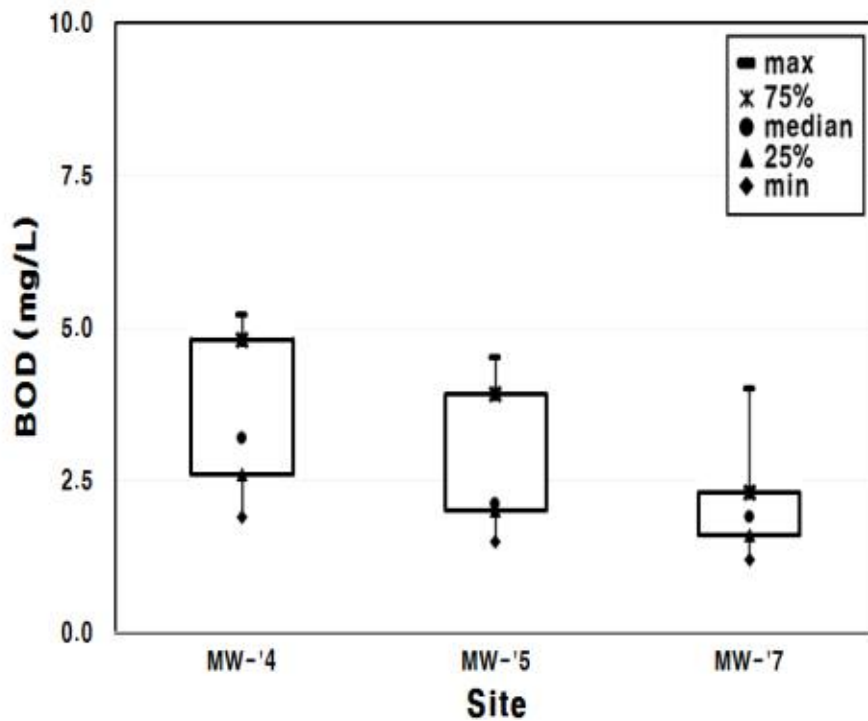
평균값을 살펴보면, BOD의 경우 유역에 축산농가가 주로 분포하고 있는 MW-4에서 가장 높은 값을 보였으며, MW-5에서 낮아진 후 하류로 갈수록 점점 농도가 저하된다. T-N의 경우 BOD와 마찬가지로 축사와 농경지가 밀집되어 있는 포함하는 MW-4에서 높은 값을 기록하였으며, 유량이 많아지는 MW-7에서 가장 낮은 값을 나타내었다. T-P의 경우도 MW-7에 비해 MW-4에서 높은 값을 나타냈다.

이는 MW-4지점의 경우 하천 바로 옆에 축산농가가 위치하고 있으며 수질채수 지점과 10m 지점에 분뇨야적 및 일반 쓰레기들이 밀집되어 있었다. 특히, 축산농가에 축적되어 있는 분뇨 및 기타 오염물질들이 강우시에 직접적으로 하천으로 유입되어 측정당시 농도가 증가한 것으로 판단된다. 또한 여름철 측정시에는 방역으로 인한 소독제도 같이 하천으로 일부가 유입되어 농도가 증가한 것으로 판단된다.

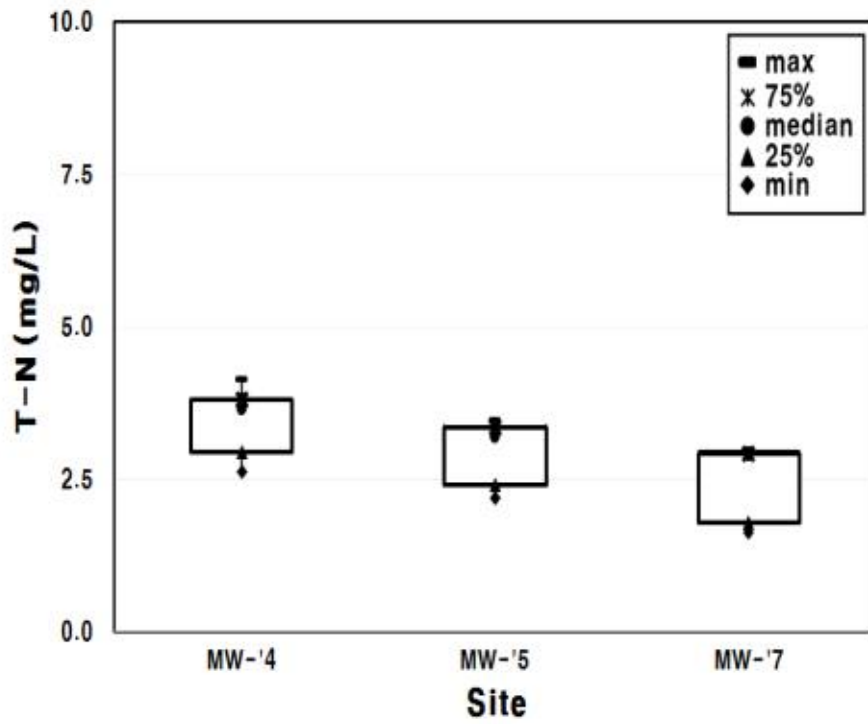
본 연구에서 EMC를 산정한 방법은 평시 수질 및 유량을 정하는 기준에 따라 값이 많이 달라질 수 있다. 따라서 합리적으로 평시 부하량을 제외하고 강우시의 영향을 파악할 수 있는 EMC 산정방법에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

<표 3-65> 지점별 EMC 산정 결과

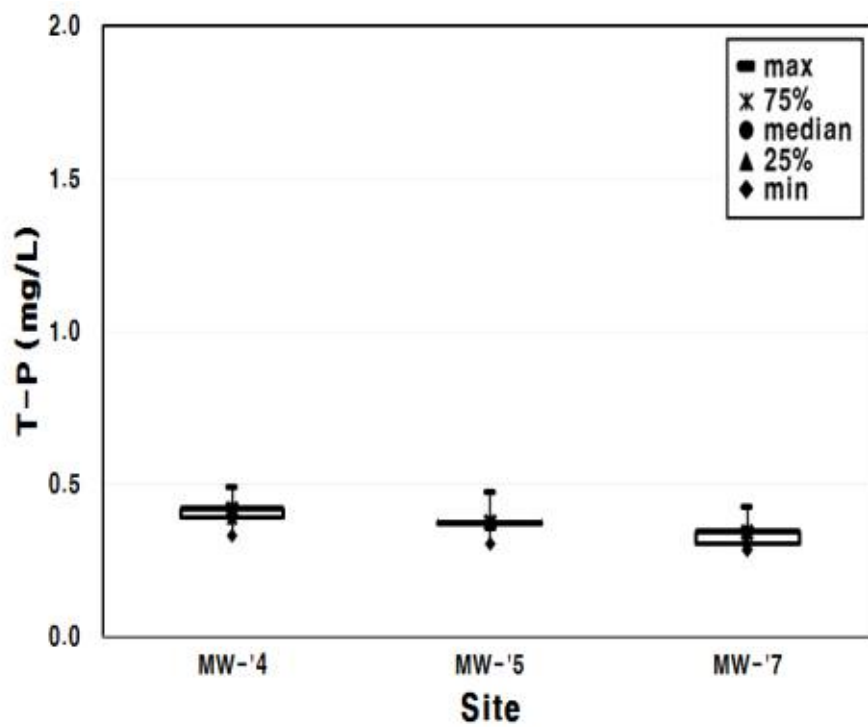
날짜	MW-'4 (mg/L)			MW-'5 (mg/L)			MW-'7 (mg/L)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
20150511	1.9	2.945	0.330	1.5	2.415	0.303	1.2	1.775	0.285
20150624	4.8	4.139	0.408	3.9	3.445	0.371	2.3	2.913	0.344
20150712	3.2	2.624	0.418	2	2.199	0.374	1.6	1.636	0.329
20150724	5.2	3.638	0.487	4.5	3.198	0.470	4	2.984	0.424
20151001	2.6	3.807	0.390	2.1	3.341	0.367	1.9	2.927	0.302
평균	3.5	3.431	0.407	2.8	2.920	0.377	2.2	2.447	0.337



<그림 3-197> EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-198> EMC 산정 결과 (T-N)



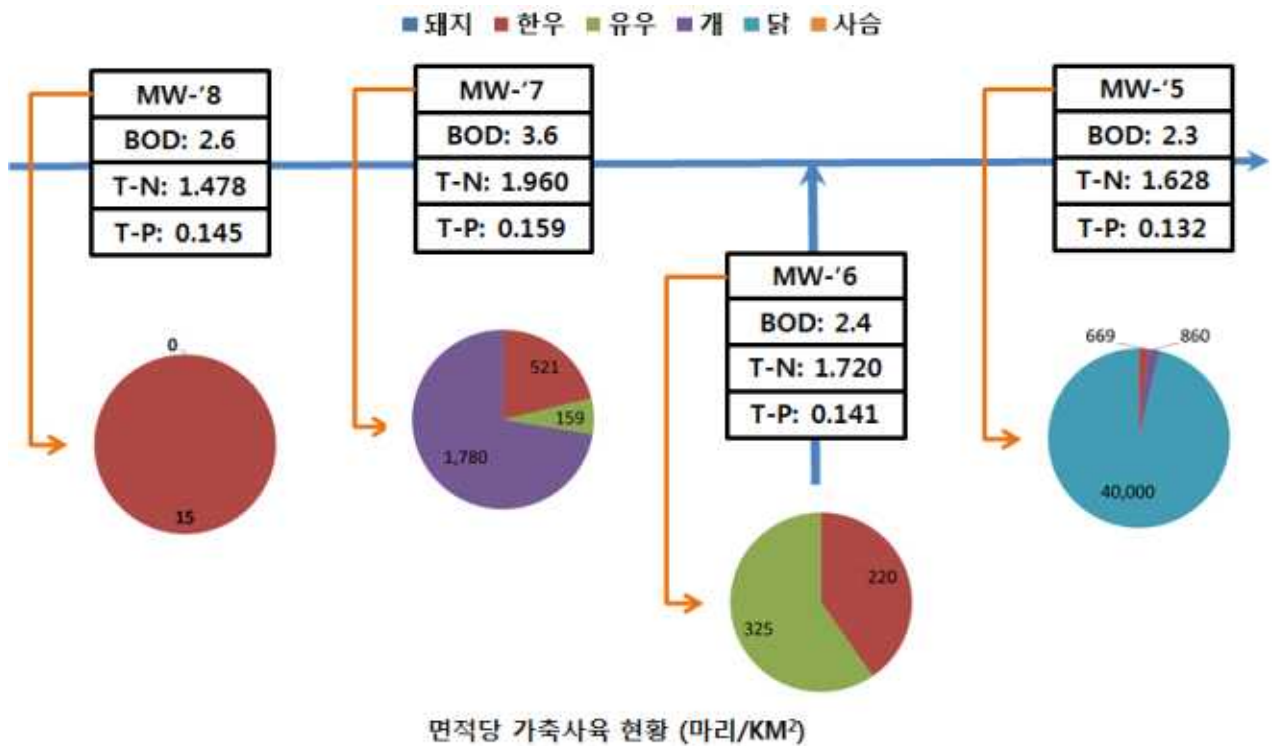
<그림 3-199> EMC 산정 결과 (T-P)

나. 축산비점 특성 분석

(1) 수계 영향 분석

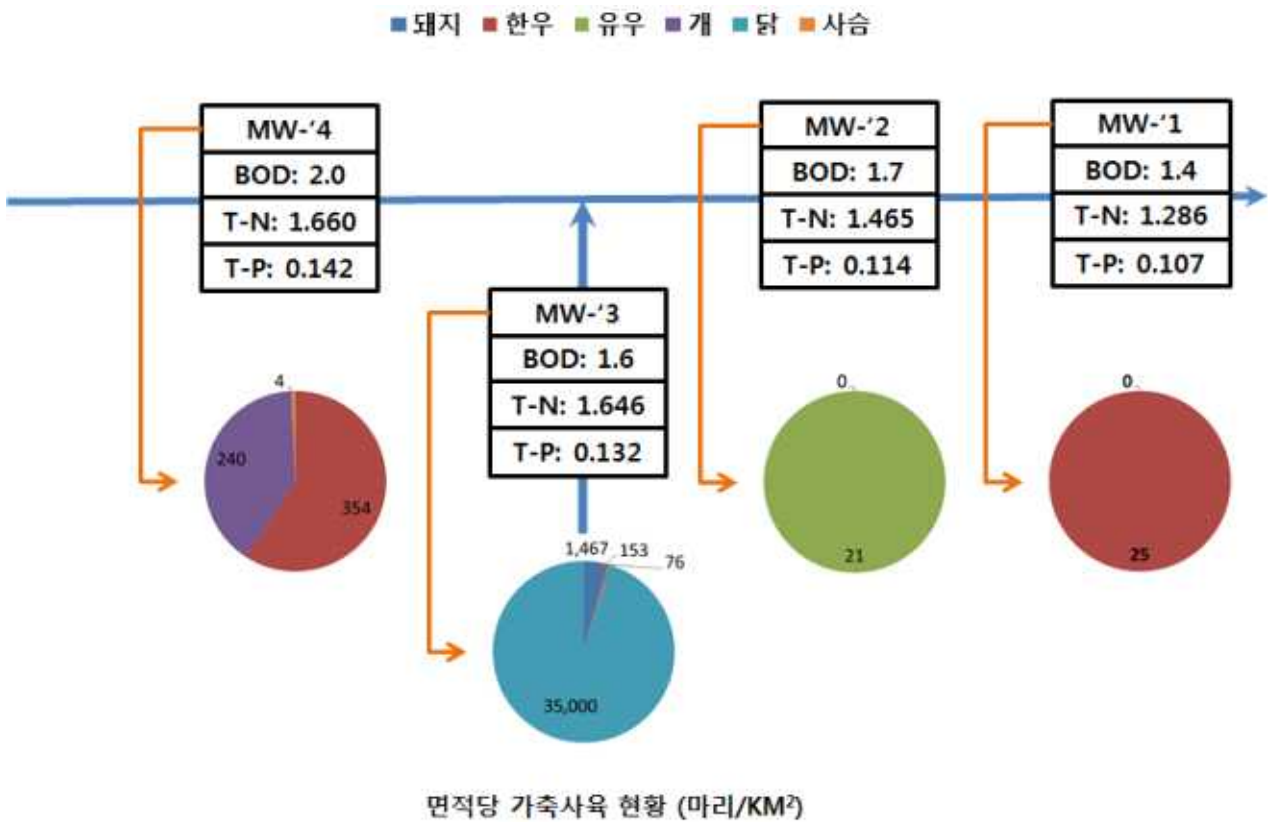
(가) 정기 모니터링 결과 분석

<그림 3-200>는 기존 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 산림유역인 MW-05에서 가장 낮은 값을 기록했으며, 축산이 밀집되어 있는 MW-04, MW-03을 지나면서 농도가 점점 높아지는 것으로 나타났다. 모니터링 지구의 말단인 MW-02에서 상류에 비해 더 높은 값을 기록했으며, 이는 축산계, 산업계, 생활계 오염원이 다량 유입되었기 때문으로 사료된다. 또한, 청미천 유역의 출구점인 MW-01 지점의 경우 가장 높은 값을 기록하였다. 주요 비점오염 물질인 T-N과 T-P의 경우 산림유역인 MW-05에 비해 축사가 밀집한 MW-04, MW-03에서 농도가 높거나 같은 것으로 나타나 축산계가 수질에 영향을 미치는 것으로 판단된다. MW-02의 경우 상류 지점들에 비해 유량이 매우 크기 때문에 이에 의한 희석효과로 농도가 낮아지는 것으로 나타났다.



<그림 3-200> 축산의 수계 영향 분석

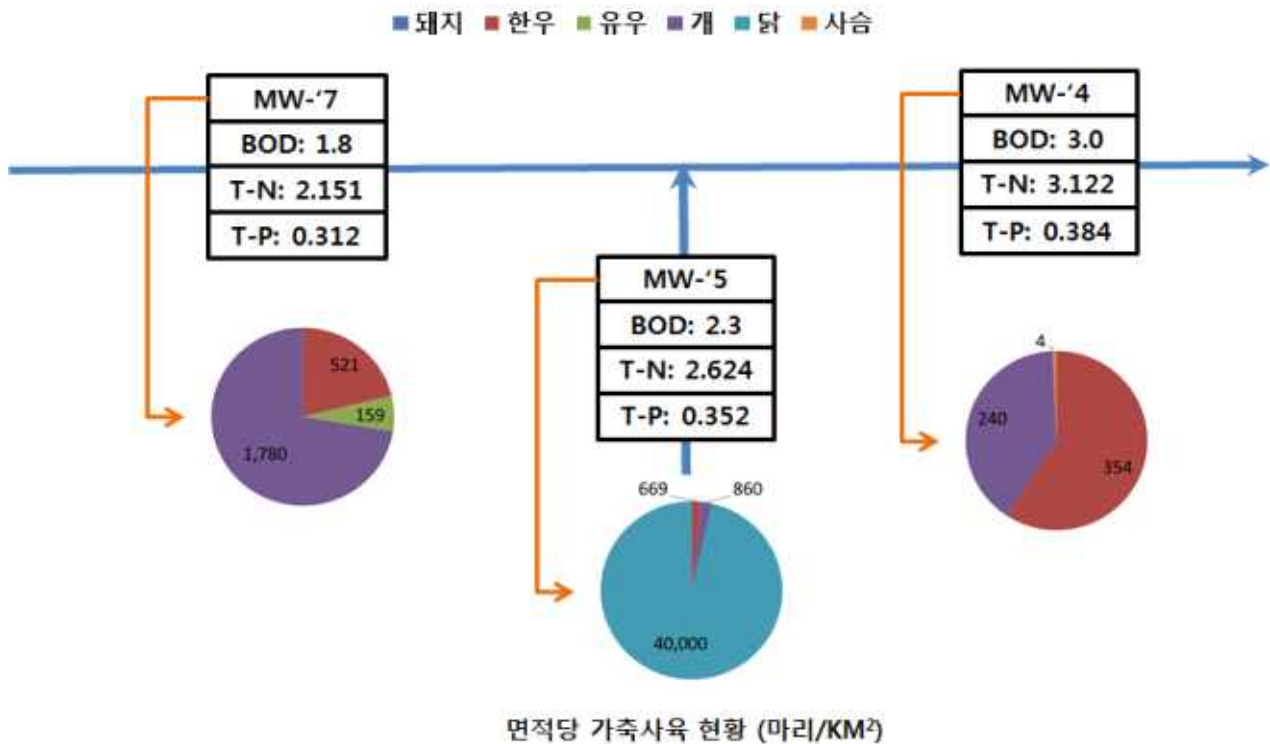
그림 <3-201>는 신규 지점 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 산림과 골프장 유역인 MW-4에서 가장 낮은 값을 기록했으며, 축산이 밀집되어 있는 MW-3, MW-2에서 더 높은 값을 기록했다. 특히, 면적당 닭 사육두수가 많은 MW-3에 비해 돼지 사육두수가 많은 MW-2에서 BOD 농도가 높은 것으로 나타나 닭에 비해 돼지가 BOD에 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. 유역 말단인 MW-1에서는 상류지점과 합류하천의 중간 정도 농도를 기록하였다. 주요 비점오염 물질인 T-N의 경우 축사가 존재하지 않는 MW-4에서 가장 낮은 값을 나타냈으며, 돼지와 소의 사육 밀집도가 가장 높은 합류하천 MW-2에서 가장 높은 값을 기록했다. T-N 또한 BOD와 마찬가지로 닭의 사육두수에 비해 돼지의 사육두수가 미치는 영향이 큰 것으로 판단된다. T-P의 경우 최상류인 MW-4에서 가장 높은 값을 기록했으며, 돼지와 소의 밀집도가 높은 MW-2에서 또한 높은 값을 나타냈다.



<그림 3-201> 축산의 수계 영향 분석

(나) 정밀 모니터링 결과 분석

그림 <3-202>기존 모니터링 지점별 정밀 모니터링의 수질 평균값과 축산 현황을 나타내고 있다. BOD의 경우 산림유역인 MW- '7에 비해 MW-' 5, MW-' 4에서 높은 값을 기록했으며, 이는 강우시 축산계, 토지계 등 오염원에 의한 비점오염 물질의 영향으로 판단된다. MW- '5의 경우 상류유역에 비해 대부분 논, 밭 등 위치하여 강우시에 주로 토지계 오염원으로 유출되는 오염물질로 인해 농도가 증가 한 것으로 판단된다. 주요 비점오염 물질인 T-N과 T-P의 경우도 BOD와 마찬가지로 논·밭등이 위치한 MW-' 5에서 축사가 밀집된 MW-' 7에서 농도가 높은 것으로 나타났다. 대부분의 농도가 매우 낮은 수준이며 축산계의 직접적인 원인보다 대부분 토지계에 의한 영향으로 판단된다.



<그림 3-202> 축산의 수계 영향 분석 (정밀 모니터링)

(2) 수질 - 축산현황 상관관계 분석

(가) 비강우시

유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-66>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 비강우시 평균 BOD 농도는 농가 수 및 가축두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-66> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가 수	Pearson 상관계수	0.843*	-166	-417
	유의확률 (양쪽)	0.014	0.695	0.304
	N	8	8	8
가축두수	Pearson 상관계수	0.916*	0.254	0.269
	유의확률 (양쪽)	0.011	0.543	0.519
	N	8	8	8
가금	Pearson 상관계수	0.912*	0.253	0.275
	유의확률 (양쪽)	0.008	0.545	0.511
	N	8	8	8
돼지	Pearson 상관계수	0.715	0.231	0.167
	유의확률 (양쪽)	0.786	0.582	0.692
	N	8	8	8
한우	Pearson 상관계수	0.975**	-0.029	-0.178
	유의확률 (양쪽)	0.005	0.946	0.673
	N	8	8	8

(나) 강우시

유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-67>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 강우시 평균 T-P 농도는 돼지 및 한우 사육두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-67> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

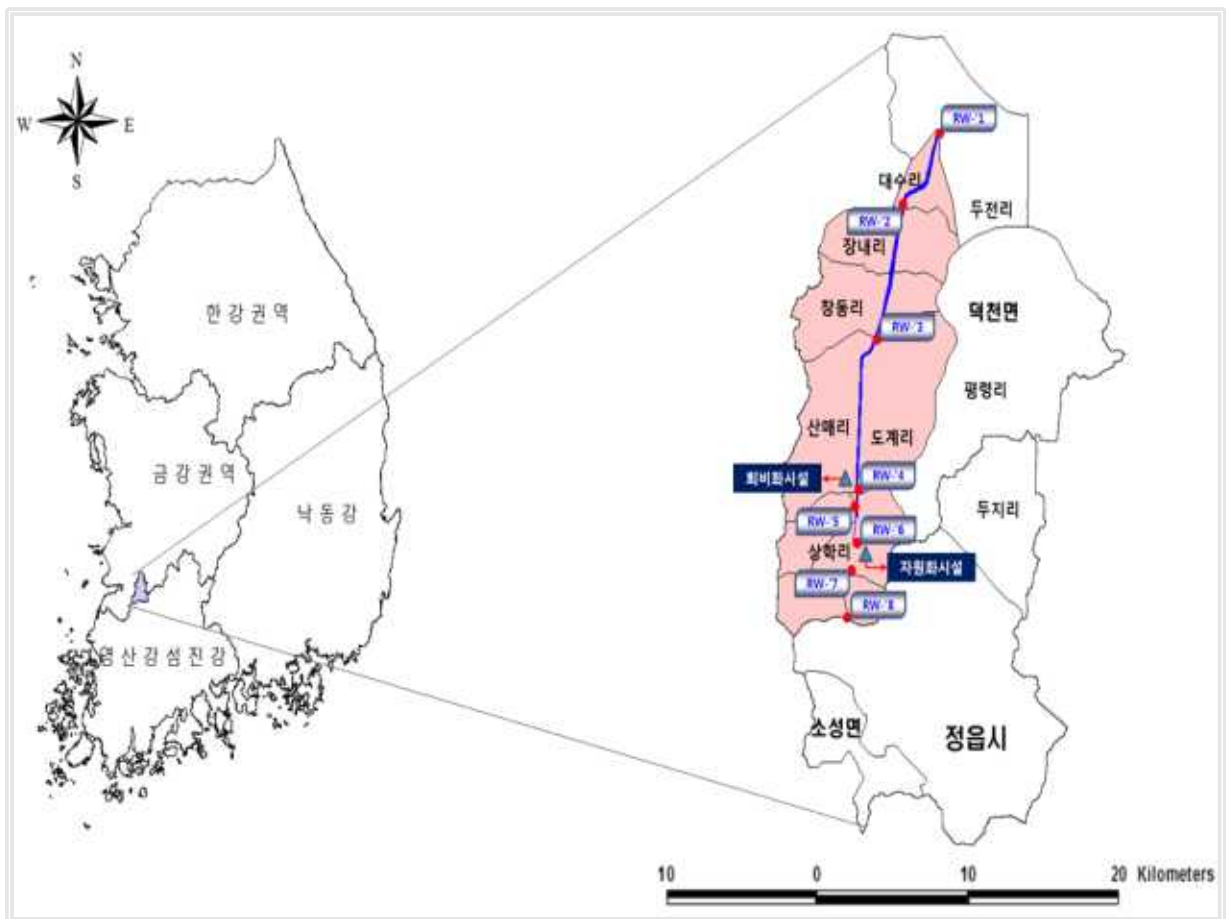
	구분	BOD	T-N	T-P
농가	Pearson 상관계수	0.875	0.912	0.941
	유의확률 (양쪽)	0.321	0.270	0.219
	N	3	3	3
가축두수	Pearson 상관계수	0.913	0.877	0.836
	유의확률 (양쪽)	0.268	0.319	0.370
	N	3	3	3
가금	Pearson 상관계수	0.910	0.873	0.832
	유의확률 (양쪽)	0.272	0.324	0.3742
	N	3	3	3
돼지	Pearson 상관계수	-	-	-
	유의확률 (양쪽)	-	-	-
	N	-	-	-
한우	Pearson 상관계수	0.992	0.999*	1.000*
	유의확률 (양쪽)	0.082	0.031	0.019
	N	3	3	3

제 4 절 간척지역 모니터링 결과

1. 유역현황 분석

가. 신규 모니터링 지점

3차년도에는 기존의 1, 2차 년도 지점과의 비교를 위해 전라북도 정읍시 덕천면에 위치한 정읍천 유역에서 모니터링을 시행하였다. 중간지역 측정지점은 수문 및 수질측정의 용이성, 축산사육현황 등을 고려하여 <그림 3-203>과 같이 선정하였다. 또한 <표 3-68>은 각 모니터링 지점별 측정인자와 측정방법을 표시하였다.



<그림 3-203> 간척지역 신규모니터링 지점

<표 3-68> 신규 모니터링 지점별 측정인자 및 측정방법

일련 번호	지점	측정인자	조사방법	측정방법
1	RW-'1 (동진강 합류점)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
2	RW-'2 (농수로 유입)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
3	RW-'3 (정읍천 본류 II)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
4	RW-'4 (정읍천 본류 I)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
5	RW-'5 (저수지 합류점)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기	수작업
6	RW-06 (가축분뇨처리장)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
7	RW-07 (축산 농가)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업
8	RW-8 (배후지)	유출량	유량조사	횡단조사
		수질	정기 및 정밀	수작업

(1) RW- '1지점

RW- '1 지점의 경우 정읍천 유역의 말단지점으로 동진강과 합류되기 직전 지점이며 주변에는 갑문조정지와 및 체육공원이 위치하고 있다. <그림 3-204>는 RW- '1 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 갑문에서 배출되는 지점에서 유속계 이용하여 측정을 하였으며 시료채수의 경우 갑문위의 중간 부분에서 직접채수를 시행하였다.



<그림 3-204> 간척지역 RW-'1 모니터링 지점

(2) RW- '2지점

RW- '2 지점의 경우 정읍천 유역에 유입되는 대간선수로로 주변에는 대부분 토지계 오염원인 논, 밭이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-205>는 RW- '2 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 횡단측정을 하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-205> 간척지역 RW-'2 모니터링 지점

(3) RW- '3지점

RW- '3 지점의 경우 정읍천 유역의 중간지점으로 주변에는 대부분 생활계 오염원인 마을하수도와 토지계오염원인 논,밭 등이 위치하고 있다. <그림 3-206>는 RW- '3 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계 및 수심계를 이용하여 횡단 측정을 하였으며, 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-206> 간척지역 RW-'3 모니터링 지점

(4) RW- '4지점

RW- '4 지점의 경우 정읍천 유역 본류지점으로 주변에는 가축분뇨퇴비화시설이 위치하고 있으며 축산농가와 논, 밭의 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-207>는 RW- '4 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 보 및 다리에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-207> 간척지역 RW-'4 모니터링 지점

(5) RW- '5지점

RW- '5 지점의 경우 농업저수지인 장문지에서 발원한 소하천으로 평시에는 건천이나 농번기나 강우시에는 수문을 개방하여 조사를 실시하였다. 주변에는 대부분 축산농가와 논, 밭의 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-208>는 RW- '5 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 다리위에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-208> 간척지역 RW-'5 모니터링 지점

(6) RW- '6지점

RW- '6 지점의 경우 가축분뇨처리장 및 축산농가에서 방류되어 하천으로 합류하는 지점으로 주변에는 대부분 축산계와 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-209>는 RW- '6 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 수로에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-209> 간척지역 RW-'6 모니터링 지점

(7) RW- '7지점

RW- '7 지점의 경우 정읍천 상류지점으로 주변에는 대부분 축산농가와 논, 밭 등 주로 토지계 오염원이 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-210>는 RW- '7 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 하천에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-210> 간척지역 RW-'7 모니터링 지점

(8) RW- '8지점

RW- '8 지점의 경우 정읍천 발원지로 주변에는 대부분 축산농가가 주요 오염원으로 작용하고 있다. <그림 3-211>는 RW- '8 모니터링 지점을 나타낸 것으로서 유량 측정의 경우 수로에서 유속계를 이용하여 측정하였으며 시료채수의 경우 하천의 중간 부분에 채수를 시행하였다.



<그림 3-211> 간척지역 RW-'8 모니터링 지점

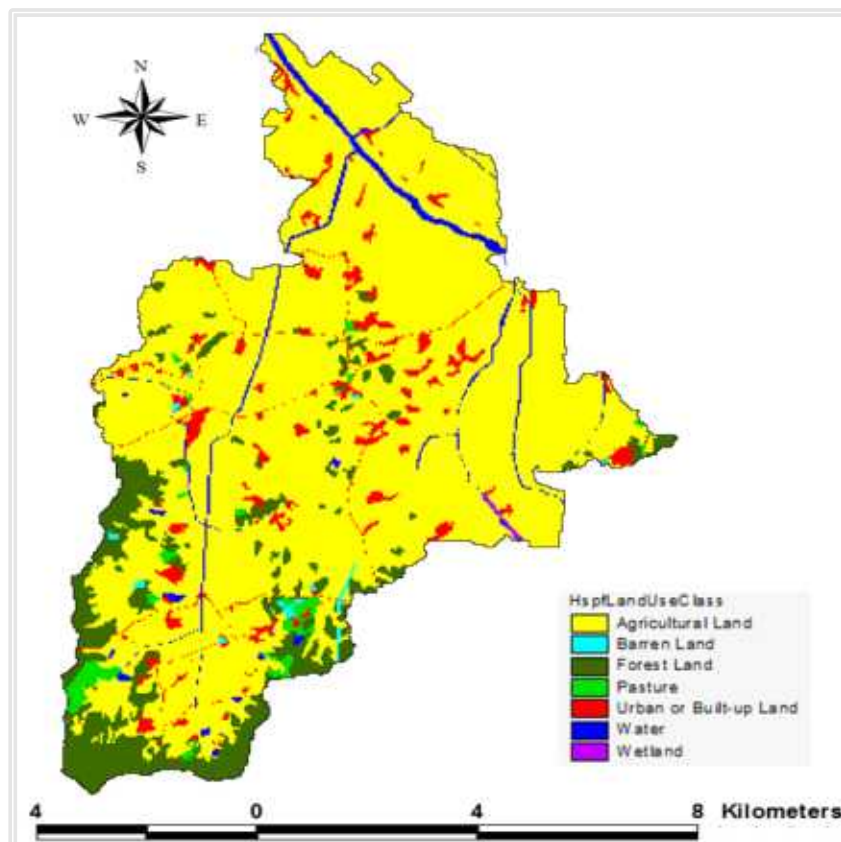
나. 지점별 구역현황

(1) 토지이용현황

간척 지역의 경우 토지이용의 경우 환경부에서 분류하는 토지피복분류표의 대분류 항목에 따라 구분하였으며 구분결과는 <표 3-69>와 같다. 정읍천 유역의 경우 전체 유역면적은 493.4 km² 이며, 대부분 농업지역이 227.2 Km² 으로 전체면적 중 46.1%로 가장 많이 차지하고 산림지역은 206.7 Km²로 41.9%를 차지하고 있다<그림 3-212>.

<표 3-69> 간척지역 토지피복 현황

토지피복도 대분류	토지피복도 중분류	면적(km ²)	비율(%)
시가화지역	주거, 공업, 상업, 위락시설, 교통, 공공시설지역	30.9	6.3
농업지역	논, 밭, 하우스, 과수원, 기타	227.2	46.1
산림지역	활엽수림, 침엽수림, 혼효림	206.7	41.9
초지	자연, 골프장, 기타	9.5	1.9
습지	내륙습지, 연안습지	4.7	1.0
나지	채광지역, 기타나지	5.0	1.0
수역	내륙수, 해양수	9.4	1.8
합계		493.4	100



<그림 3-212> 간척지역 토지이용현황

(2) 행정구역현황

<표 3-70>는 대상구역의 행정구역 현황을 보여주고 있다. 정읍천 유역은 1개시 1개군 3개면 5개의 리로 이루어져 있다.

<표 3-70> 대상지점의 행정구역 현황

지점명	행 정 구 역			
	시도	시군구	읍면동	리
RW- '1	전라북도	부안군	백산면	대수리
RW- '2			이평면	장내리
RW- '3		산매리		
RW- '4		덕천면		하학리
RW- '5			상학리	
RW- '6				
RW- '7				
RW- '8				

다. 오염원조사 현황

(1) 생활계 오염원

생활계 오염원 조사는 ‘전국오염원조사자료 (환경부 2013)’ 를 이용하여 조사하였으며 그 결과는 <표 3-71>에 나타내었다. 생활계 오염원 조사는 유역내에 거주하고 있는 인구 현황을 통해 이루어지며, 인구는 시가 인구와 비시가 인구로 구분할 수 있다. 정읍천 지점의 전체 인구수는 1,168명으로 이중 RW- '4,5번 지점인 정읍시 덕천면 하학리가 342명으로 가장 많은 인구수를 기록하였으며 RW- '3 지점인 정읍시 이평면 산매리가 152명으로 가장 낮게 조사되었다.

<표 3-71> 대상구역의 인구 현황

지점명	인구 (인)			비고
	시가	비시가	합계	
RW- '1	46	184	230	
RW- '2	0	193	193	
RW- '3	0	152	152	
RW- '4	0	342	342	
RW- '5				
RW- '6	0	251	251	
RW- '7				
RW- '8				
합계			1,168	

(2) 축산계 오염원

지점별 축산 현황은 아래 <표 3-72>과 같으며, 돼지, 한우, 유우, 마필, 닭, 오리 수를 나타내고 있다. 정읍천 유역의 농가 수는 총 107개의 농가가 위치하고 있는데 그 중 돼지 14,623 마리, 한우 5,008 마리, 젓소 1,908 마리, 마필 30 마리, 닭 94,435마리, 오리 66,996 마리로 조사되었다. 돼지의 경우 RW- '6 지점에서 12,430마리로 가장 많이 사육하는 것으로 조사 되었으며 한우의 경우 RW- '5지점에서 1,440 마리로 가장 많이 사육하는 것으로 조사되었다. 유우의 경우 RW- '5 지점에서 1,139 마리로 가장 많은 것으로 조사되었다. 닭의 경우 RW- '2지점에서 91,660 마리로 가장 높게 조사되었으며, 오리의 경우는 39,410 마리로 RW-' 6지점에서 가장 높게 나타났다.

<표 3-72> 하천 모니터링 지점별 축산 현황

지점명	RW- '1	RW- '2	RW- '3	RW- '4
돼지	0	553	0	500
한우	250	620	985	496
유우	0	0	0	420
마필	0	0	0	0
닭	0	91,660	0	0
오리	0	22,223	0	0
농가 수	8	14	14	25
지점명	RW- '5	RW- '6	RW- '7	RW- '8
돼지	1,140	12,430	0	0
한우	1,440	890	327	0
유우	1,139	204	98	47
마필	0	30	0	0
닭	2,775	0	0	0
오리	5,363	39,410	0	0
농가 수	23	17	4	2

(3) 산업계 오염원

<표 3-73>은 산업체 현황을 나타내고 있다. RW- '7 지점에 1개의 산업체만이 있으며 40 m^3/day 만큼의 폐수를 발생시키고 있다.

<표 3-73> 대상유역의 산업체 현황

구분	산업체 수 (개)	폐수발생량 (m^3/day)	비고
RW- '2	1	4.76	
RW- '4	1	5	

2. 오염부하량 산정 결과

가. 발생부하량 산정 결과

간척지역의 BOD 발생부하량은 총 6,364.4 kg/day로 산정되었으며, RW- '5 유역의 BOD 발생부하량이 전체의 25.4%에 해당하는 1,617.6 kg/day로 가장 높게 나타났다.

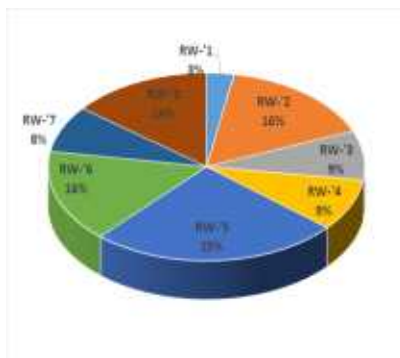
간척지역의 T-N 발생부하량은 총 1,585.9 kg/day로 산정되었으며, RW- '5 유역의 T-N 발생부하량이 전체의 26.2 %에 해당하는 416.3 kg/day로 가장 높게 나타났다.

간척지역의 T-P 발생부하량은 총 542.8 kg/day로 산정되었으며, RW- '5 유역의 T-P 발생부하량이 전체의 25.1 %에 해당하는 136.5 kg/day로 가장 높았다.

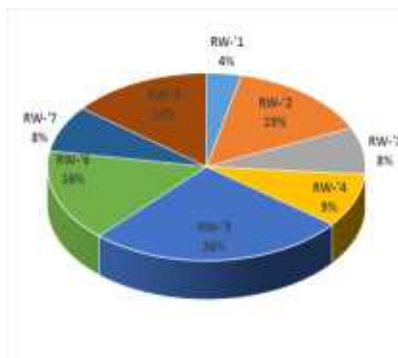
<표 3-74> 간척지역의 발생부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

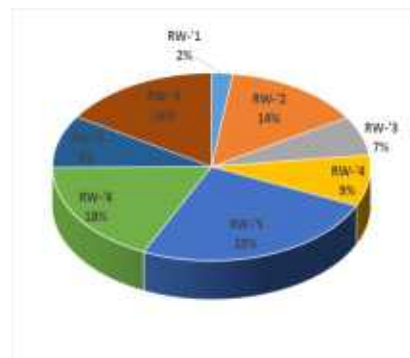
소유역명	BOD발생부하량	T-N발생부하량	T-P발생부하량
RW-1	177.7	56.0	11.8
RW-2	1017.8	232.7	76.4
RW-3	543.2	128.5	36.7
RW-4	568.4	146.3	48.0
RW-5	1617.6	416.3	136.5
RW-6	1014.5	252.1	97.1
RW-7	512.3	127.3	49.0
RW-8	912.8	226.8	87.4
합계	6,364.3	1,586	542.9



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-213> 간척지역 소유역별 발생부하량 점유율

간척지역의 오염원별 발생부하량을 비교해보면 정읍천 유역내 양식계, 매립계의 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계중 축산계의 발생부하량이 BOD, T-N, T-P 모두 가장 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-75> 간척지역 오염원별 BOD 발생부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	177.7	12.7	132.0	-	33.0	-	-
RW-2	1,017.8	9.6	979.8	5.8	22.6	-	-
RW-3	543.2	7.5	520.1	-	15.7	-	-
RW-4	568.4	7.1	548.6	0.2	12.4	-	-
RW-5	1,617.6	20.3	1,561.5	0.7	35.2	-	-
RW-6	1,014.5	5.2	999.8	-	9.5	-	-
RW-7	512.3	2.6	504.9	-	4.8	-	-
RW-8	912.8	4.7	899.6	-	8.6	-	-
합계	6,364.4	69.7	6,146.2	6.7	141.9	-	-

<표 3-76> 간척지역 오염원별 T-N 발생부하량

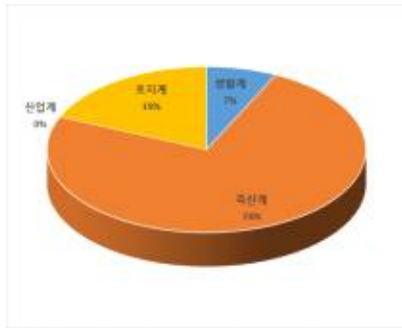
(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	56.0	3.3	29.2	-	23.5	-	-
RW-2	232.7	2.6	213.0	0.3	16.9	-	-
RW-3	128.5	2.0	115.0	-	11.5	-	-
RW-4	146.3	2.0	138.5	0.2	5.6	-	-
RW-5	416.3	5.7	394.2	0.5	15.8	-	-
RW-6	252.1	1.4	244.8	-	5.9	-	-
RW-7	127.3	0.7	123.6	-	3.0	-	-
RW-8	226.8	1.3	220.2	-	5.3	-	-
합계	1,585.9	18.9	1,478.6	1.0	87.4	-	-

<표 3-77> 간척지역 오염원별 T-P 발생부하량

(단위 : kg/day)

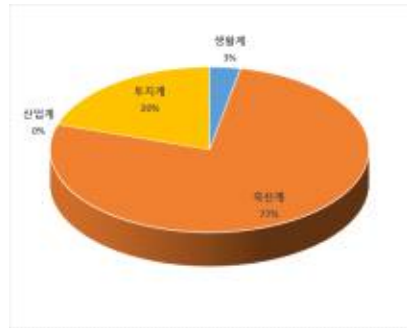
소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	11.8	0.4	9.0	-	2.4	-	-
RW-2	76.4	0.3	74.7	0.1	1.3	-	-
RW-3	36.7	0.2	35.6	-	1.0	-	-
RW-4	48.0	0.2	47.2	-	0.5	-	-
RW-5	136.5	0.6	134.3	-	1.5	-	-
RW-6	97.1	0.2	96.4	-	0.5	-	-
RW-7	49.0	0.1	48.7	-	0.3	-	-
RW-8	87.4	0.1	86.7	-	0.5	-	-
합계	542.8	2.1	532.7	0.1	8.0	-	-



(a) BOD발생부하량

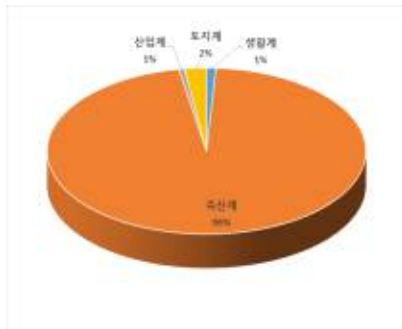


(b) T-N발생부하량

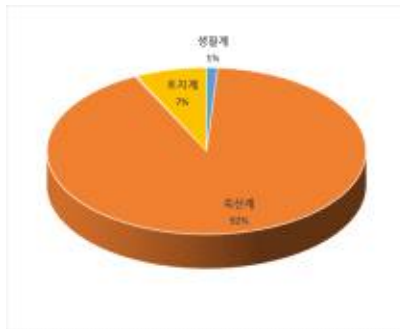


(c) T-P발생부하량

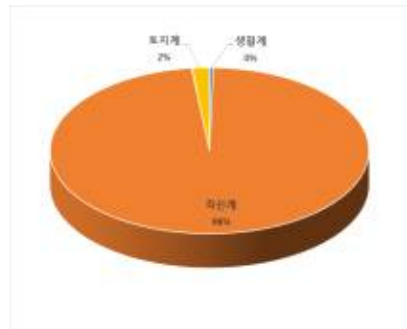
<그림 3-214> 간척지역 (RW-1) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

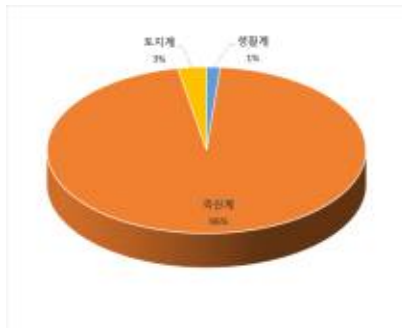


(b) T-N발생부하량

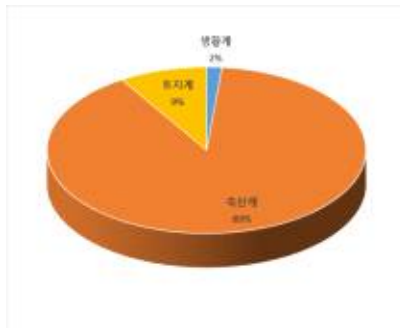


(c) T-P발생부하량

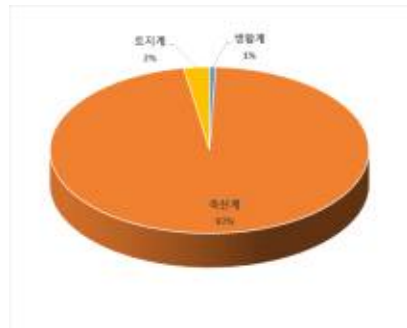
<그림 3-215> 간척지역 (RW-2) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

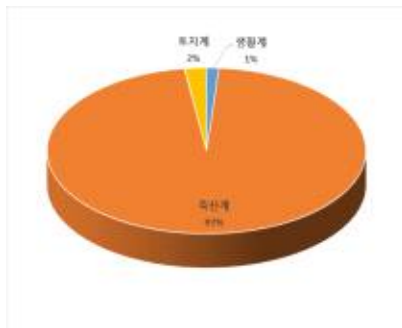


(b) T-N발생부하량

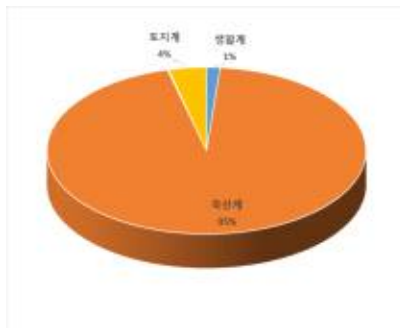


(c) T-P발생부하량

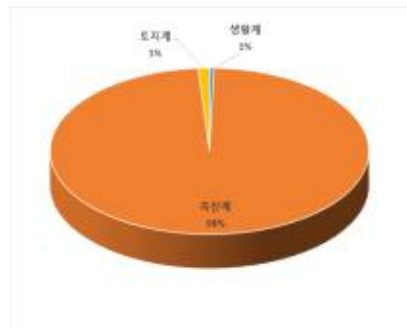
<그림 3-216>간척지역 (RW-3) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

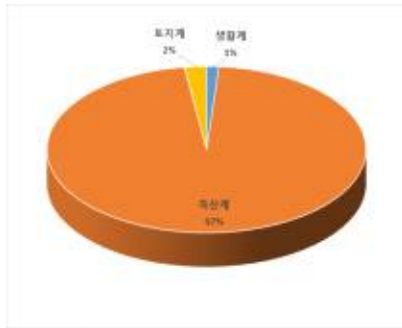


(b) T-N발생부하량

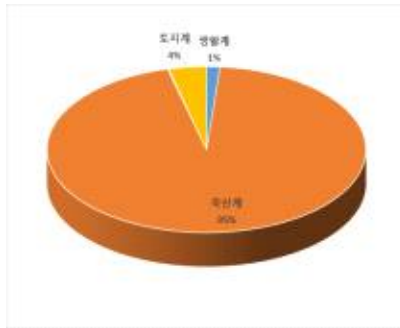


(c) T-P발생부하량

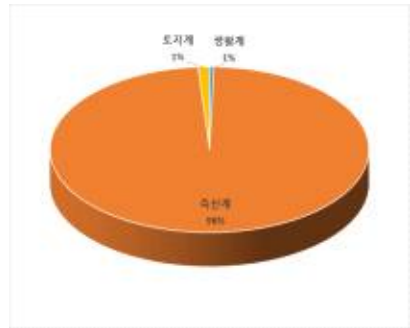
<그림 3-217>간척지역 (RW-4) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

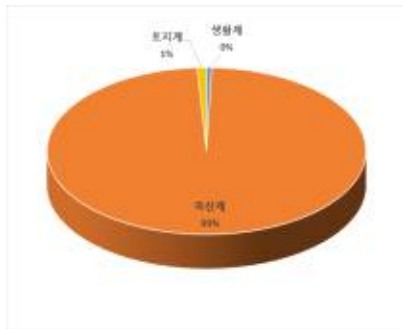


(b) T-N발생부하량

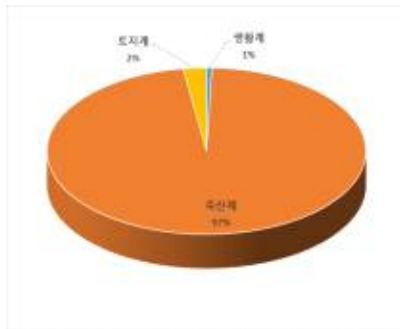


(c) T-P발생부하량

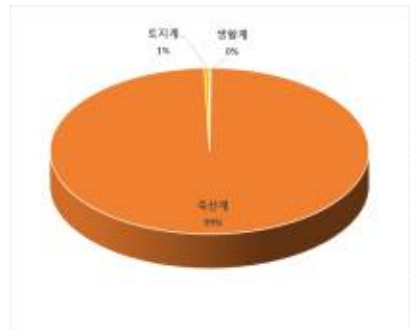
<그림 3-218> 간척지역 (RW-'5) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

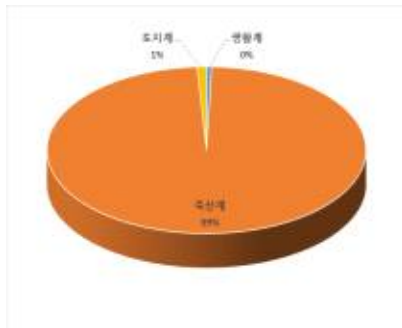


(b) T-N발생부하량

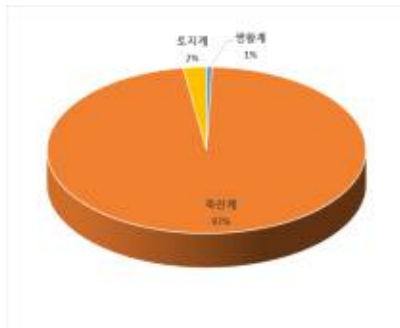


(c) T-P발생부하량

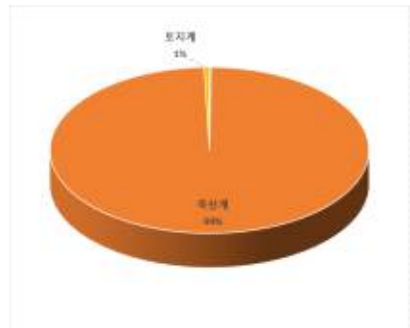
<그림 3-219> 간척지역 (RW-'6) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

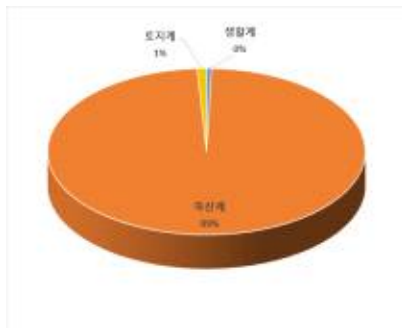


(b) T-N발생부하량

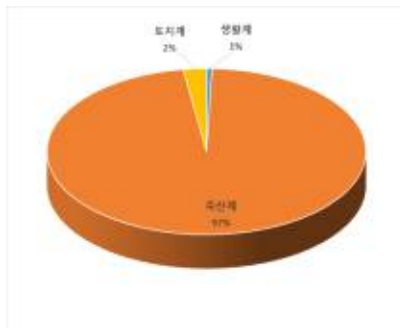


(c) T-P발생부하량

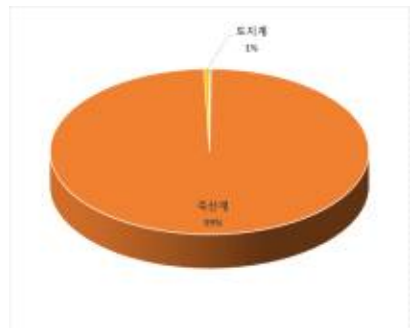
<그림 3-220>간척지역 (RW-'7) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-221>간척지역 (RW-'8) 오염원별 발생부하량 점유율

나. 배출부하량 분석결과

간척구역의 BOD 배출부하량은 총 509.3 kg/day로 산정되었으며, RW- '8 구역의 BOD 발생부하량이 전체의 28.0%에 해당하는 142.4 kg/day로 가장 높게 나타났다.

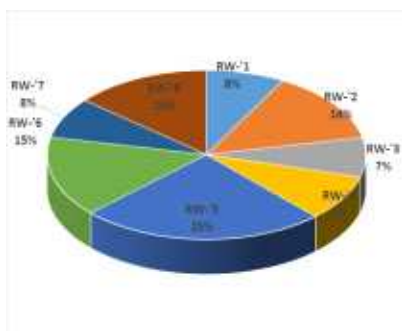
간척구역의 T-N 배출부하량은 총 331.5 kg/day로 산정되었으며, RW- '8 구역의 T-N 발생부하량이 전체의 25.2%에 해당하는 83.5 kg/day로 가장 높게 나타났다.

간척구역의 T-P 배출부하량은 총 28.3 kg/day로 산정되었으며, RW- '8 구역의 T-P 발생부하량이 전체의 25.7 %에 해당하는 7.3 kg/day로 가장 높았다.

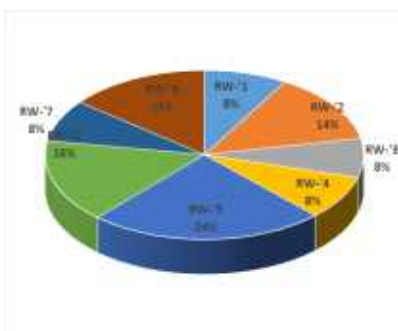
<표 3-78> PW 구역의 배출부하량 산정결과

(단위 : kg/day)

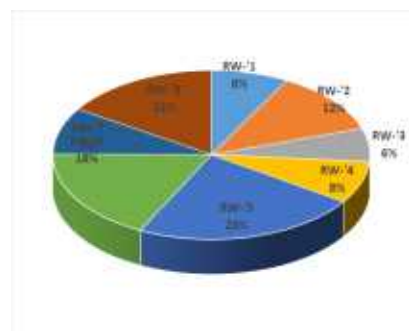
소구역명	BOD배출부하량	T-N배출부하량	T-P배출부하량
RW-'1	50.9	33.2	3.4
RW-'2	88.1	52.9	5.1
RW-'3	48.3	29.4	2.7
RW-'4	55.9	33.0	3.4
RW-'5	159.0	93.9	9.8
RW-'6	98.6	62.6	7.5
RW-'7	49.8	31.6	3.8
RW-'8	88.7	56.3	6.8
합계	639.3	392.9	42.5



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-222> 중간지역 소구역별 발생부하량 점유율

중간지역의 오염원별 배출부하량을 비교해보면 일리천 구역내 양식계, 매립계, 산업계의 오염원은 없는 것으로 조사·분석 되었으며, 생활계, 축산계, 토지계중 대부분 토지계, 축산계의 배출부하량이 BOD, T-N, T-P 항목에서 모두 가장 높은 것으로 분석되었다.

<표 3-79> 간척지역 오염원별 BOD 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	50.9	6.3	11.9	0.0	32.7	-	-
RW-2	88.1	6.8	58.5	0.4	22.4	-	-
RW-3	48.3	5.4	27.4	0.0	15.5	-	-
RW-4	55.9	5.3	38.3	0.0	12.3	-	-
RW-5	159.0	15.2	108.9	0.0	34.9	-	-
RW-6	98.6	3.4	85.7	0.0	9.5	-	-
RW-7	49.8	1.7	43.3	0.0	4.8	-	-
RW-8	88.7	3.1	77.1	0.0	8.5	-	-
합계	639.3	47.2	451.1	0.4	140.6	-	-

<표 3-80> 간척지역 오염원별 T-N 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	33.2	2.9	7.0	0.0	23.3	-	-
RW-2	52.9	2.4	33.7	0.1	16.7	-	-
RW-3	29.4	1.9	16.2	0.0	11.4	-	-
RW-4	33.0	1.8	25.6	0.0	5.5	-	-
RW-5	93.9	5.2	73.0	0.0	15.7	-	-
RW-6	62.6	1.3	55.4	0.0	5.9	-	-
RW-7	31.6	0.7	28.0	0.0	3.0	-	-
RW-8	56.3	1.2	49.9	0.0	5.3	-	-
합계	392.9	17.3	288.9	0.1	86.6	-	-

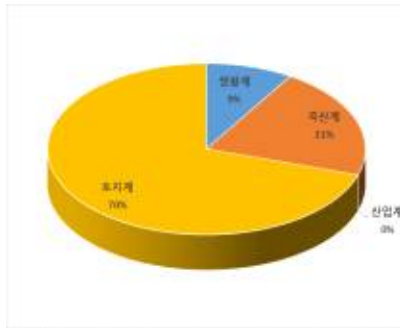
<표 3-81> 간척지역 오염원별 T-P 배출부하량

(단위 : kg/day)

소유역명	계	생활계	축산계	산업계	토지계	양식계	매립계
RW-1	3.4	0.3	0.7	0.0	2.3	-	-
RW-2	5.1	0.3	3.5	0.0	1.3	-	-
RW-3	2.7	0.2	1.6	0.0	0.9	-	-
RW-4	3.4	0.2	2.7	0.0	0.5	-	-
RW-5	9.8	0.5	7.7	0.0	1.5	-	-
RW-6	7.5	0.1	6.9	0.0	0.5	-	-
RW-7	3.8	0.1	3.5	0.0	0.3	-	-
RW-8	6.8	0.1	6.2	0.0	0.5	-	-
합계	42.5	1.8	32.7	0.0	7.9	-	-



(a) BOD발생부하량

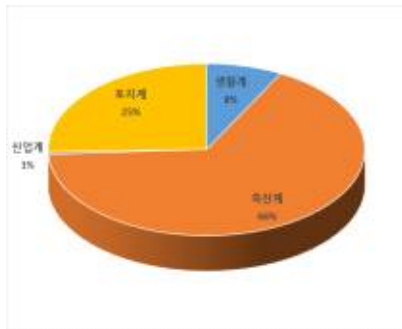


(b) T-N발생부하량

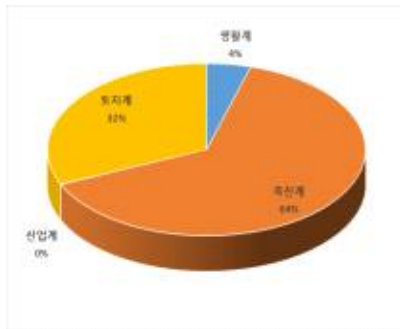


(c) T-P발생부하량

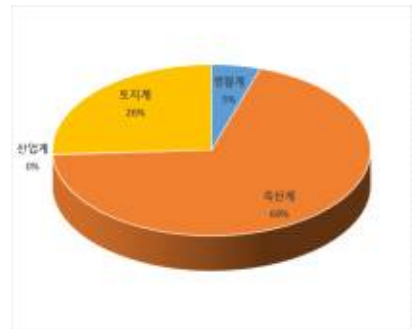
<그림 3-223> 간척지역 (RW-1) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

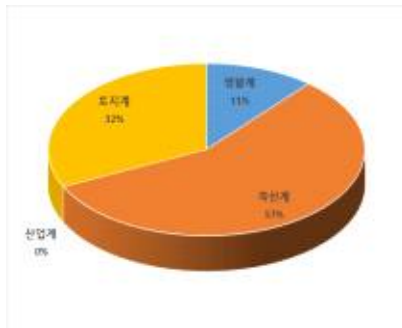


(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

<그림 3-224> 간척지역 (RW-2) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

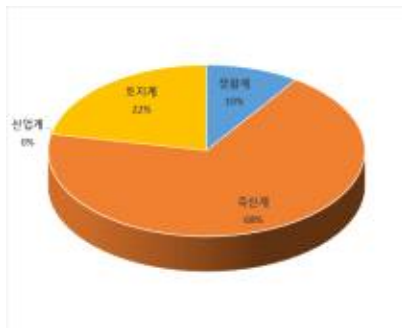


(b) T-N발생부하량

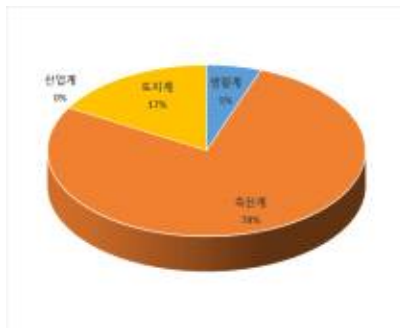


(c) T-P발생부하량

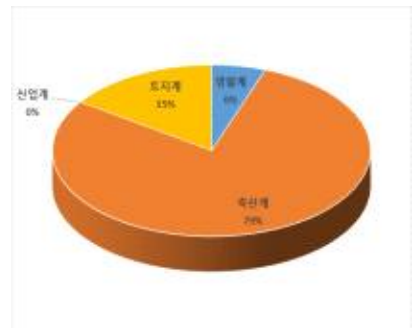
<그림 3-225> 간척지역 (RW-3) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

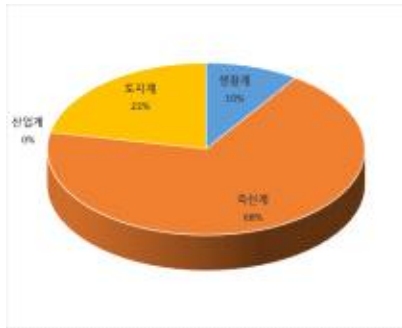


(b) T-N발생부하량

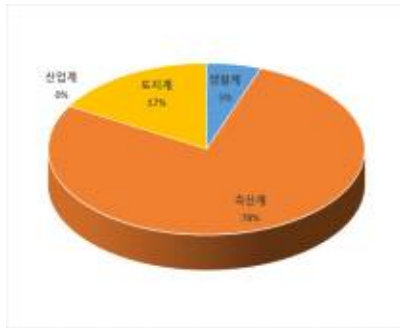


(c) T-P발생부하량

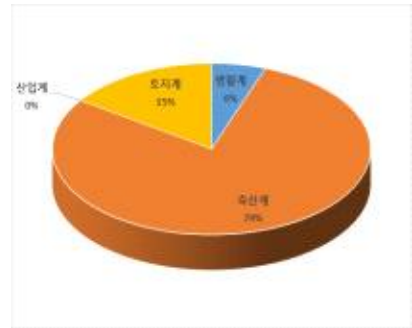
<그림 3-226> 간척지역 (RW-4) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

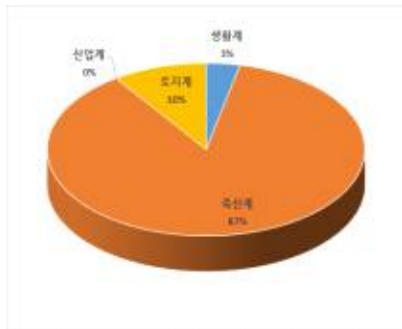


(b) T-N발생부하량

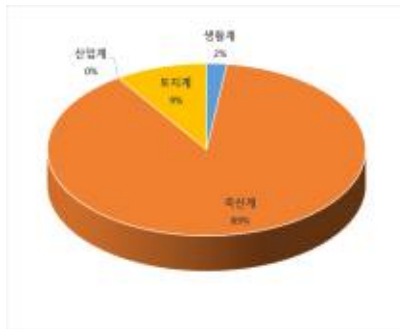


(c) T-P발생부하량

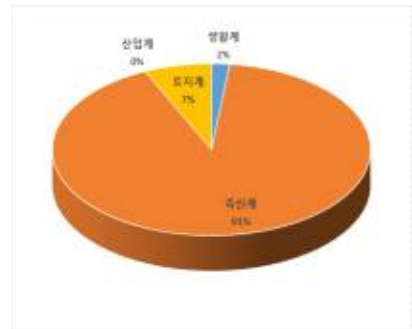
<그림 3-227> 간척지역 (RW-‘5) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

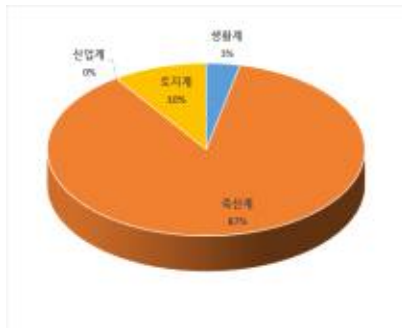


(b) T-N발생부하량

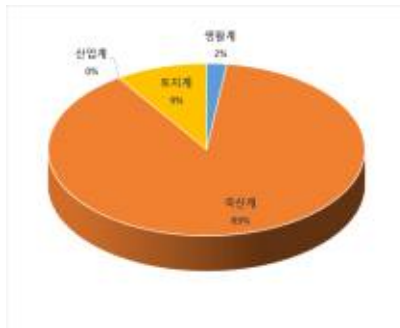


(c) T-P발생부하량

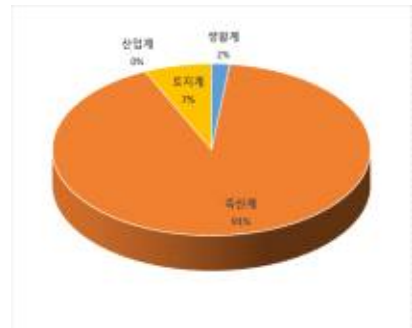
<그림 3-228> 간척지역 (RW-‘6) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량

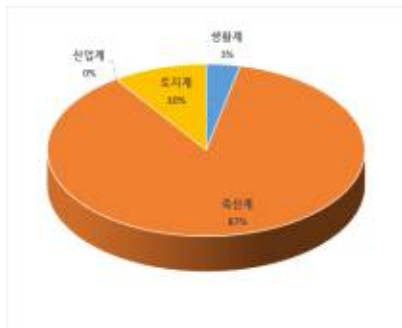


(b) T-N발생부하량

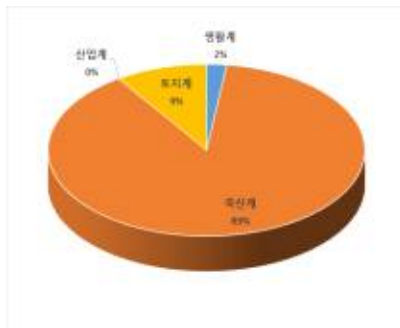


(c) T-P발생부하량

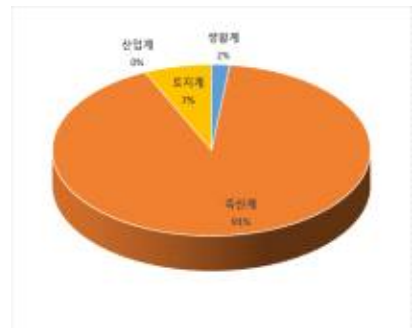
<그림 3-229> 간척지역 (RW-‘7) 오염원별 발생부하량 점유율



(a) BOD발생부하량



(b) T-N발생부하량



(c) T-P발생부하량

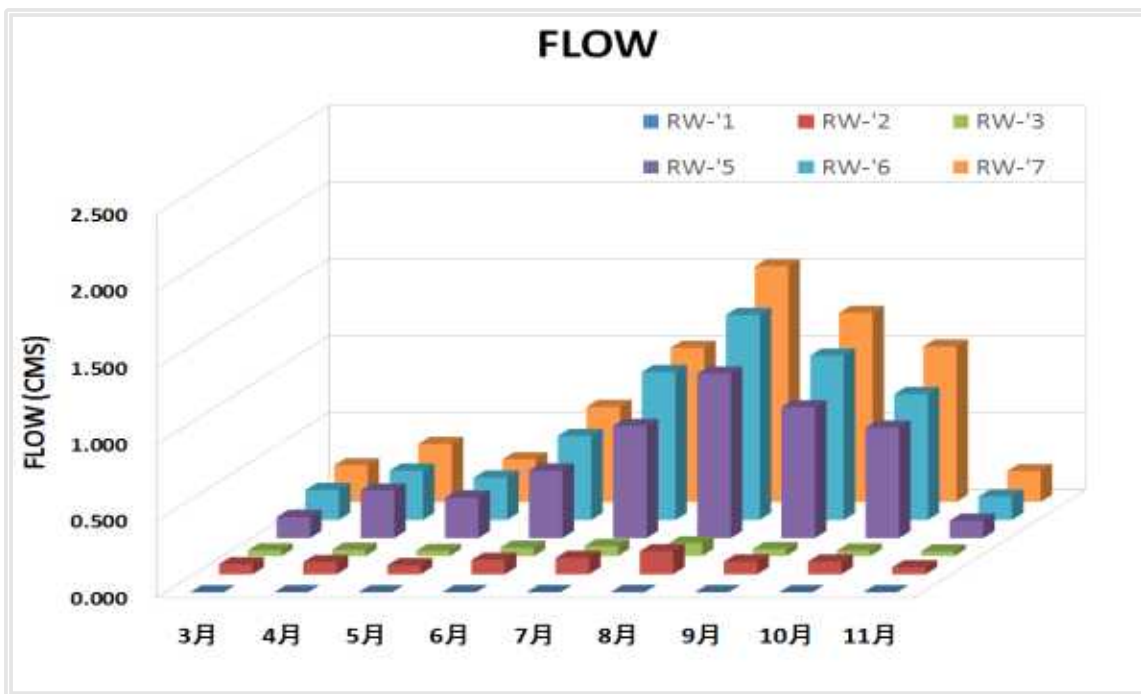
<그림 3-230> 간척지역 (RW-‘8) 오염원별 발생부하량 점유율

3. 3차년도 모니터링 결과

가. 정기 모니터링

(1) 수리·수문 모니터링

<그림 3-231>는 RW- '1 ~ RW- '8 지점의 유량조사 결과를 나타내고 있다. 전 지점 모두 하천에서 유속계 및 수위계를 이용하여 유속-면적법으로 측정하였다<그림 3-232>. 2015년의 경우 극심한 가뭄으로 인해 하천의 유량이 전년도에 비해 많이 감소되었으나 하천의 말단으로 갈수록 유량이 증가하며 계절의 변화에 따른 유량의 증감은 구별되었다.



<그림 3-231> 간척지역 유량 측정 결과

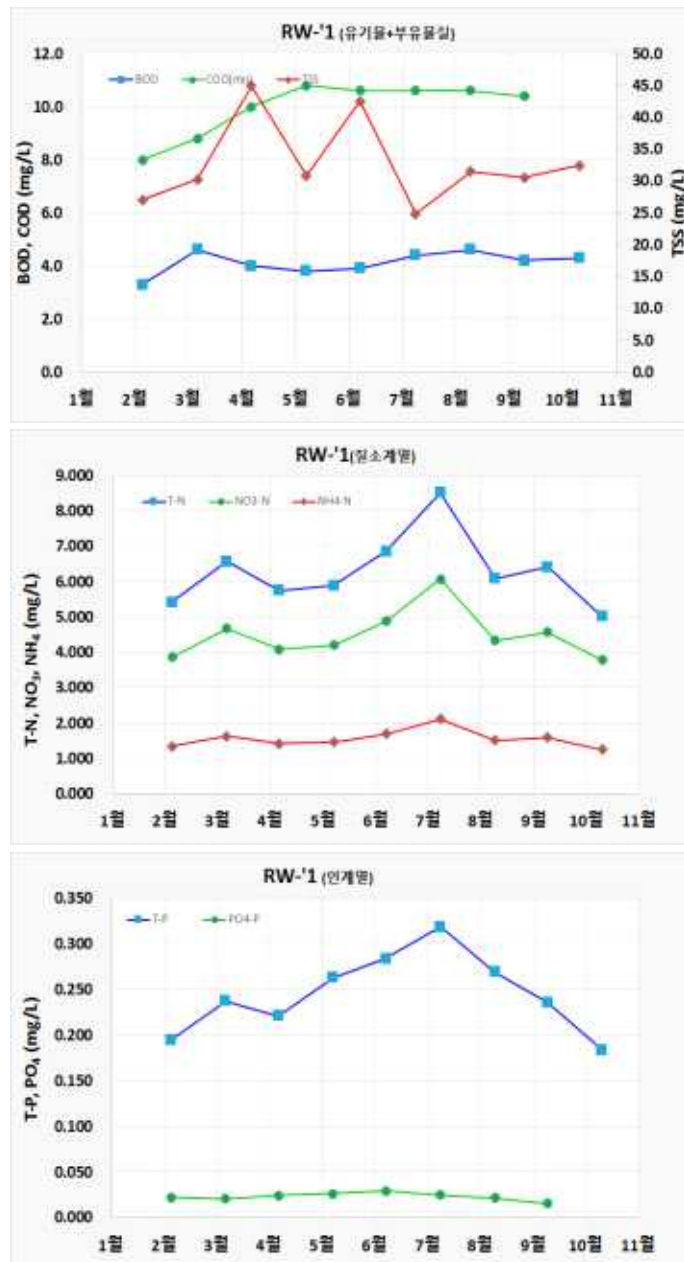


<그림 3-232> 간척지역 하천유량 측정 모습

(2) 수질 모니터링

(가) RW- '1 지점

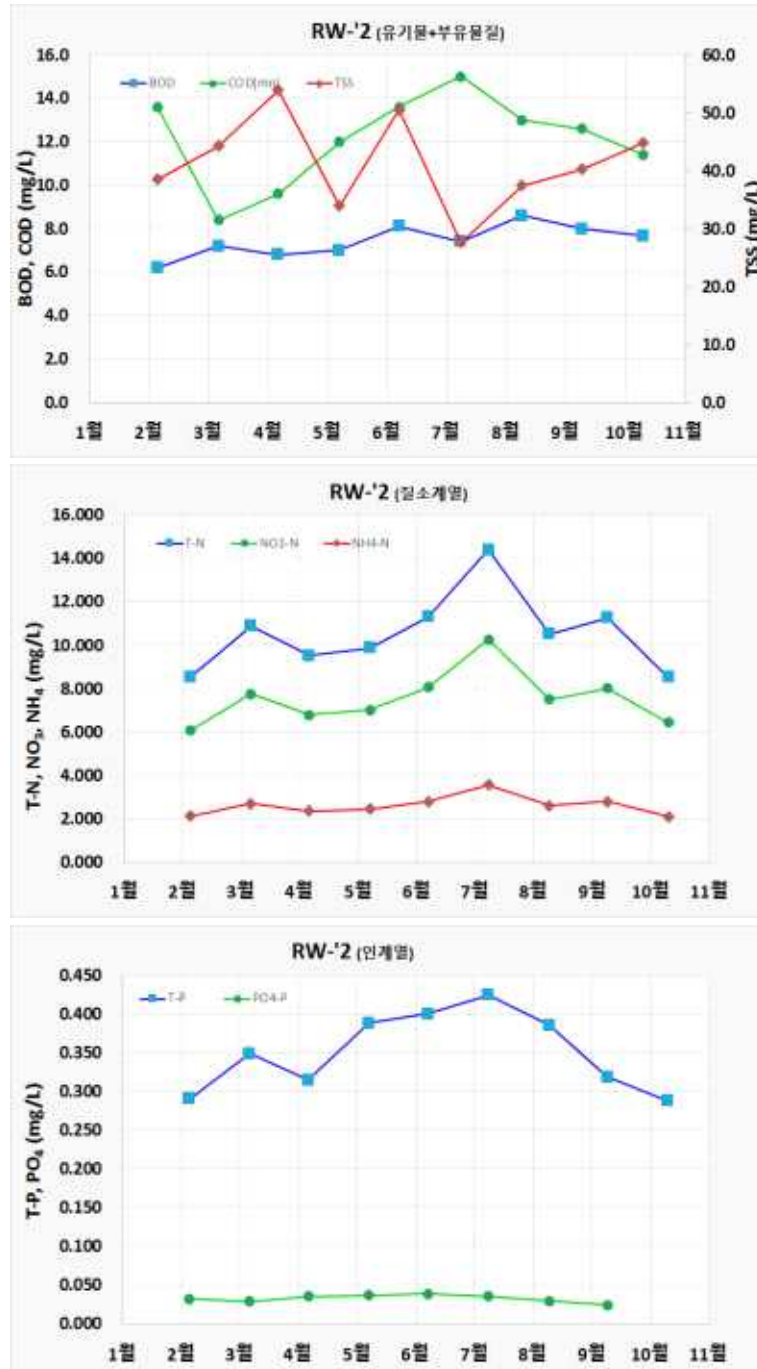
간척지역의 유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 3.3 mg/L ~ 5.8 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 8.0 mg/L ~ 10.8 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계열 중 T-N은 5.0 mg/L ~ 8.5 mg/L 의 범위를, NH₄-N은 1.2 mg/L ~ 2.1 mg/L의 범위를, NO₃-N은 3.8 mg/L ~ 6.1 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.2 mg/L ~ 0.3 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.03 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-233> 수질 모니터링 결과 (RW-'1)

(나) RW- '2 지점

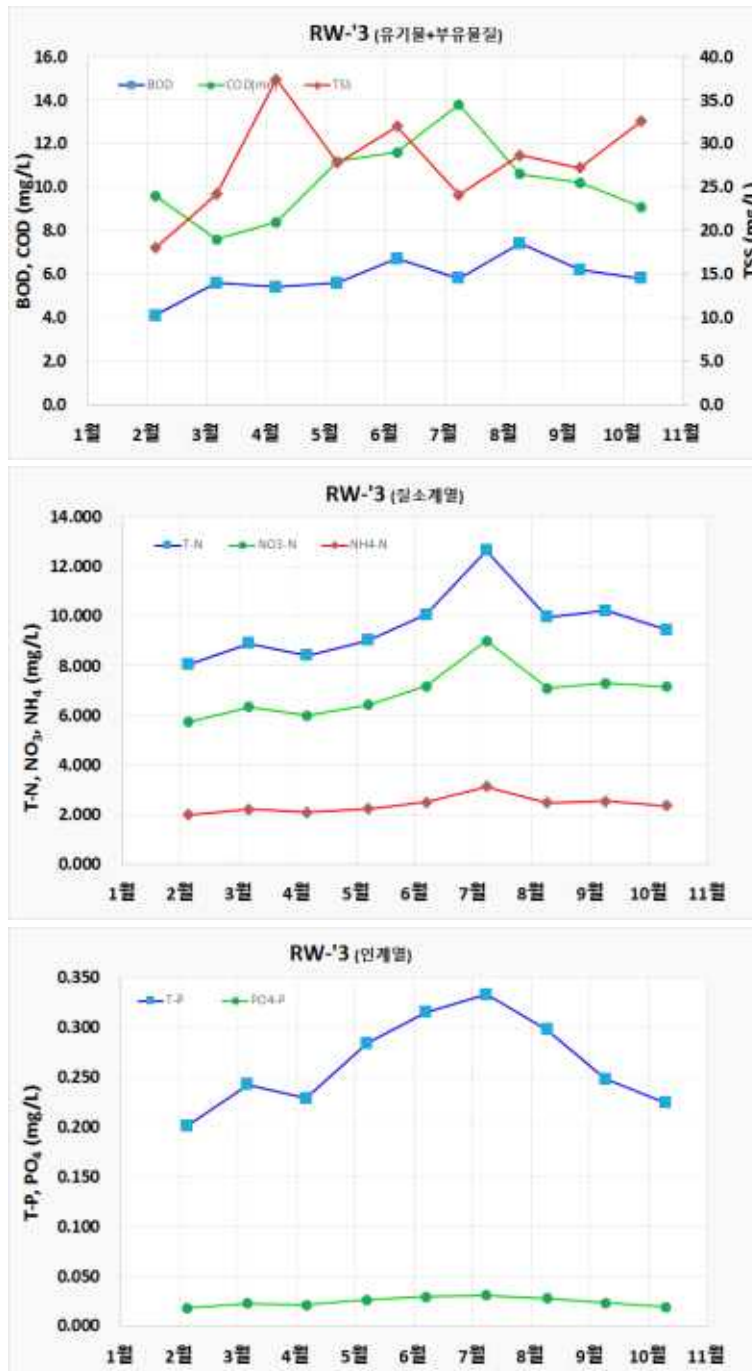
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 6.2 mg/L ~ 9.6 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 8.4 mg/L ~ 15.0 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 8.5 mg/L ~ 14.4 mg/L의 범위를, NH₄-N은 2.1 mg/L ~ 3.6 mg/L의 범위를, NO₃-N은 6.1 mg/L ~ 10.3 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.3 mg/L ~ 0.4 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.04 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-234> 수질 모니터링 결과 (RW-'2)

(다) RW- '3 지점

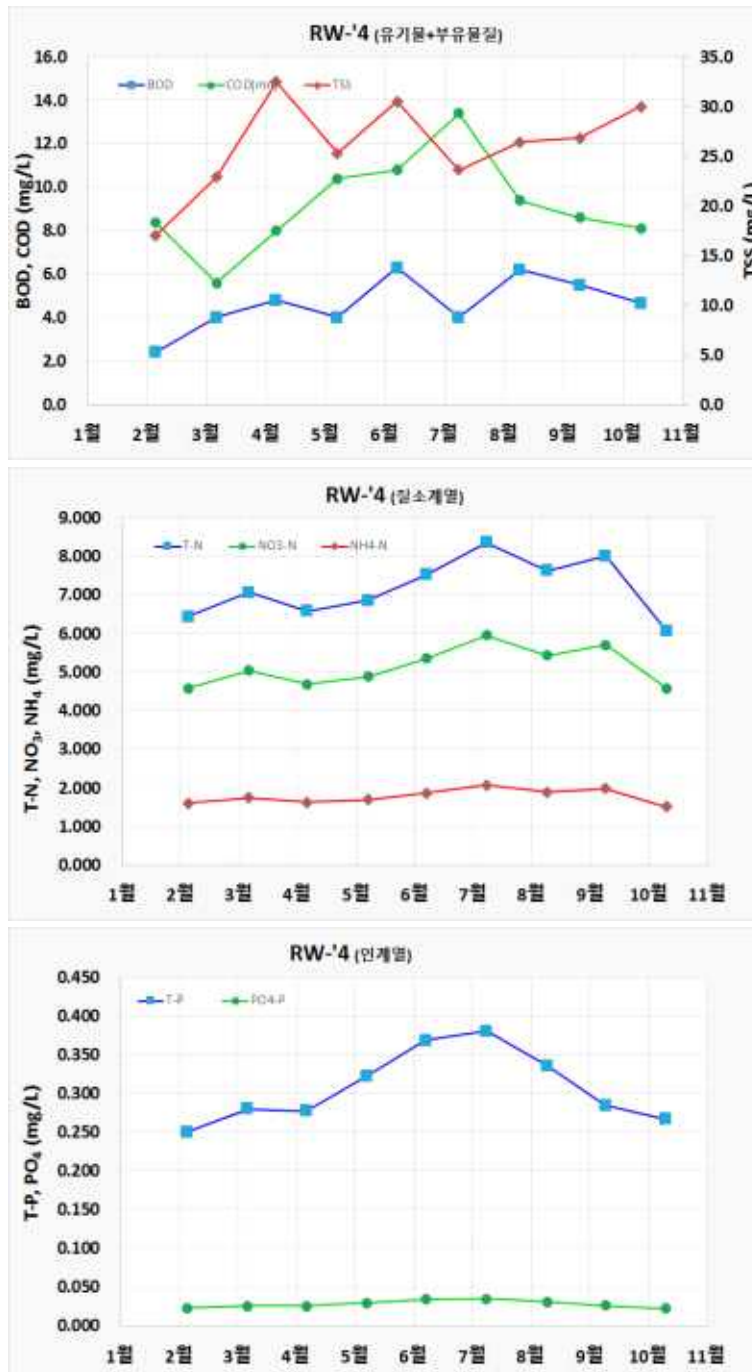
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 4.1 mg/L ~ 7.4 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 7.6 mg/L ~ 13.8 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 8.0 mg/L ~ 12.6 mg/L의 범위를, NH₄-N은 2.0 mg/L ~ 3.1 mg/L의 범위를, NO₃-N은 5.7 mg/L ~ 9.0 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.2 mg/L ~ 0.3 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.03 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-235> 수질 모니터링 결과 (RW-'3)

(라) RW- '4 지점

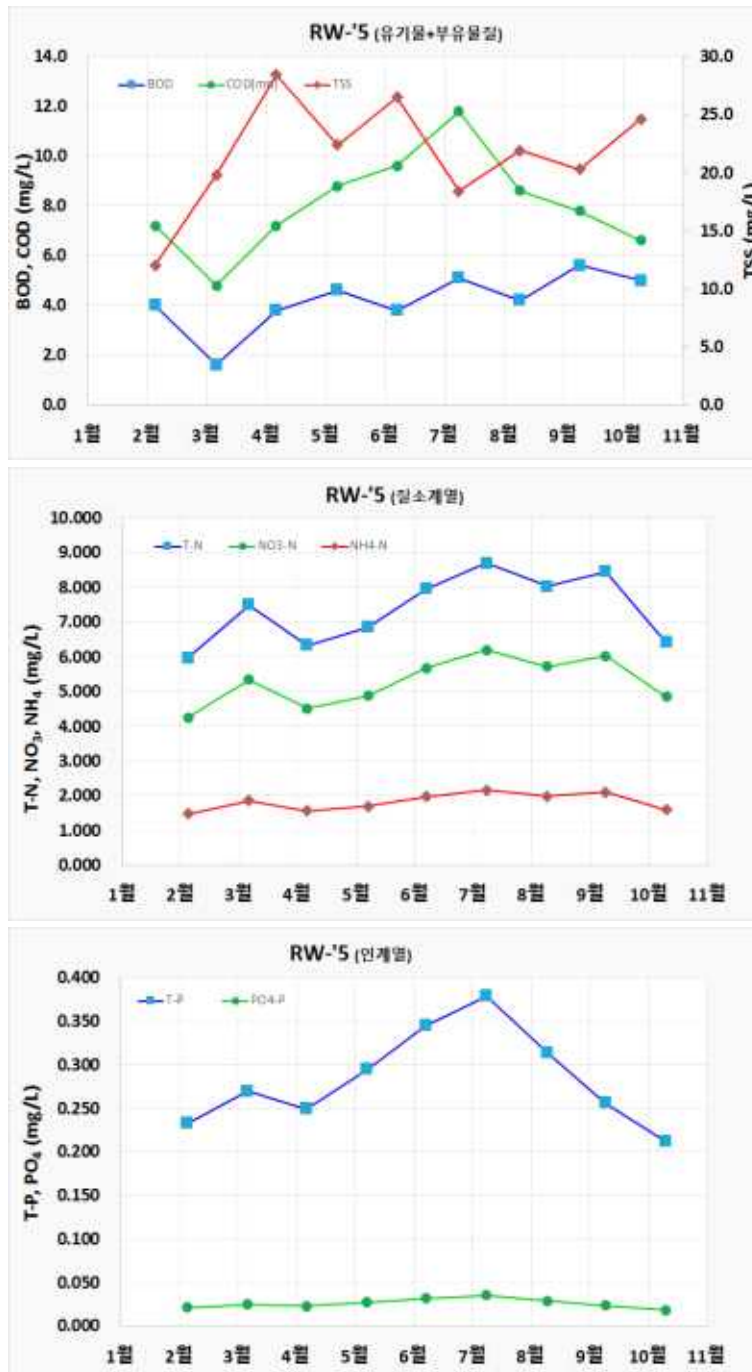
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 2.4 mg/L ~ 6.3 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 5.6 mg/L ~ 13.4 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 6.1 mg/L ~ 8.4 mg/L의 범위를, NH₄-N은 1.5 mg/L ~ 2.1 mg/L의 범위를, NO₃-N은 4.6 mg/L ~ 6.0 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.3 mg/L ~ 0.4 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.04 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-236> 수질 모니터링 결과 (RW-'4)

(마) RW- '5 지점

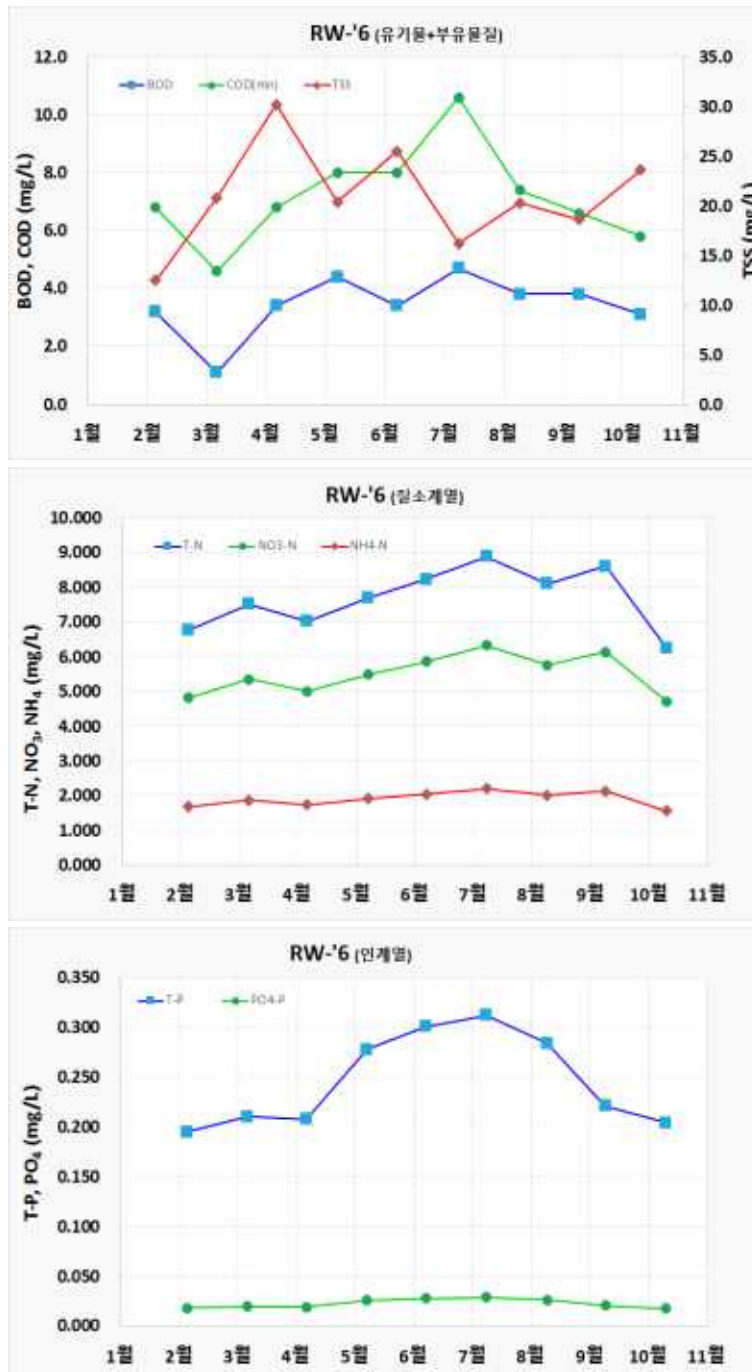
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.6 mg/L ~ 5.6 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 4.8 mg/L ~ 11.8 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 6.0 mg/L ~ 8.7 mg/L의 범위를, NH₄-N은 1.5 mg/L ~ 2.2 mg/L의 범위를, NO₃-N은 4.2 mg/L ~ 6.2 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.2 mg/L ~ 0.4 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.03 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-237> 수질 모니터링 결과 (RW-'5)

(바) RW- '6 지점

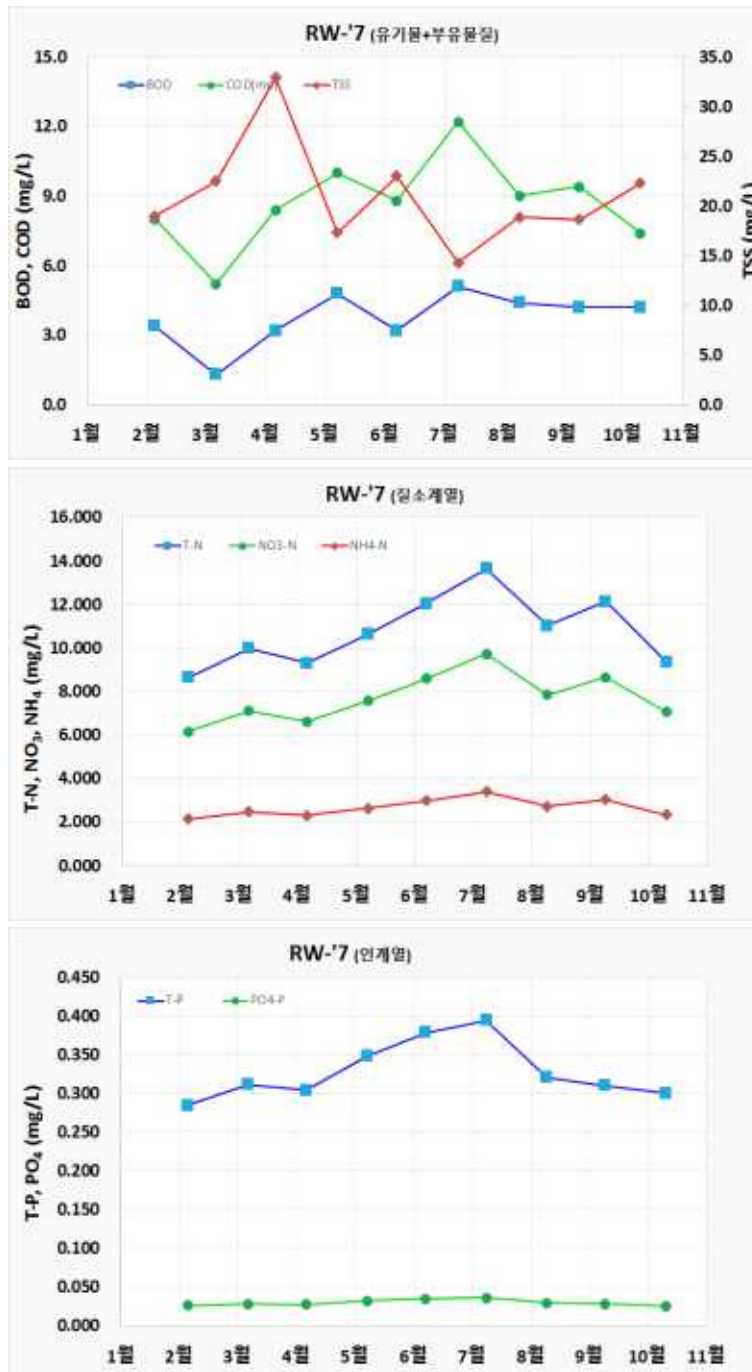
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.1 mg/L ~ 4.7 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 4.6 mg/L ~ 10.6 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 6.3 mg/L ~ 8.9 mg/L의 범위를, NH₄-N은 1.6 mg/L ~ 2.2 mg/L의 범위를, NO₃-N은 4.7 mg/L ~ 6.3 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.2 mg/L ~ 0.3 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.02 mg/L ~ 0.03 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-238> 수질 모니터링 결과 (RW-'6)

(사) RW- '7 지점

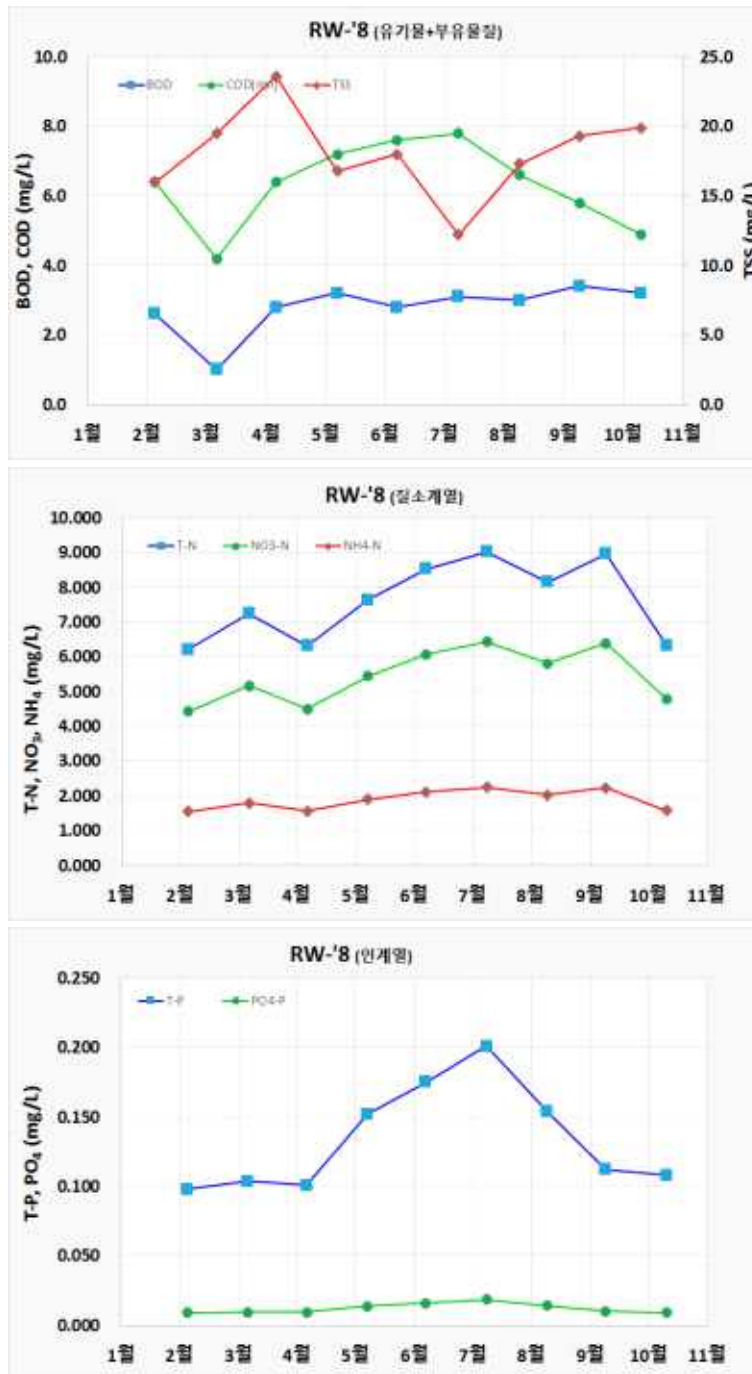
유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.3 mg/L ~ 5.1 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 5.2 mg/L ~ 12.2 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소 계열 중 T-N은 8.6 mg/L ~ 13.6 mg/L의 범위를, NH₄-N은 2.1 mg/L ~ 3.4 mg/L의 범위를, NO₃-N은 6.1 mg/L ~ 9.7 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.3 mg/L ~ 0.4 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.03 mg/L ~ 0.04 mg/L 범위를 가진다.



<그림 3-239> 수질 모니터링 결과 (RW-'7)

(아) RW- '8 지점

유기물질 분석 결과를 살펴보면, BOD는 1.0 mg/L ~ 3.4 mg/L의 범위를 보이며, COD_{Mn}은 4.2 mg/L ~ 7.8 mg/L의 범위를 가진다. 영양물질 분석 결과를 살펴보면, 질소계 열 중 T-N은 6.2 mg/L ~ 9.0 mg/L의 범위를, NH₄-N은 1.5 mg/L ~ 2.2 mg/L의 범위를, NO₃-N은 4.4 mg/L ~ 6.4 mg/L의 범위를 가진다. 인계열 중 T-P는 0.1 mg/L ~ 0.2 mg/L의 범위를, PO₄-P는 0.01 mg/L ~ 0.02 mg/L 범위를 가진다.

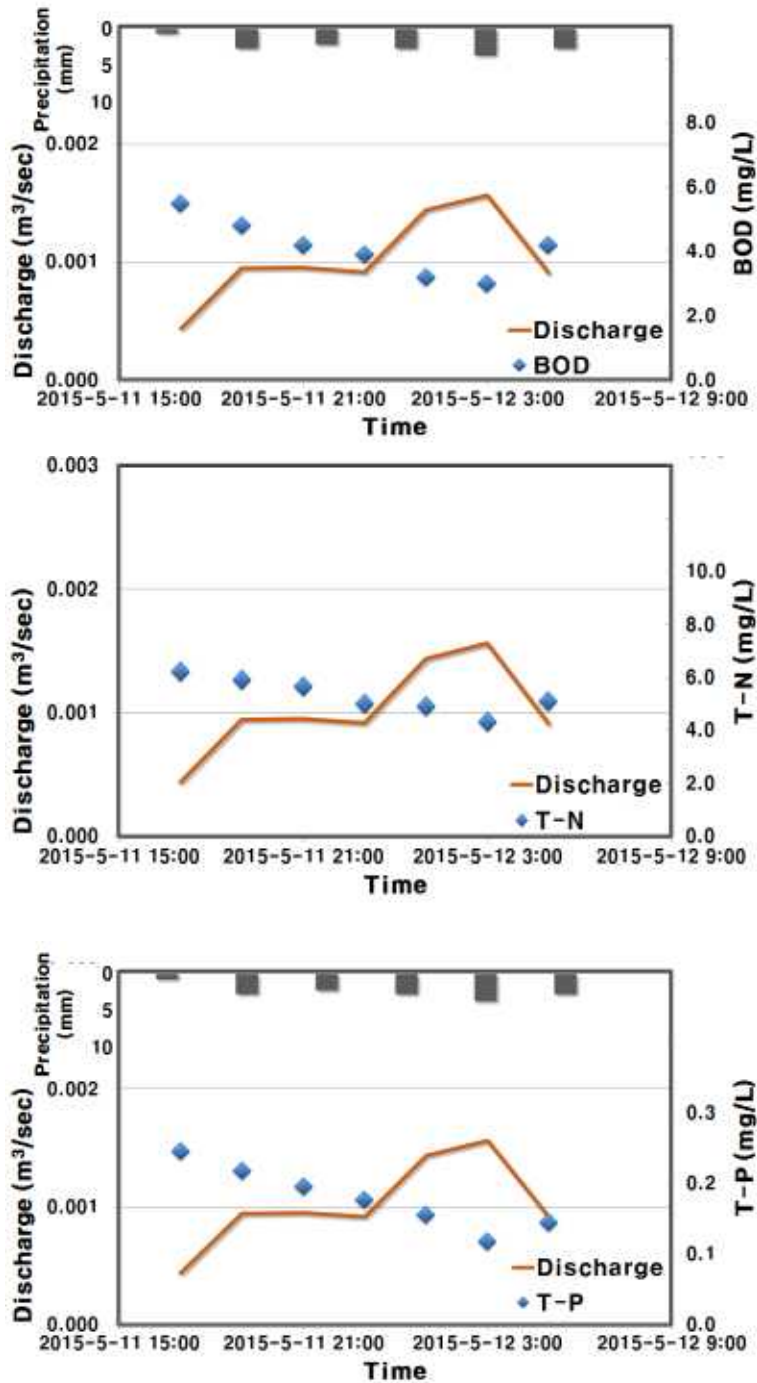


<그림 3-240> 수질 모니터링 결과 (RW-'8)

나. 정밀 모니터링

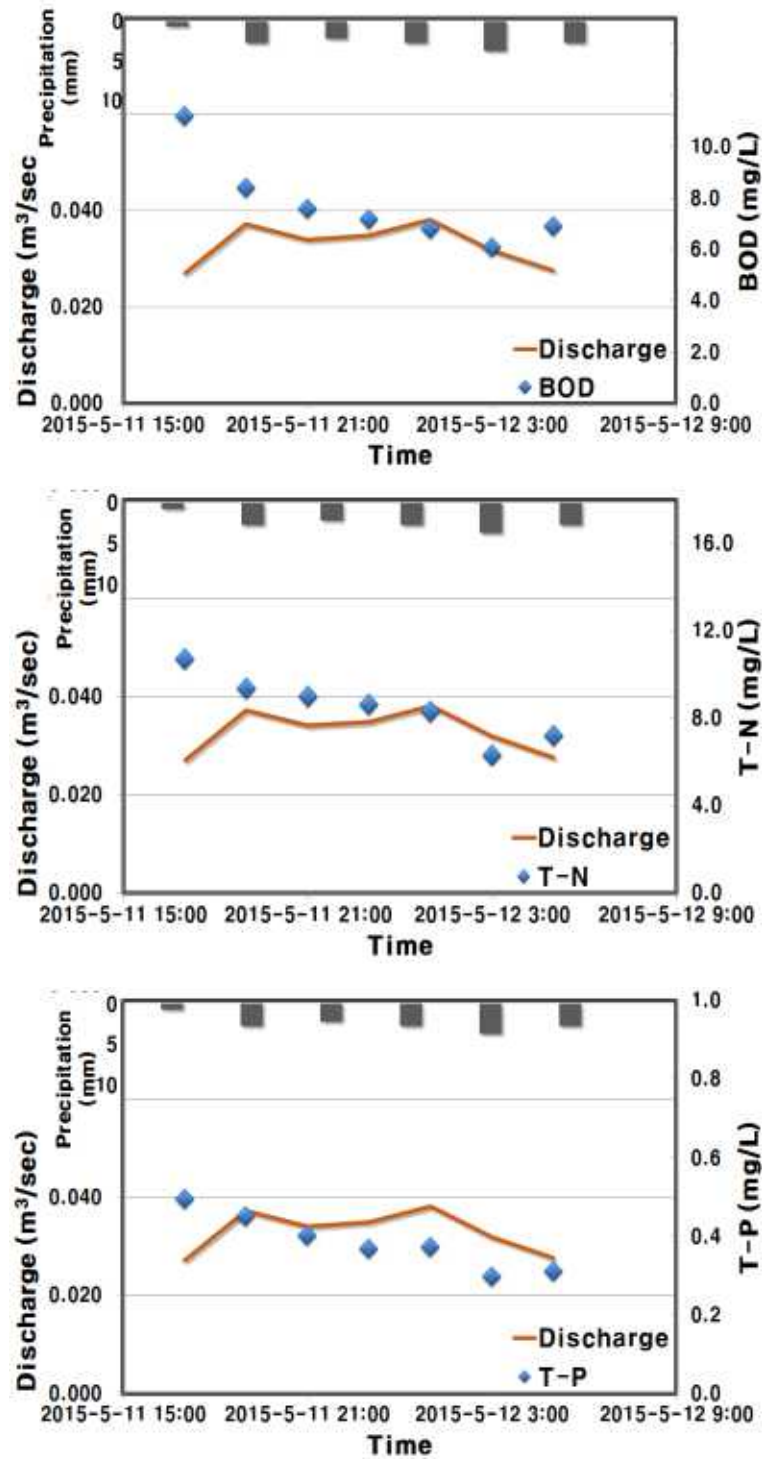
(1) 1차 모니터링 (2015년 5월 11일)

<그림 3-241>은 RW- '8지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 3.0-5.5 mg/L, T-N은 4.321-6.224 mg/L, T-P는 0.118-0.245mg/L의 범위를 나타낸다.



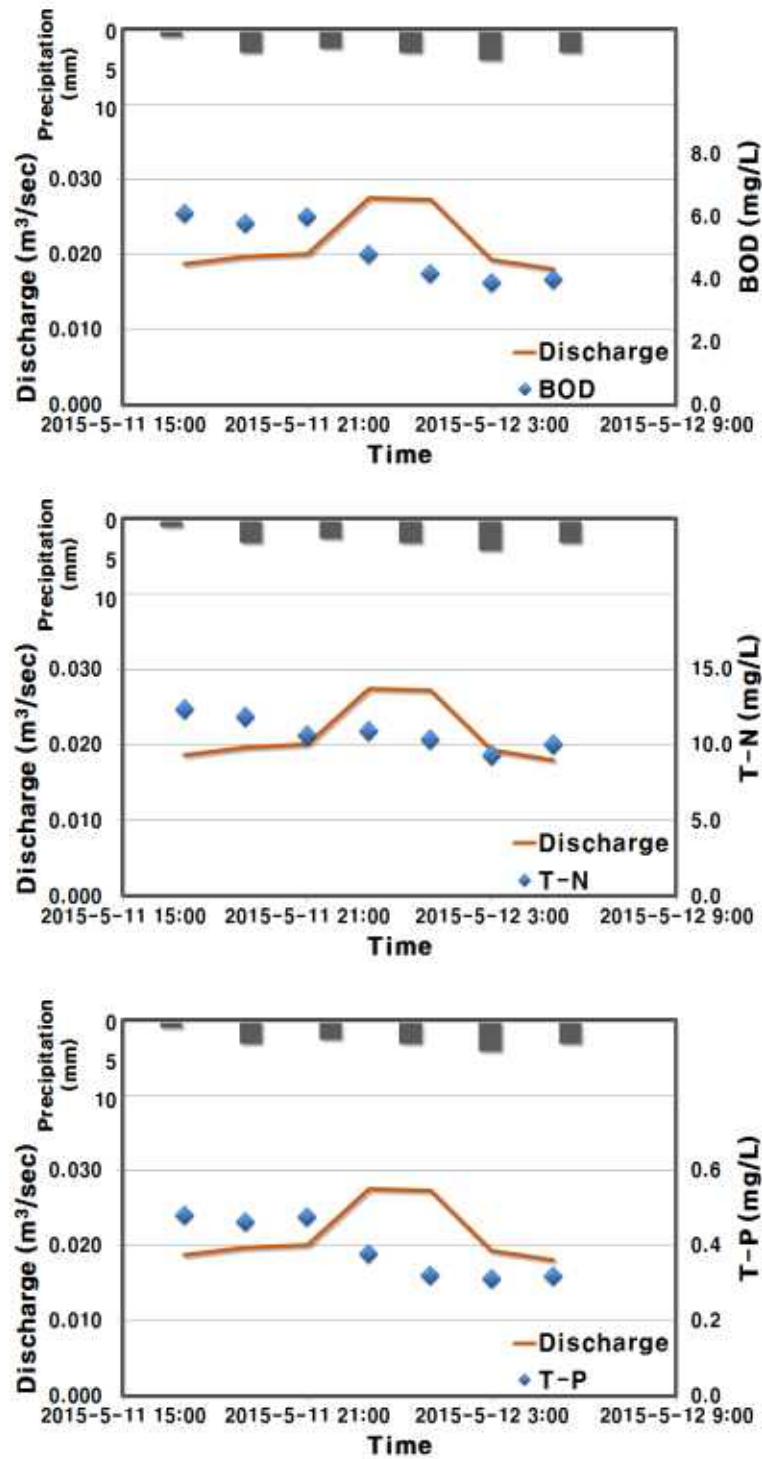
<그림 3-241> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 1차 모니터링)

<그림 3-242>은 RW- '7지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 6.1-11.2 mg/L, T-N은 6.332-10.743 mg/L, T-P는 0.297-0.495 mg/L의 범위를 나타낸다.



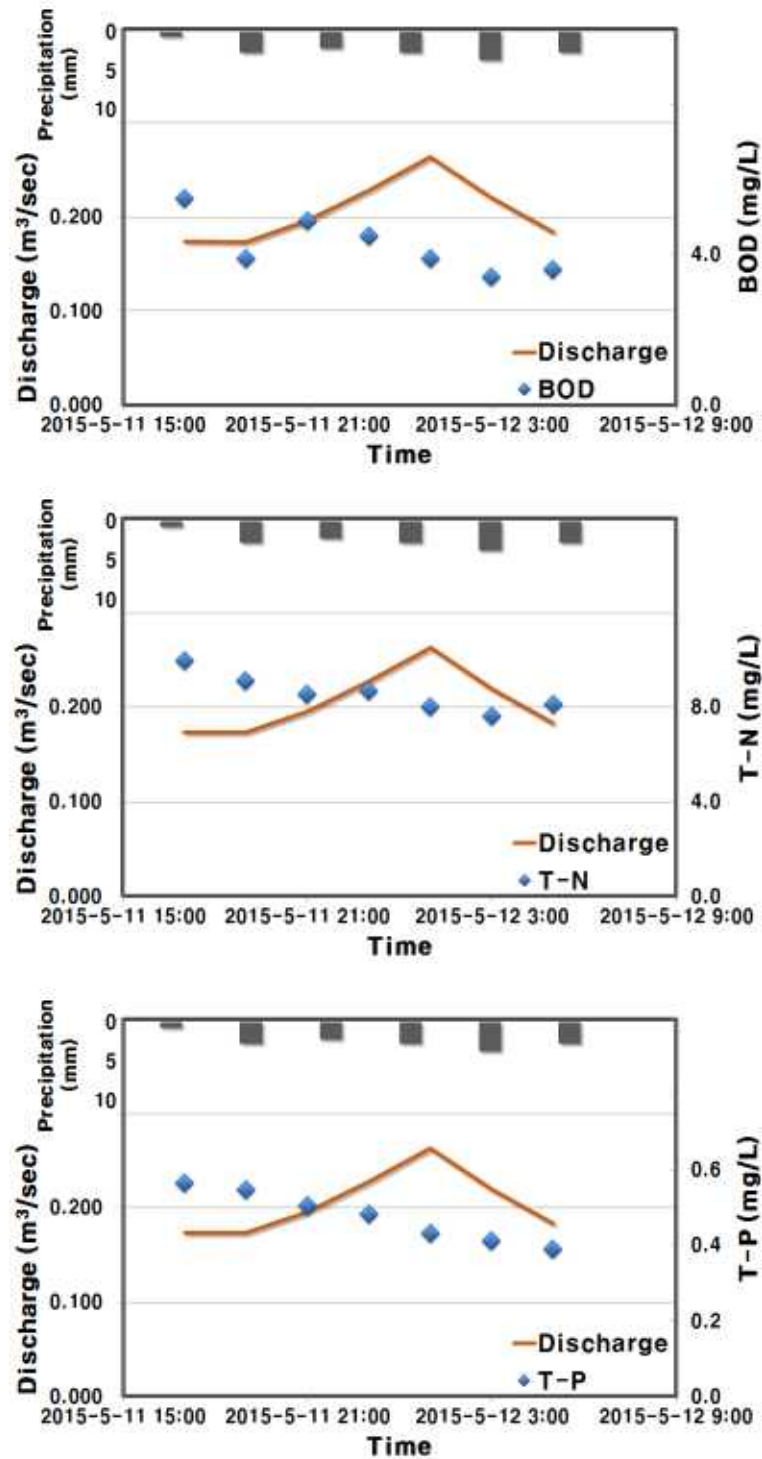
<그림 3-242> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 1차 모니터링)

<그림 3-243>은 RW- '6지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 3.9-6.1 mg/L, T-N은 9.338-12.369 mg/L, T-P는 0.312 -0.481 mg/L의 범위를 나타낸다.



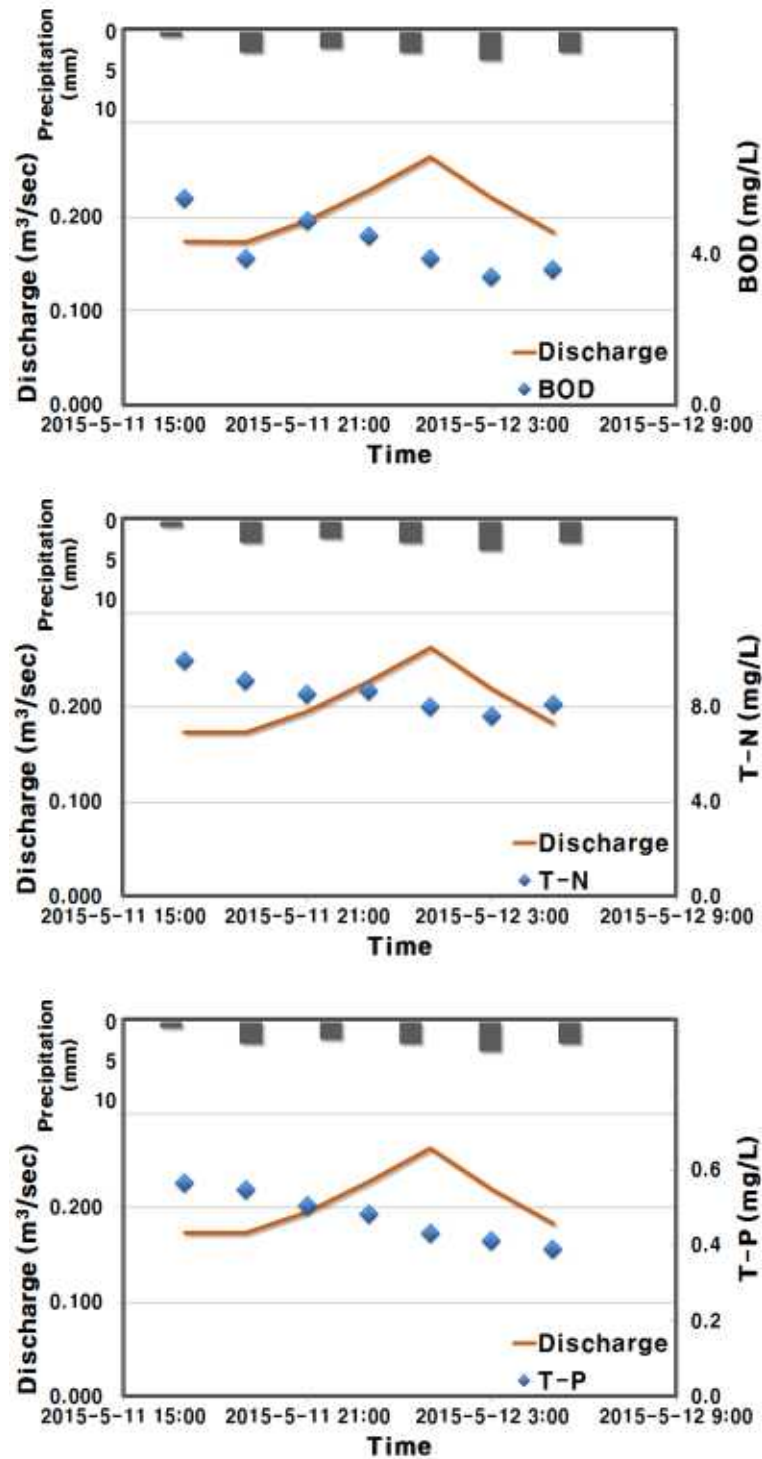
<그림 3-243> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 1차 모니터링)

<그림 3-244>은 RW- '3지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.8-6.9 mg/L, T-N은 6.035-8.135 mg/L, T-P는 0.296-0.455 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-244> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 1차 모니터링)

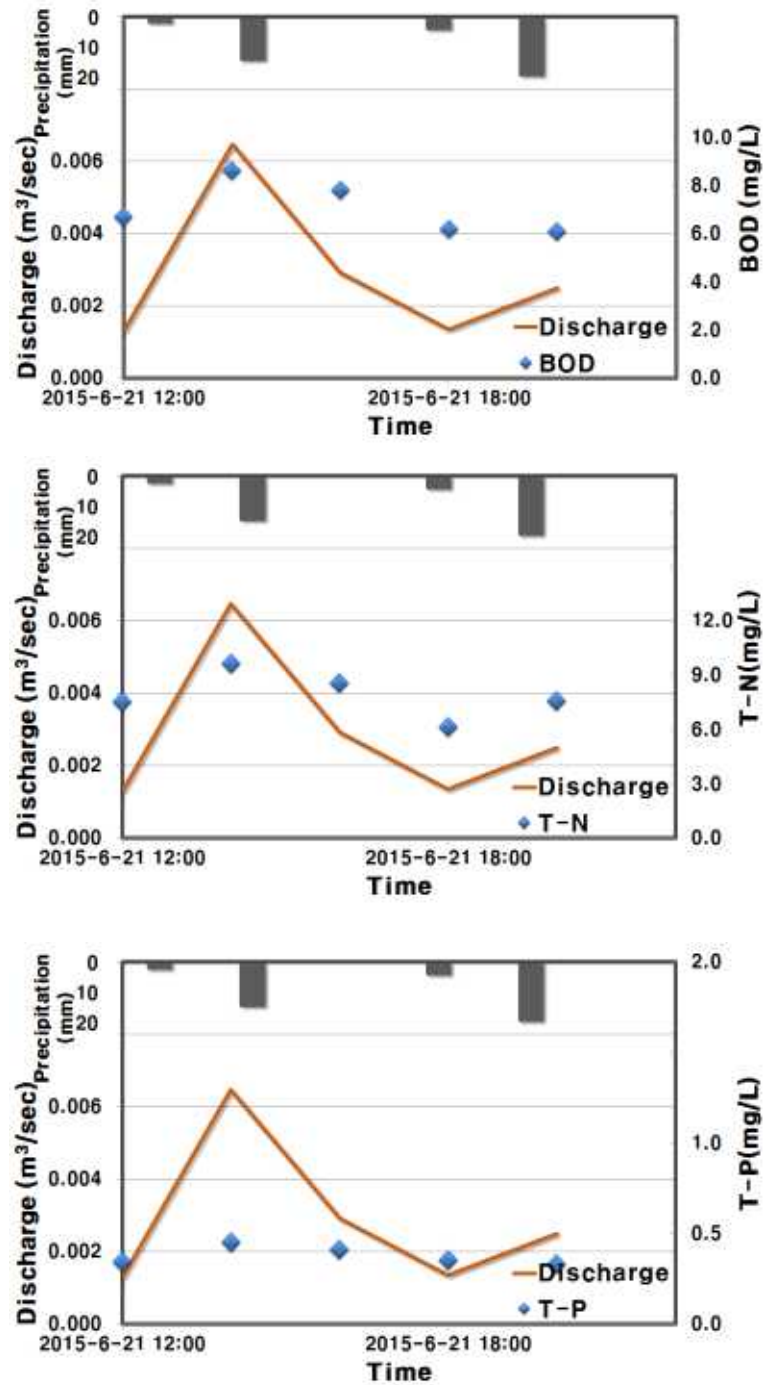
<그림 3-245>은 RW- '1지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 3.4-5.5 mg/L, T-N은 7.632-9.998 mg/L, T-P는 0.391-0.566 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-245> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 1차 모니터링)

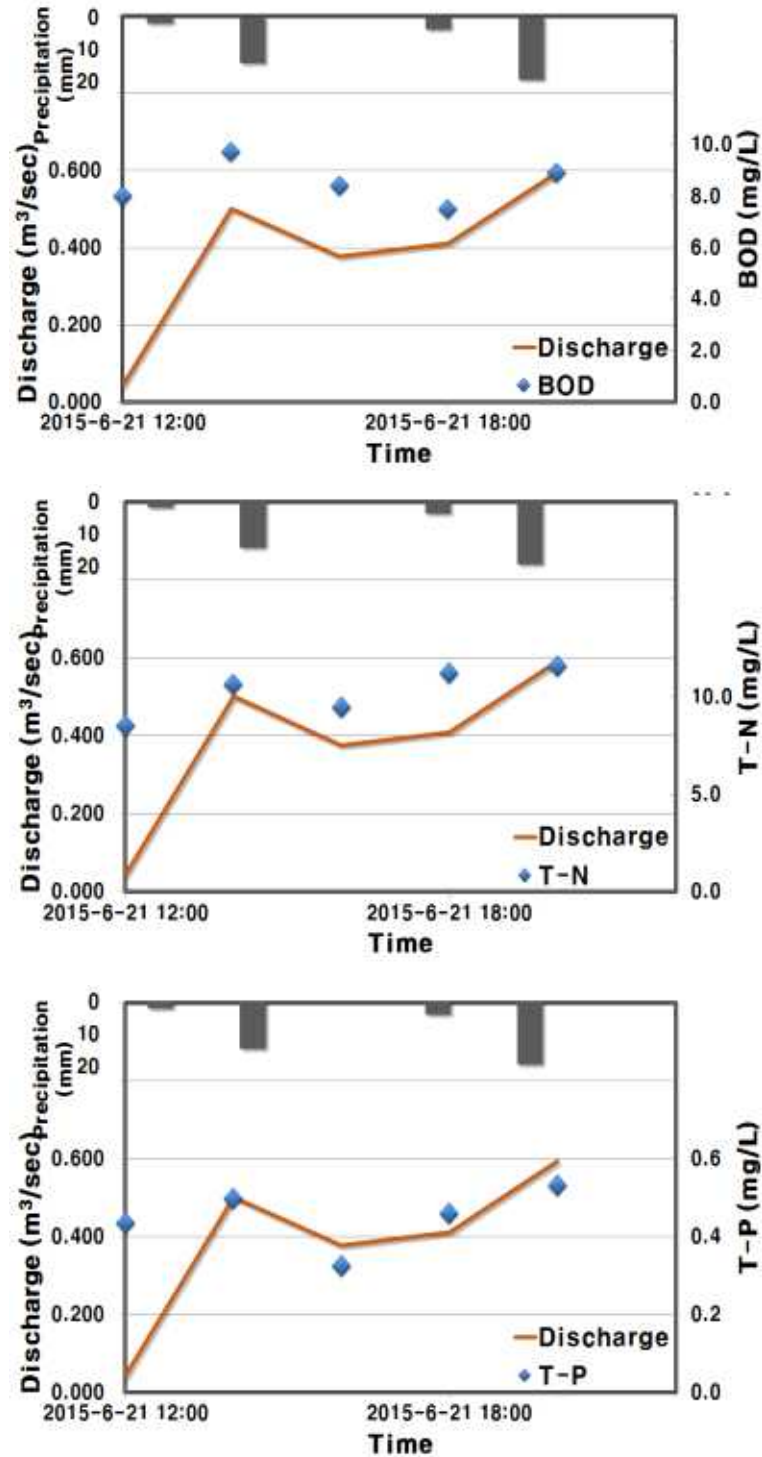
(2) 2차 모니터링 (2015년 6월 21일)

<그림 3-246>은 RW- '8지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 6.1-8.6 mg/L, T-N은 6.125-9.632 mg/L, T-P는 0.332-0.453 mg/L의 범위를 나타낸다.



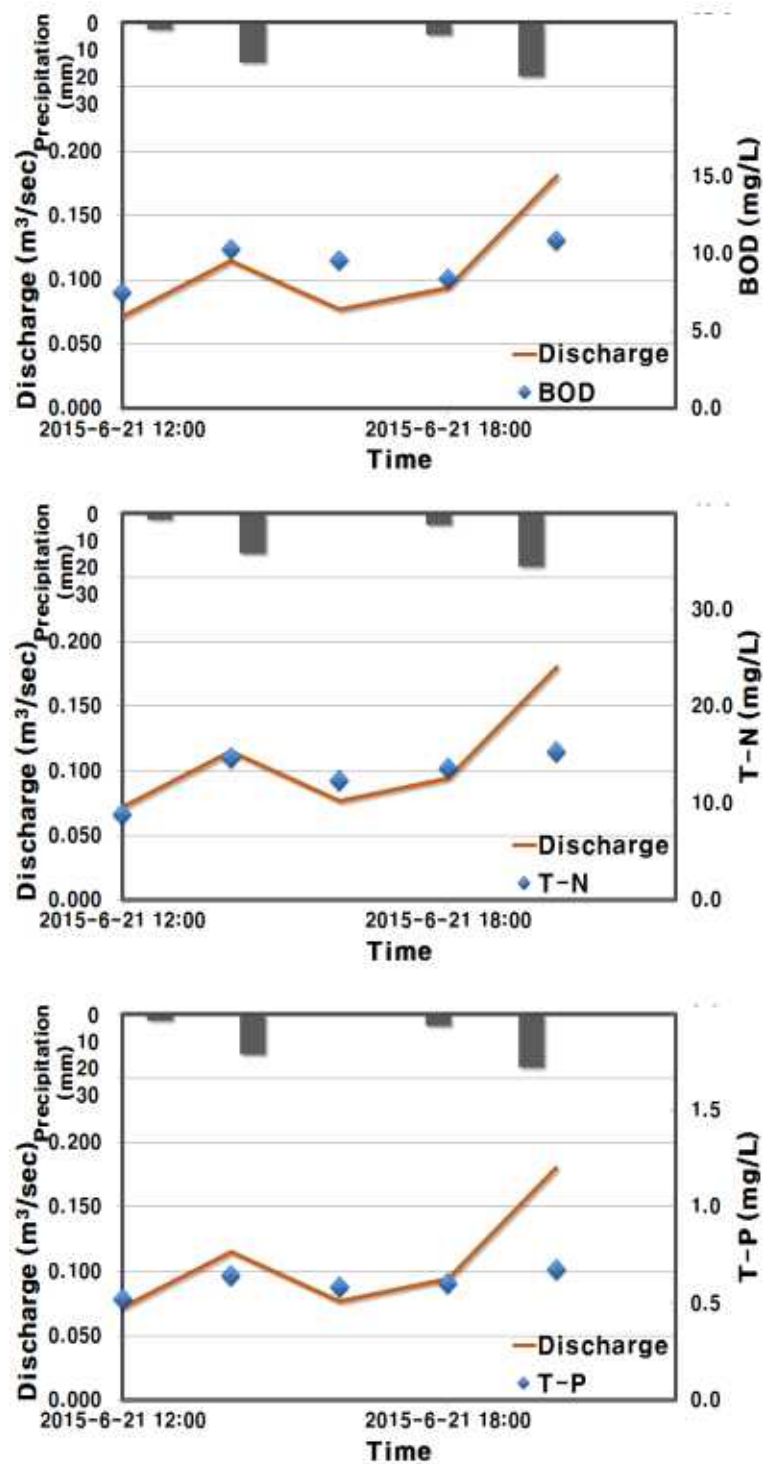
<그림 3-246> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 2차 모니터링)

<그림 3-247>은 RW- '7지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 7.5-9.7 mg/L, T-N은 8.526-11.565 mg/L, T-P는 0.324-0.532 mg/L의 범위를 나타낸다.



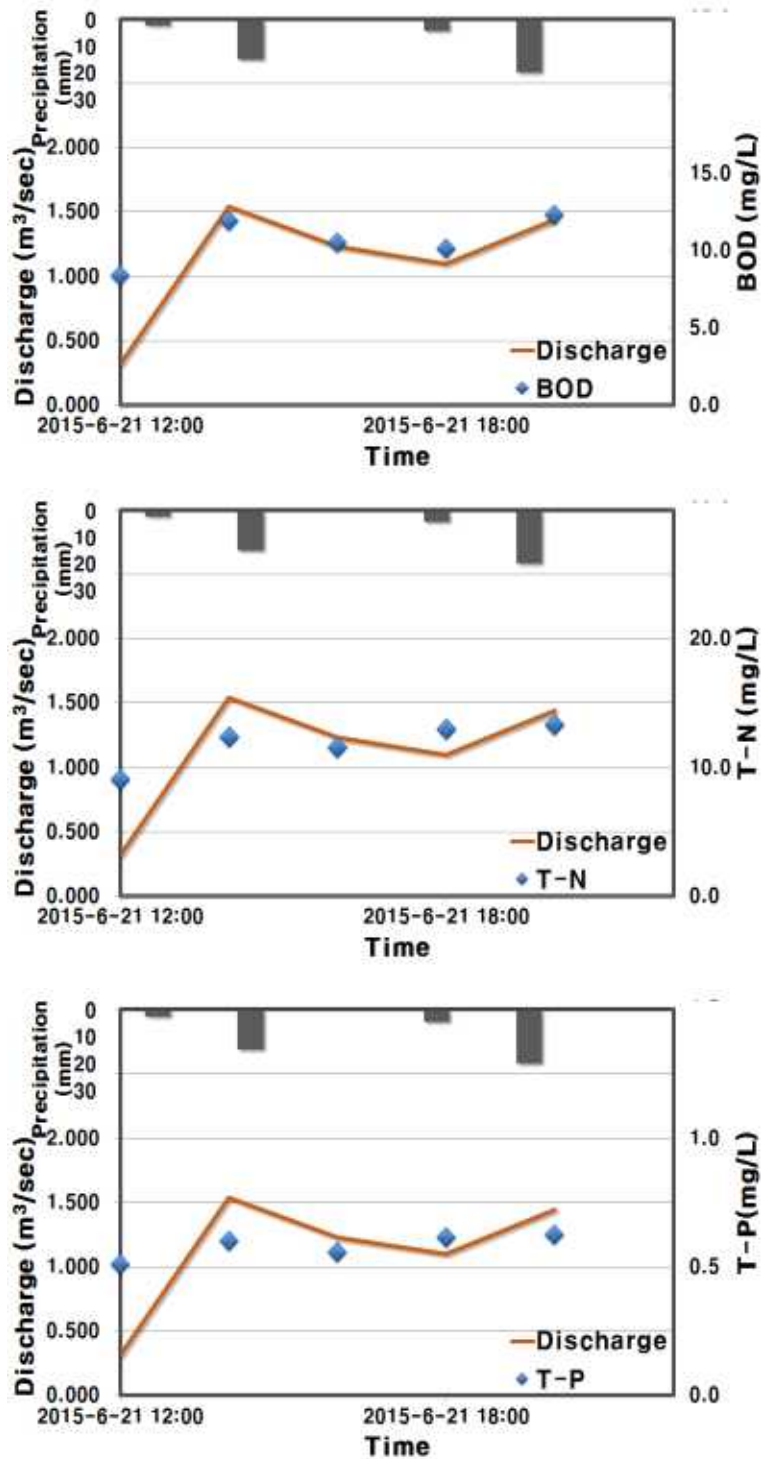
<그림 3-247> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 2차 모니터링)

<그림 3-248>은 RW- '6지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 7.5-10.9 mg/L, T-N은 8.795-15.326 mg/L, T-P는 0.523-0.674 mg/L의 범위를 나타낸다.



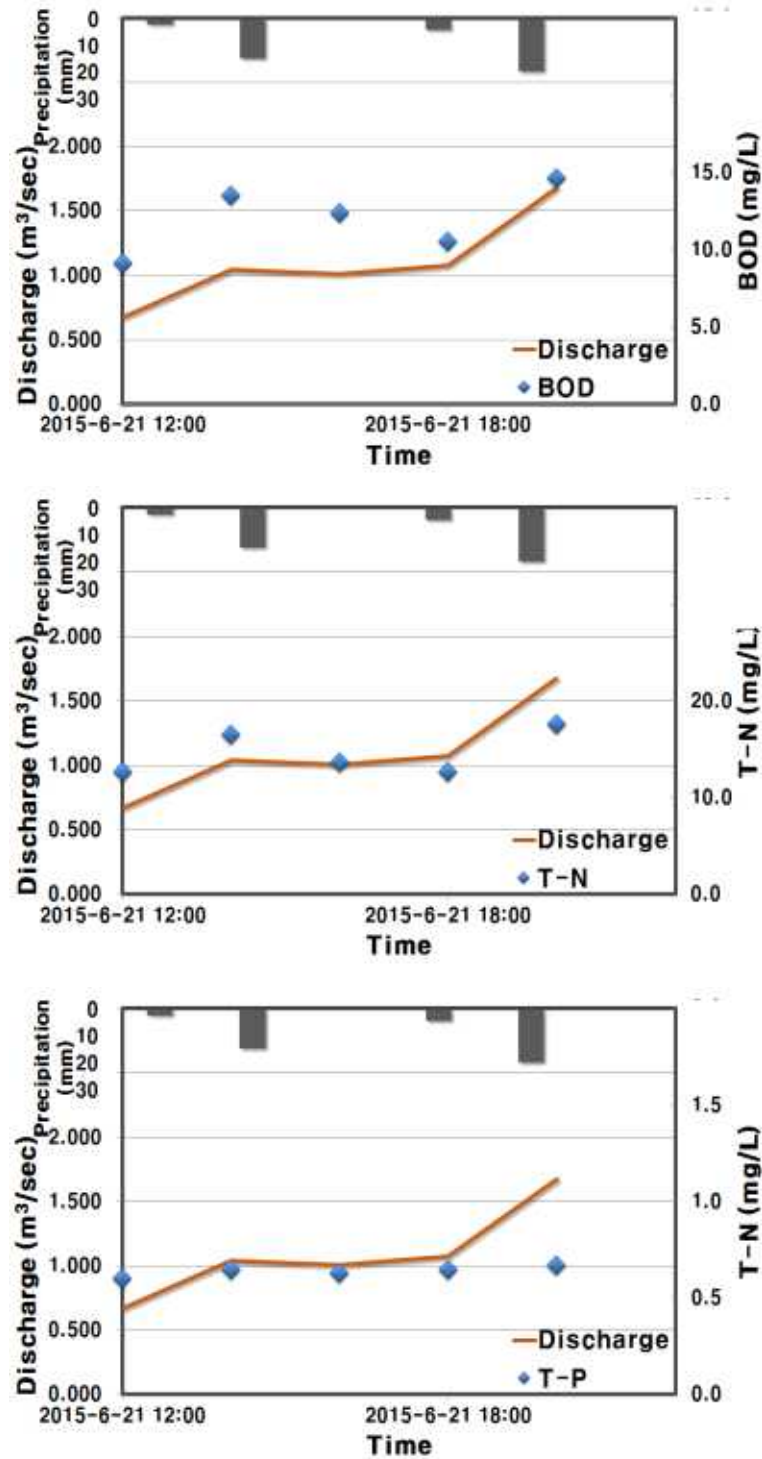
<그림 3-248> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 2차 모니터링)

<그림 3-249>은 RW- '3지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 8.4-12.3 mg/L, T-N은 9.021-13.265 mg/L, T-P는 0.513-0.627 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-249> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 2차 모니터링)

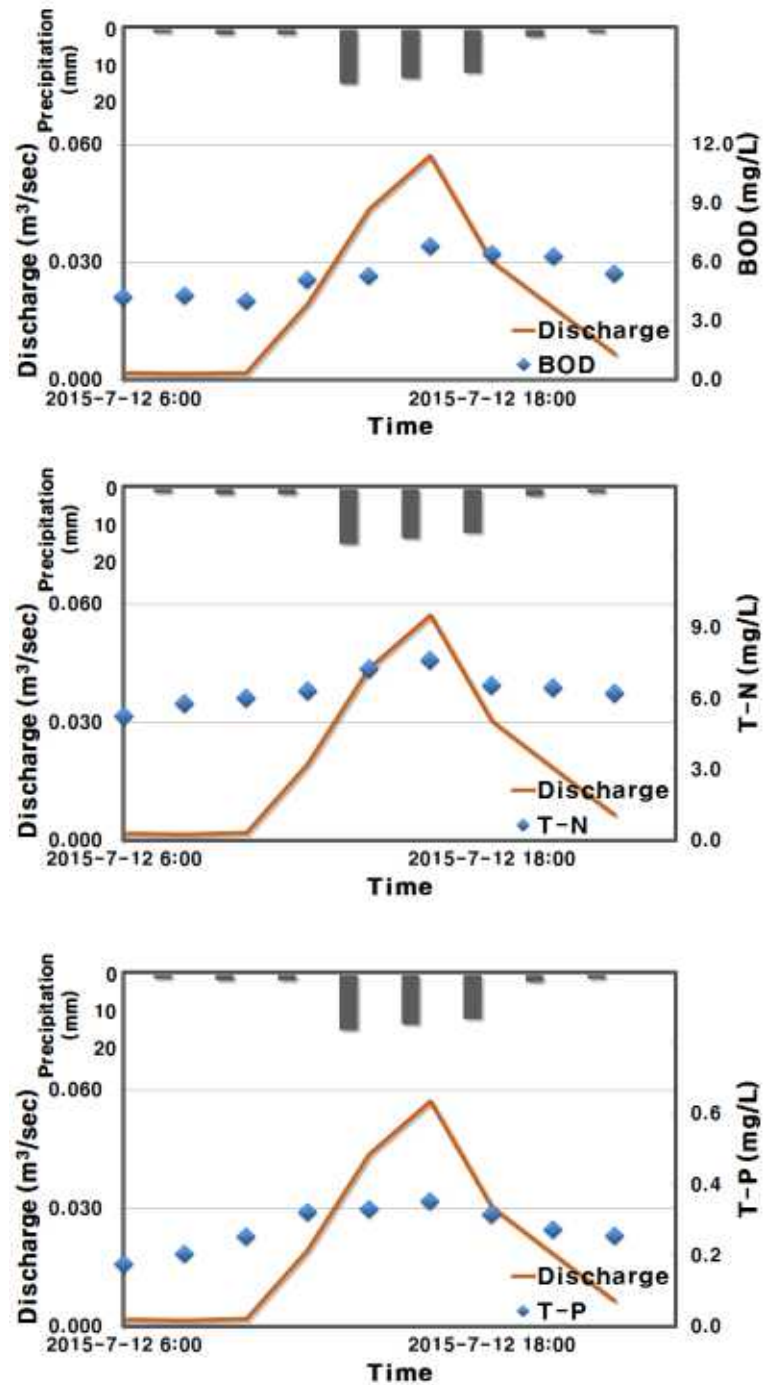
<그림 3-250>은 RW- '1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 9.1-14.6 mg/L, T-N은 12.634-17.569 mg/L, T-P는 0.603-0.669 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-250> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 2차 모니터링)

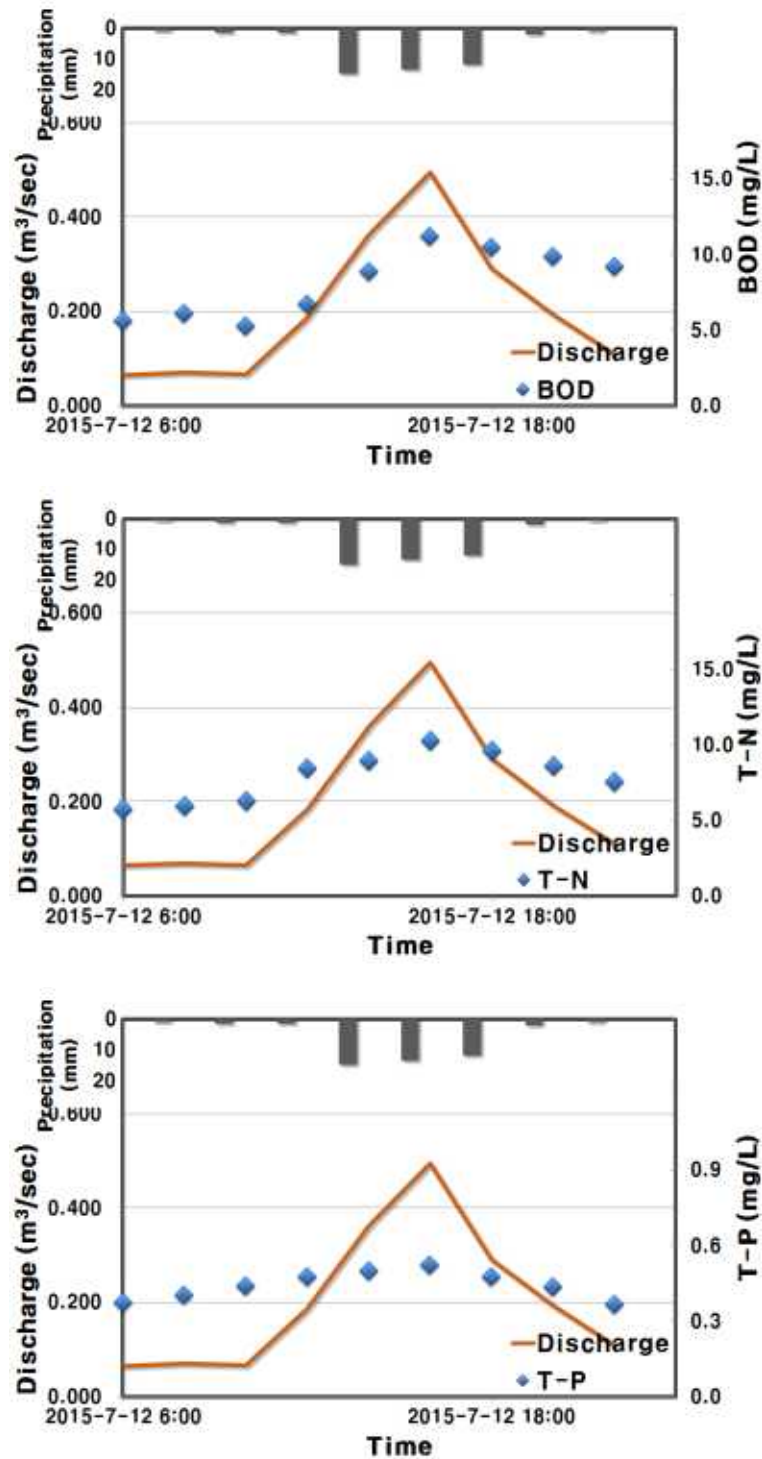
(3) 3차 모니터링 (2015년 7월 12일)

<그림 3-251>은 RW- '8지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.0-6.8 mg/L, T-N은 5.269-7.632 mg/L, T-P는 0.175-0.354 mg/L의 범위를 나타낸다.



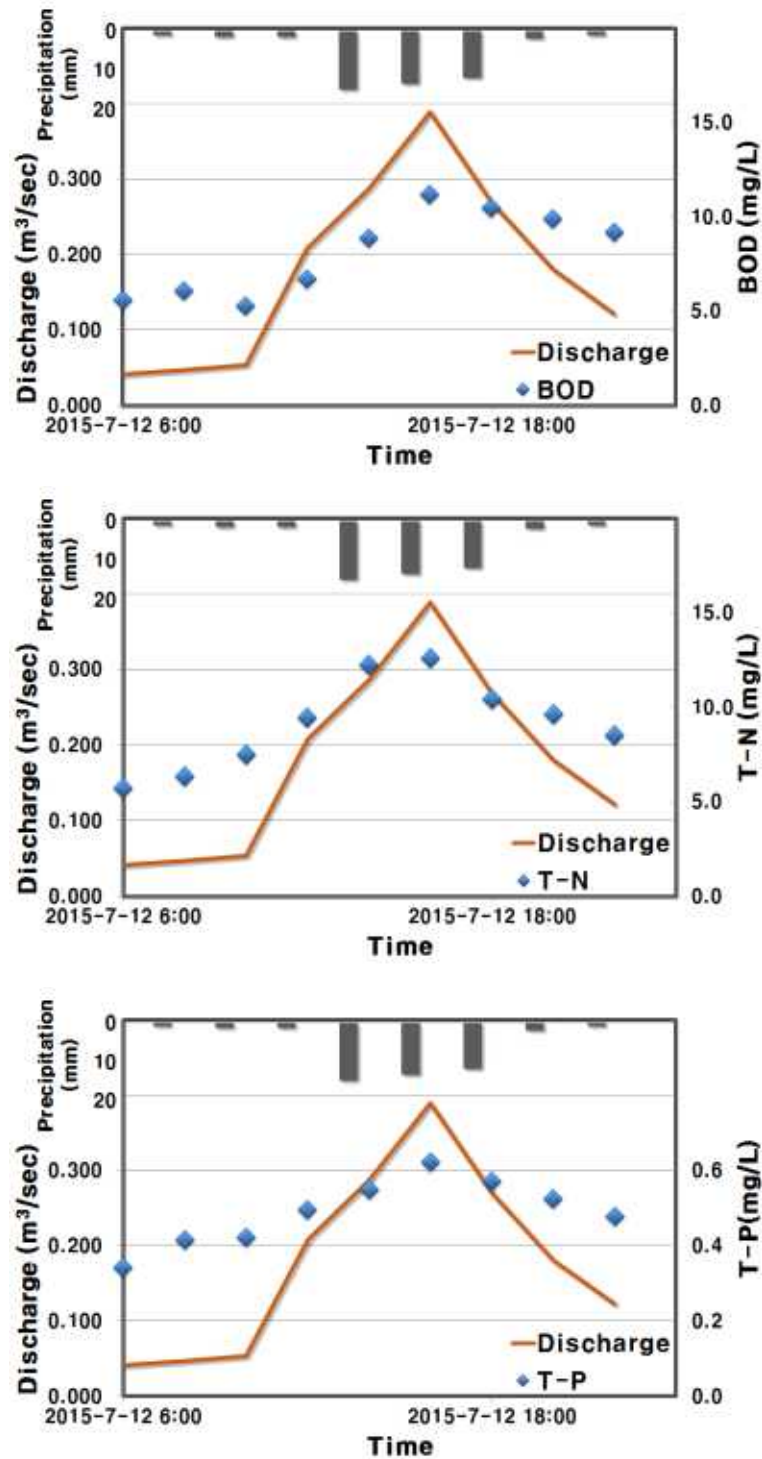
<그림 3-251> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 3차 모니터링)

<그림 3-252>은 RW- '7지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.2-9.0 mg/L, T-N은 5.741-10.325 mg/L, T-P는 0.365-0.523 mg/L의 범위를 나타낸다.



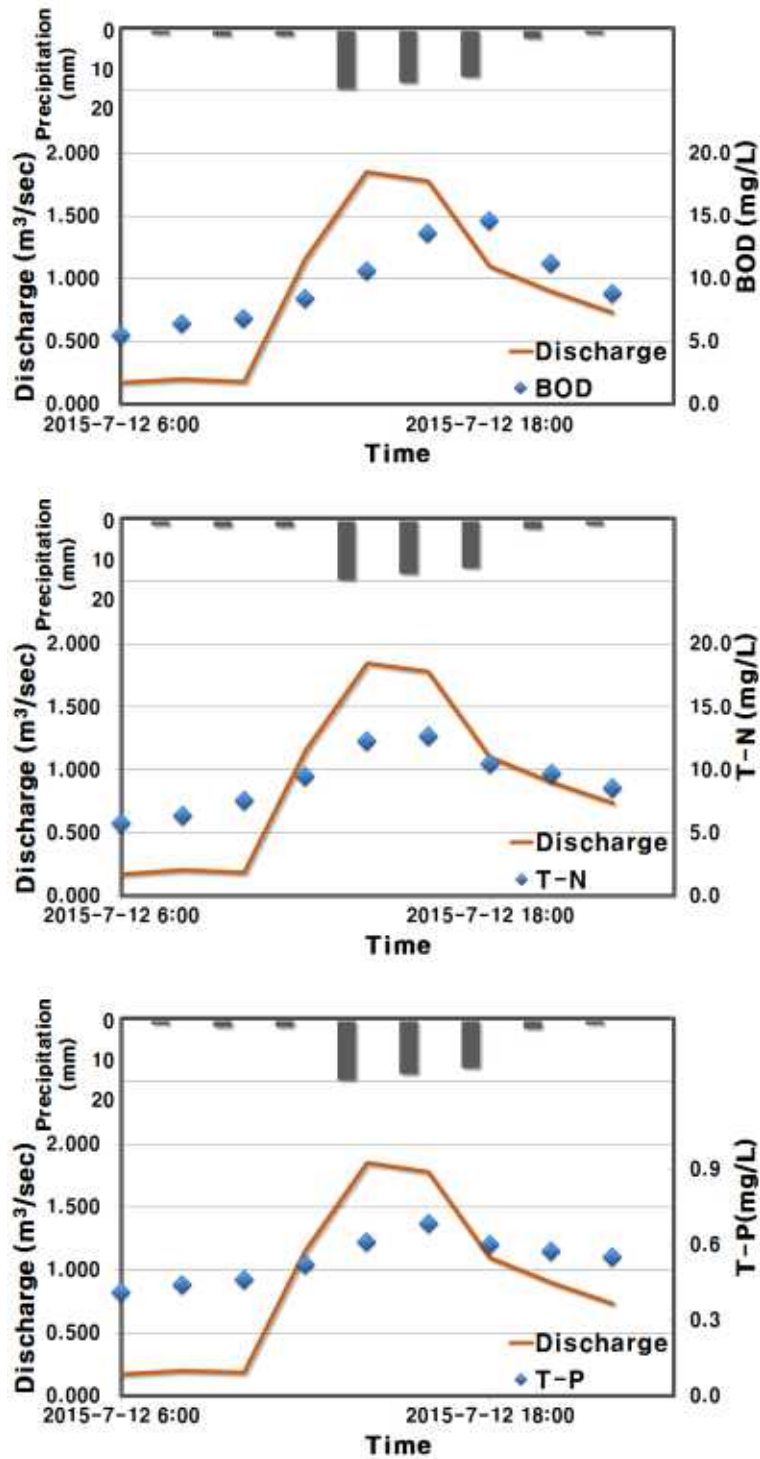
<그림 3-252> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 3차 모니터링)

<그림 3-253>은 RW- '6지점에서의 강수량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.3-11.2 mg/L, T-N은 6.482-8.632 mg/L, T-P는 0.341-0.623 mg/L의 범위를 나타낸다.



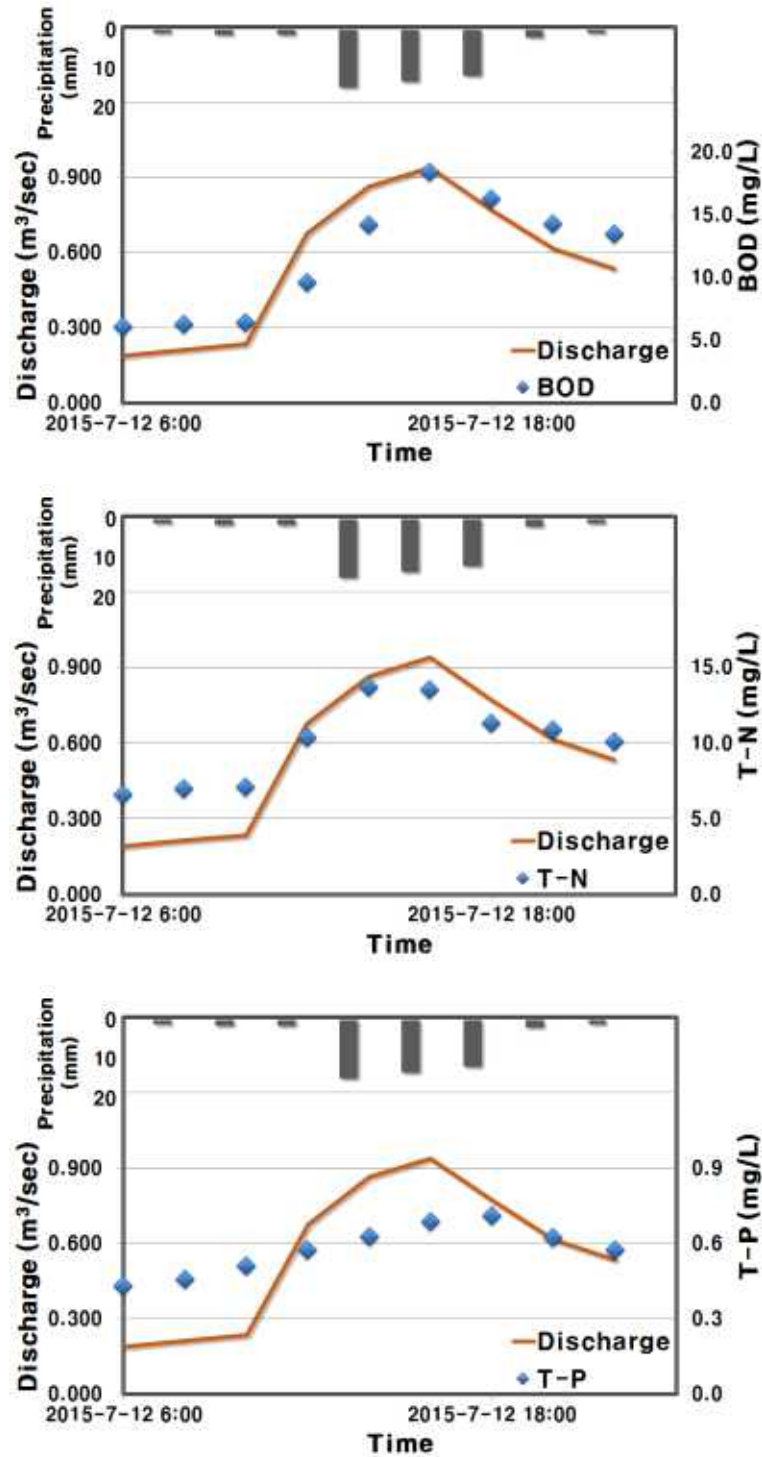
<그림 3-253> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 3차 모니터링)

<그림 3-254>은 RW- '3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.5-14.6 mg/L, T-N은 5.752-12.632 mg/L, T-P는 0.412-0.685 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-254> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 3차 모니터링)

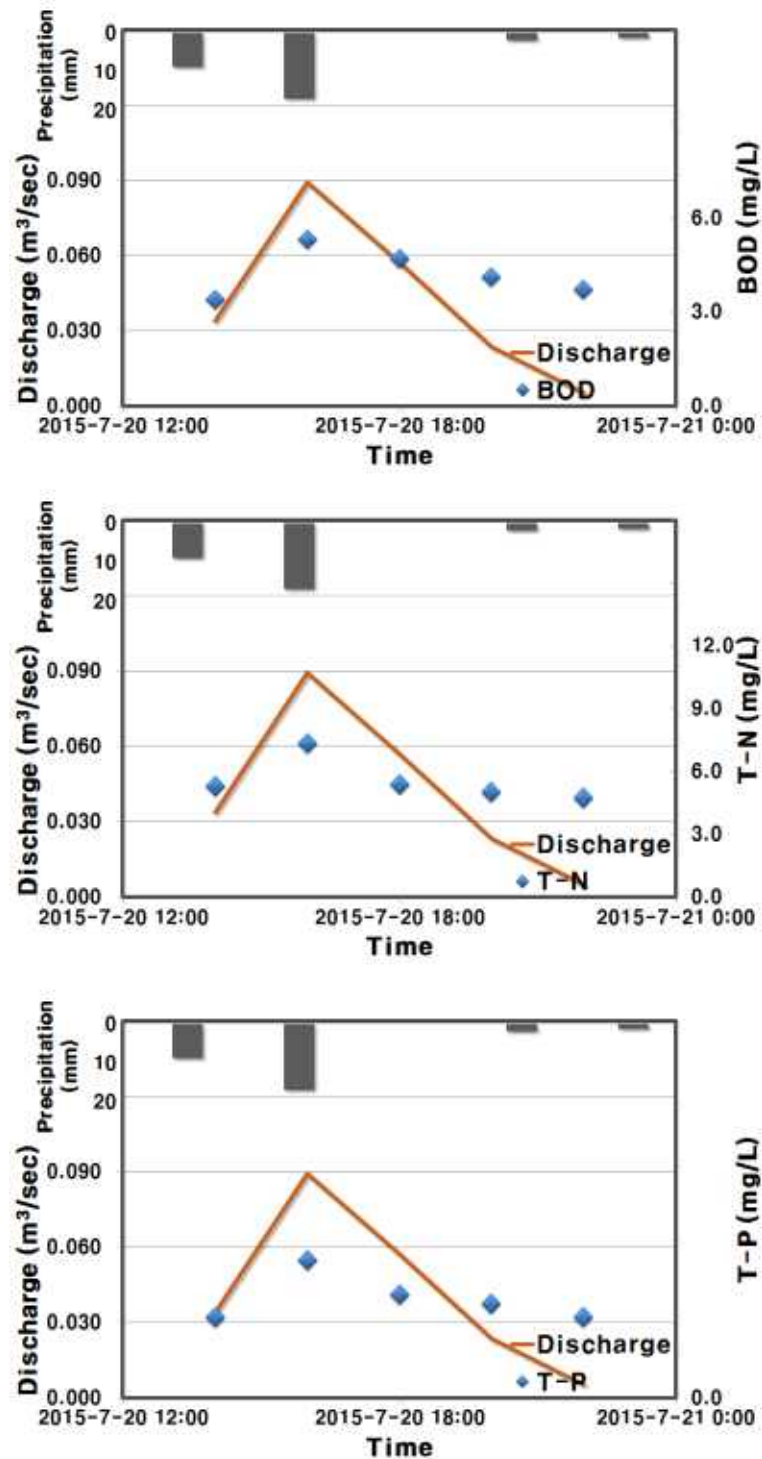
<그림 3-255>은 RW- '1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 6.1-18.4 mg/L, T-N은 6.589-13.695 mg/L, T-P는 0.433-0.711 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-255> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 3차 모니터링)

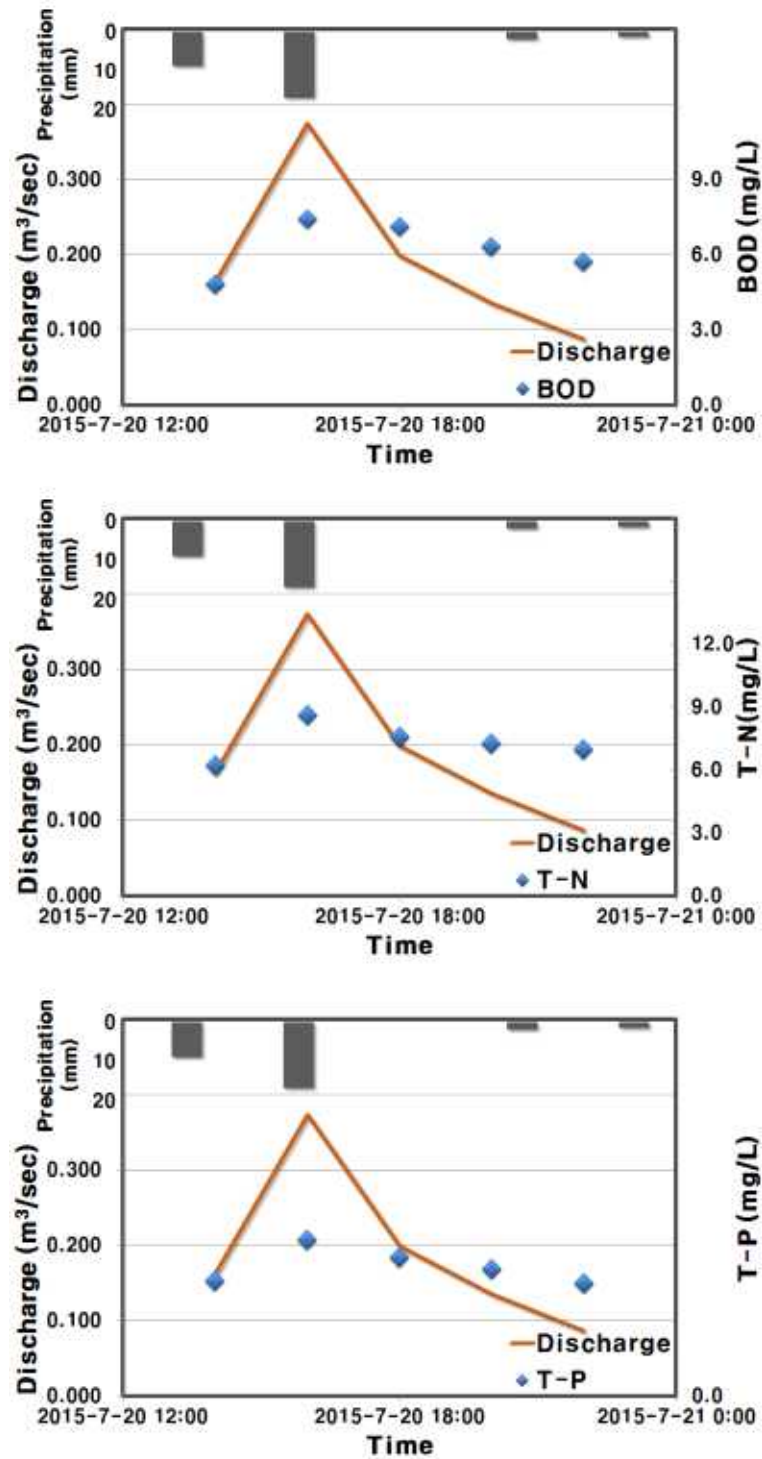
(4) 4차 모니터링 (2015년 7월 20일)

<그림 3-256>은 RW- '8지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 3.4-5.3 mg/L, T-N은 4.741-7.326 mg/L, T-P는 0.321-0.547 mg/L의 범위를 나타낸다.



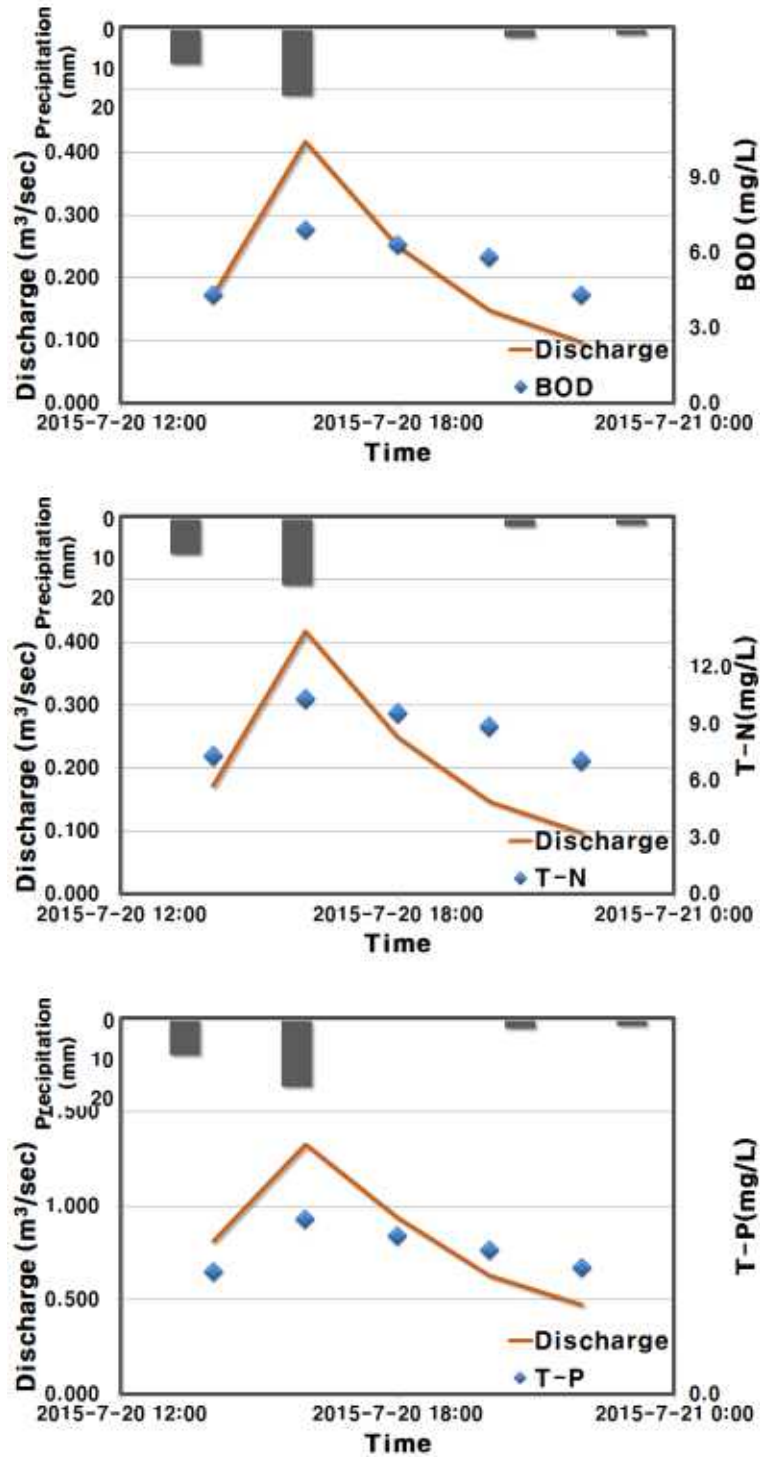
<그림 3-256> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 4차 모니터링)

<그림 3-257>은 RW- '7지점에서 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.8-7.4 mg/L, T-N은 6.239-8.639 mg/L, T-P는 0.449-0.623 mg/L의 범위를 나타낸다.



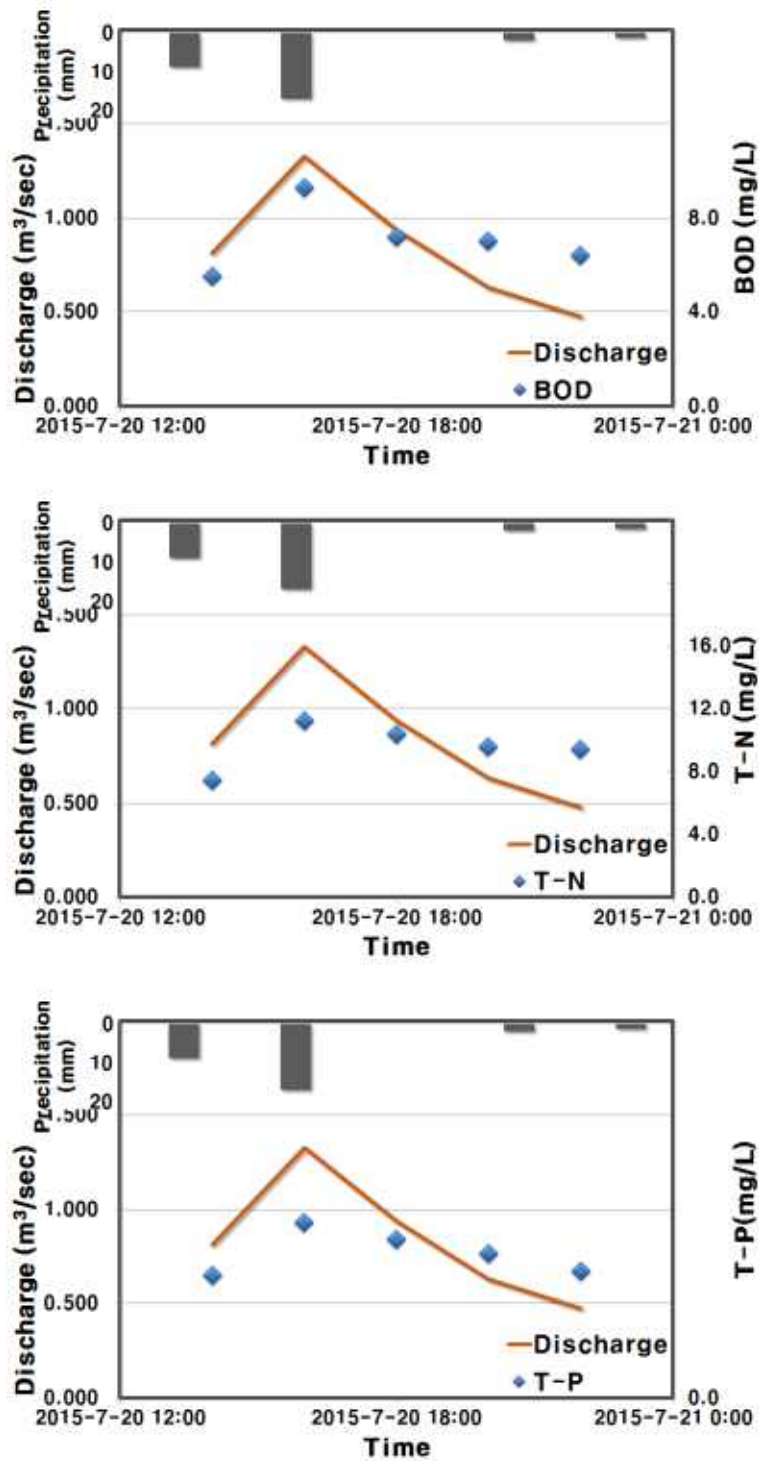
<그림 3-257> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 4차 모니터링)

<그림 3-258>은 RW- '6지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.3-6.9 mg/L, T-N은 7.032-10.325 mg/L, T-P는 0.511-0.741 mg/L의 범위를 나타낸다.



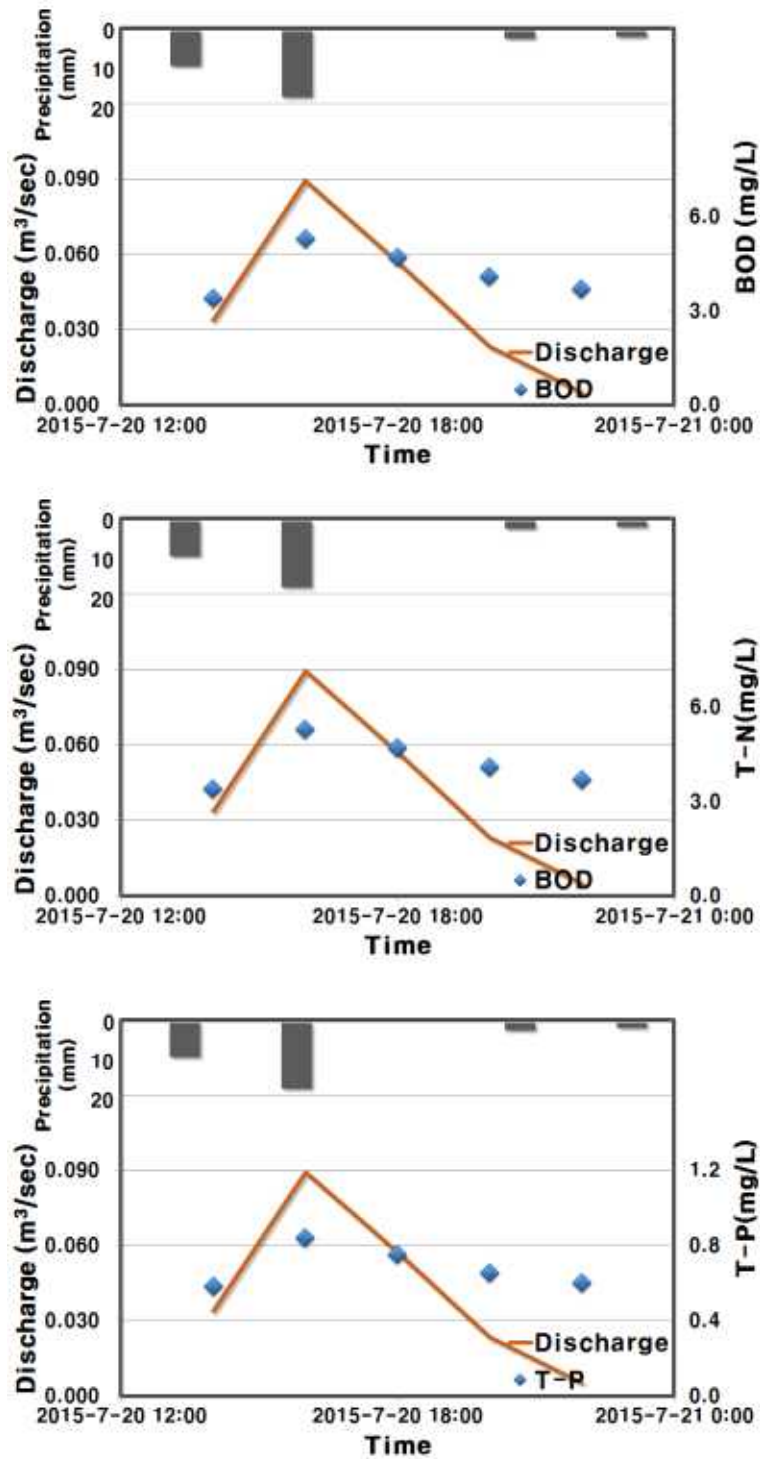
<그림 3-258> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 4차 모니터링)

<그림 3-259>은 RW- '3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.1-8.4 mg/L, T-N은 6.524-9.526 mg/L, T-P는 0.487-0.698 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-259> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 4차 모니터링)

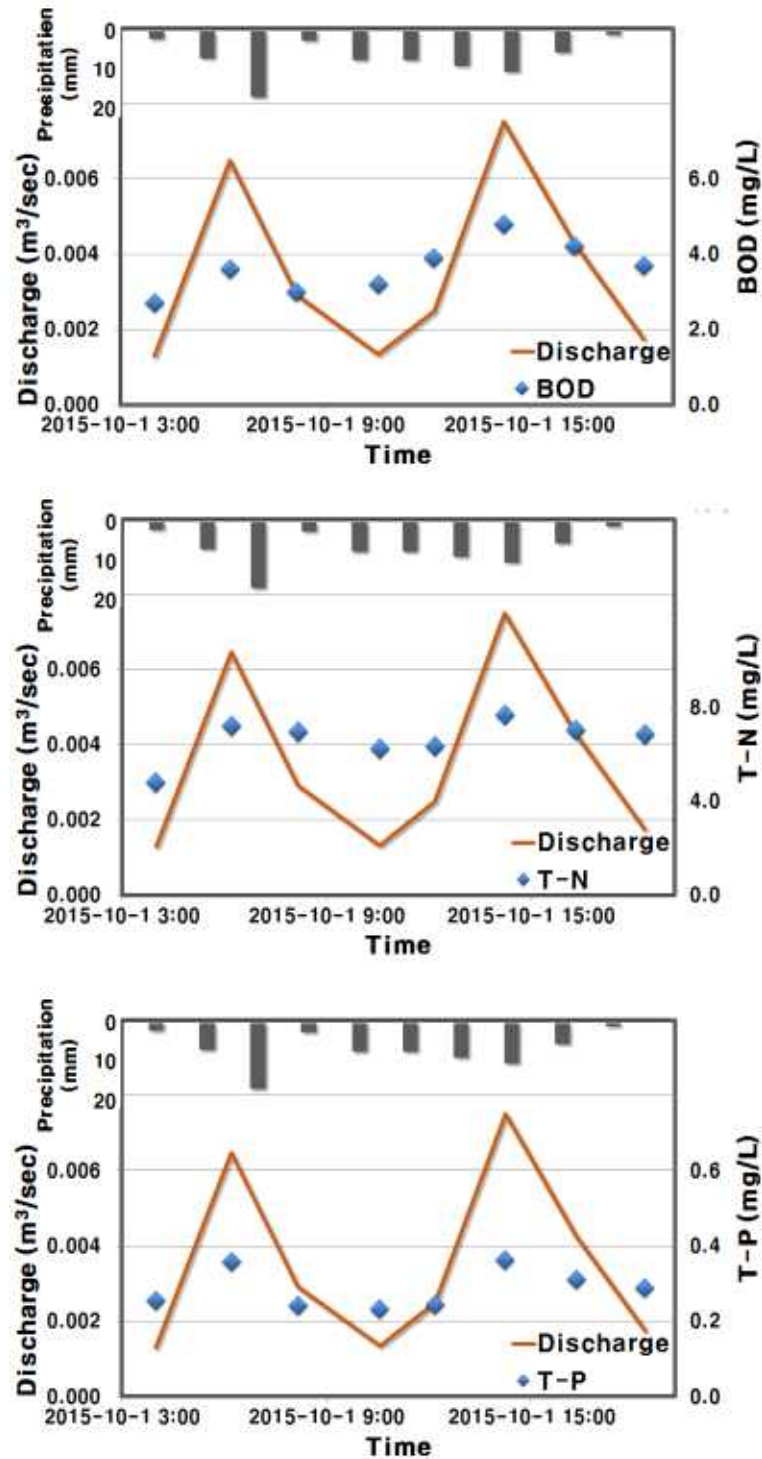
<그림 3-260>은 RW- '1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.5-9.3 mg/L, T-N은 7.425-11.256 mg/L, T-P는 0.581-0.842 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-260> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 4차 모니터링)

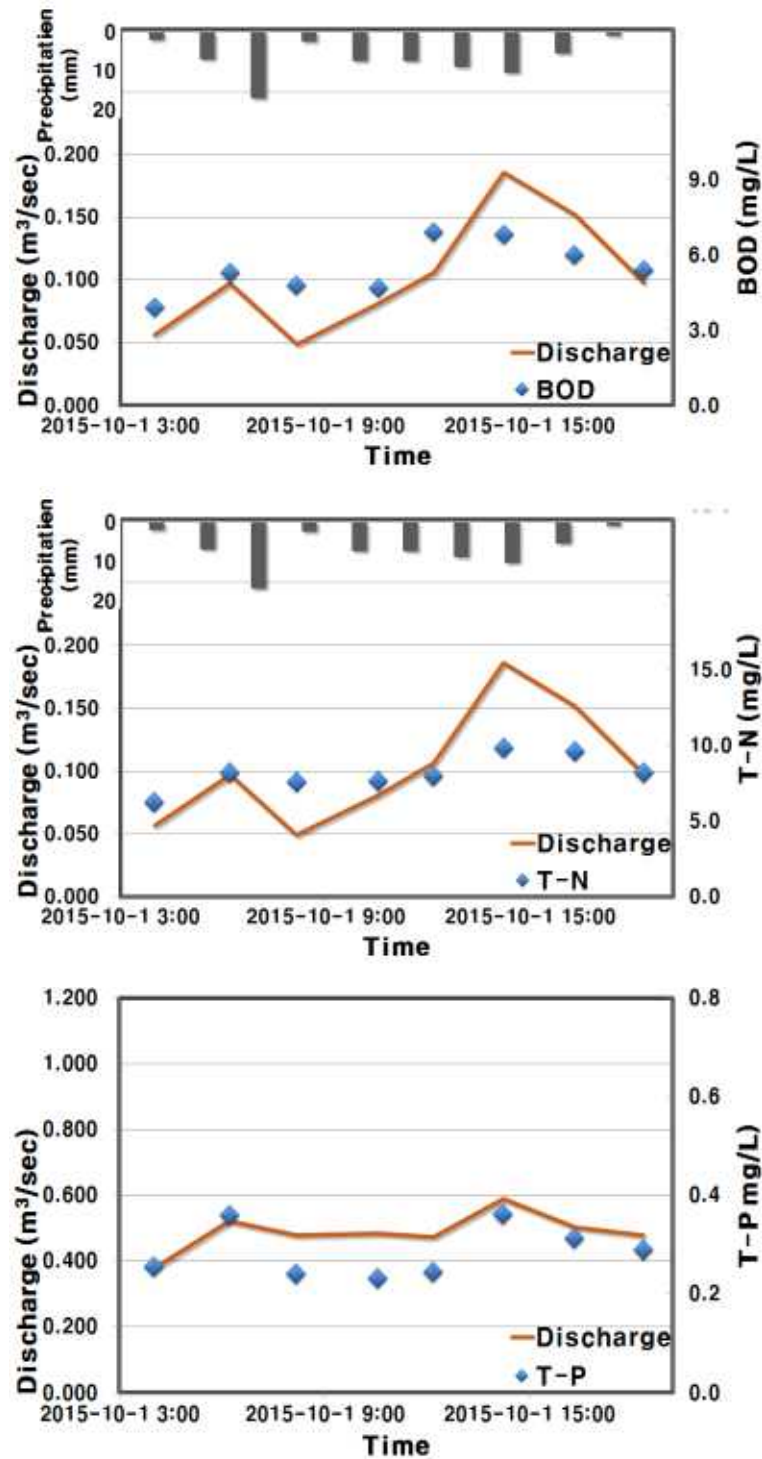
(5) 5차 모니터링 (2015년 10월 01일)

<그림 3-261>은 RW- '8지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 2.7-4.8 mg/L, T-N은 4.795-7.695 mg/L, T-P는 0.232-0.362 mg/L의 범위를 나타낸다.



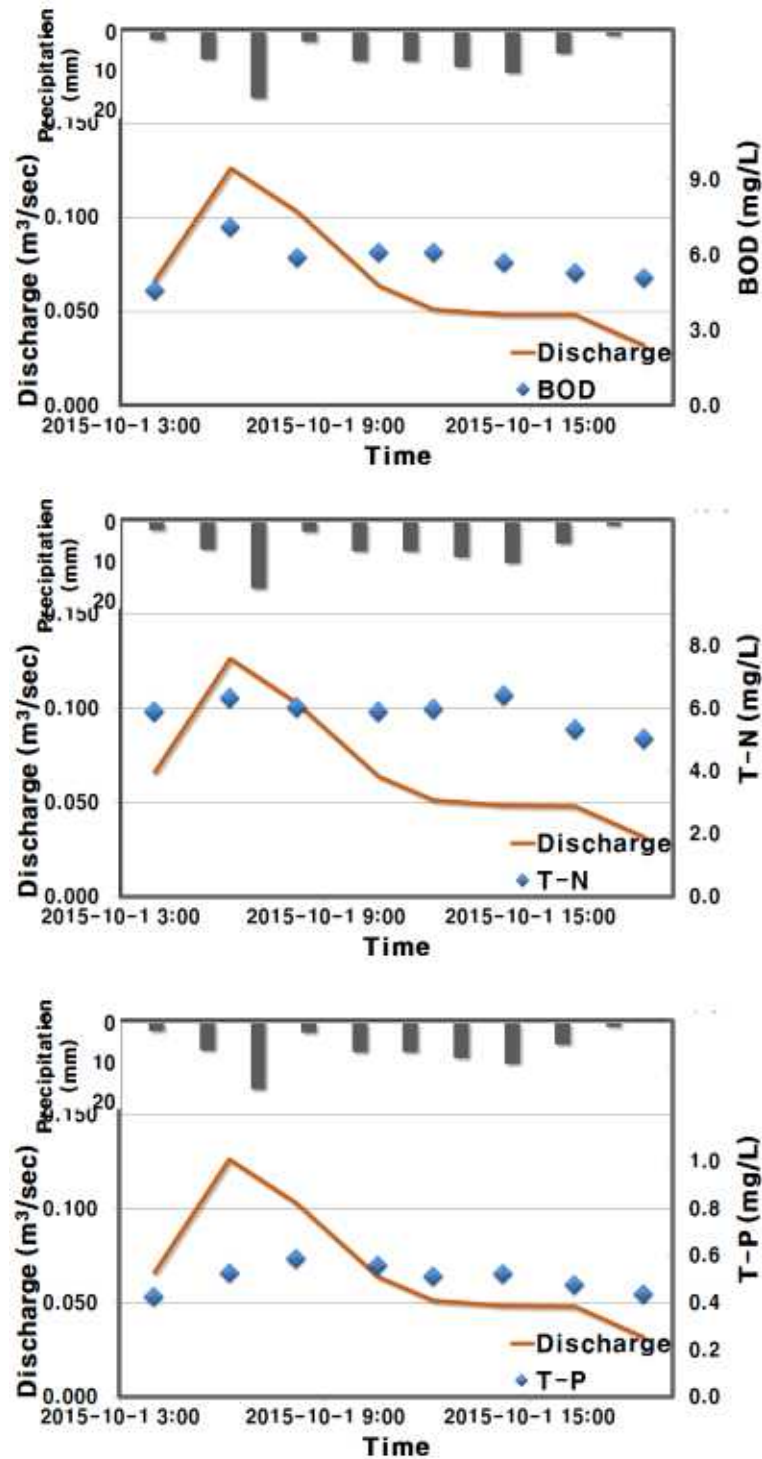
<그림 3-261> 정밀 모니터링 결과 (RW-'8, 5차 모니터링)

<그림 3-262>은 RW- '7지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 3.9-6.9 mg/L, T-N은 6.235-9.845 mg/L, T-P는 0.378-0.589 mg/L의 범위를 나타낸다.



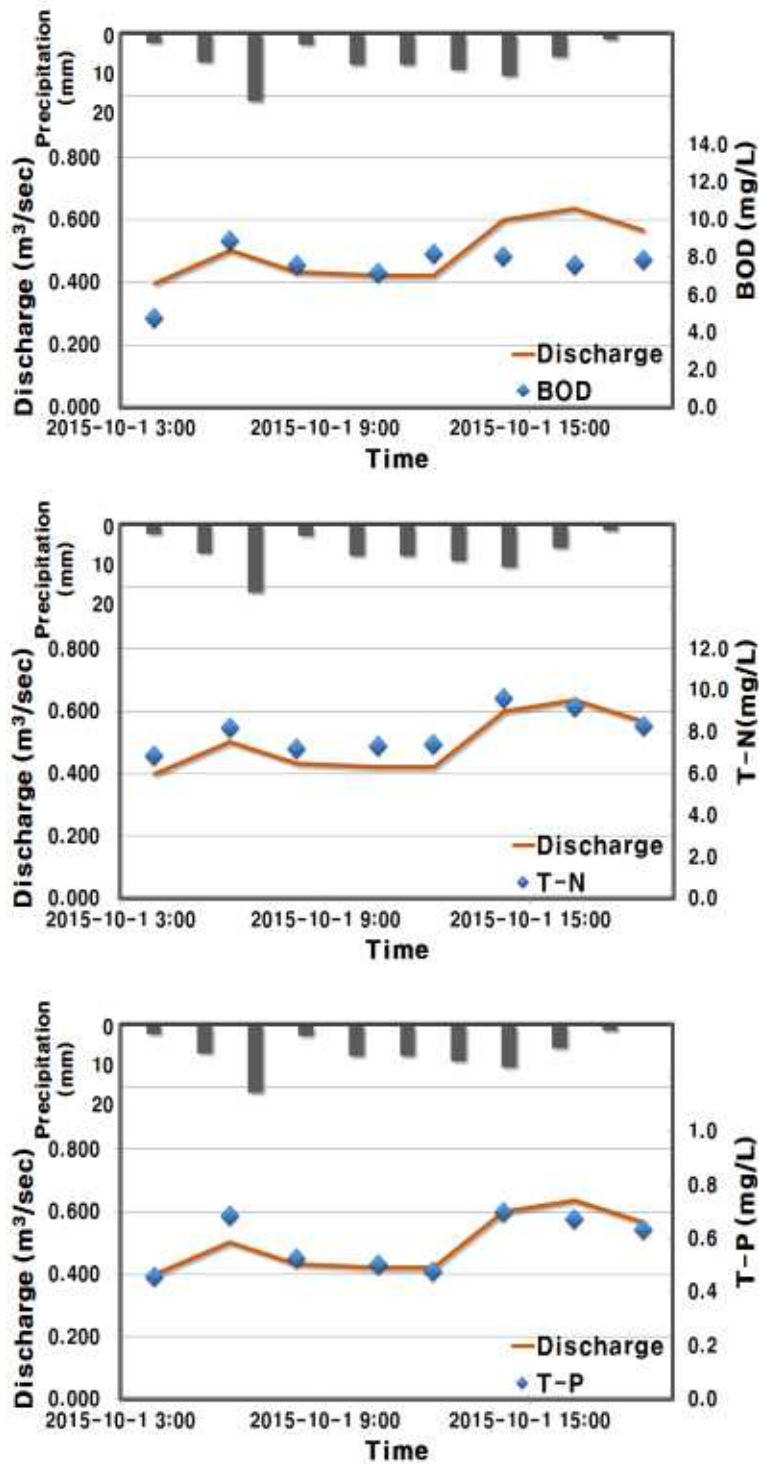
<그림 3-262> 정밀 모니터링 결과 (RW-'7, 5차 모니터링)

<그림 3-263>은 RW- '6지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.6-7.1 mg/L, T-N은 5.032-6.412 mg/L, T-P는 0.426-0.587 mg/L의 범위를 나타낸다.



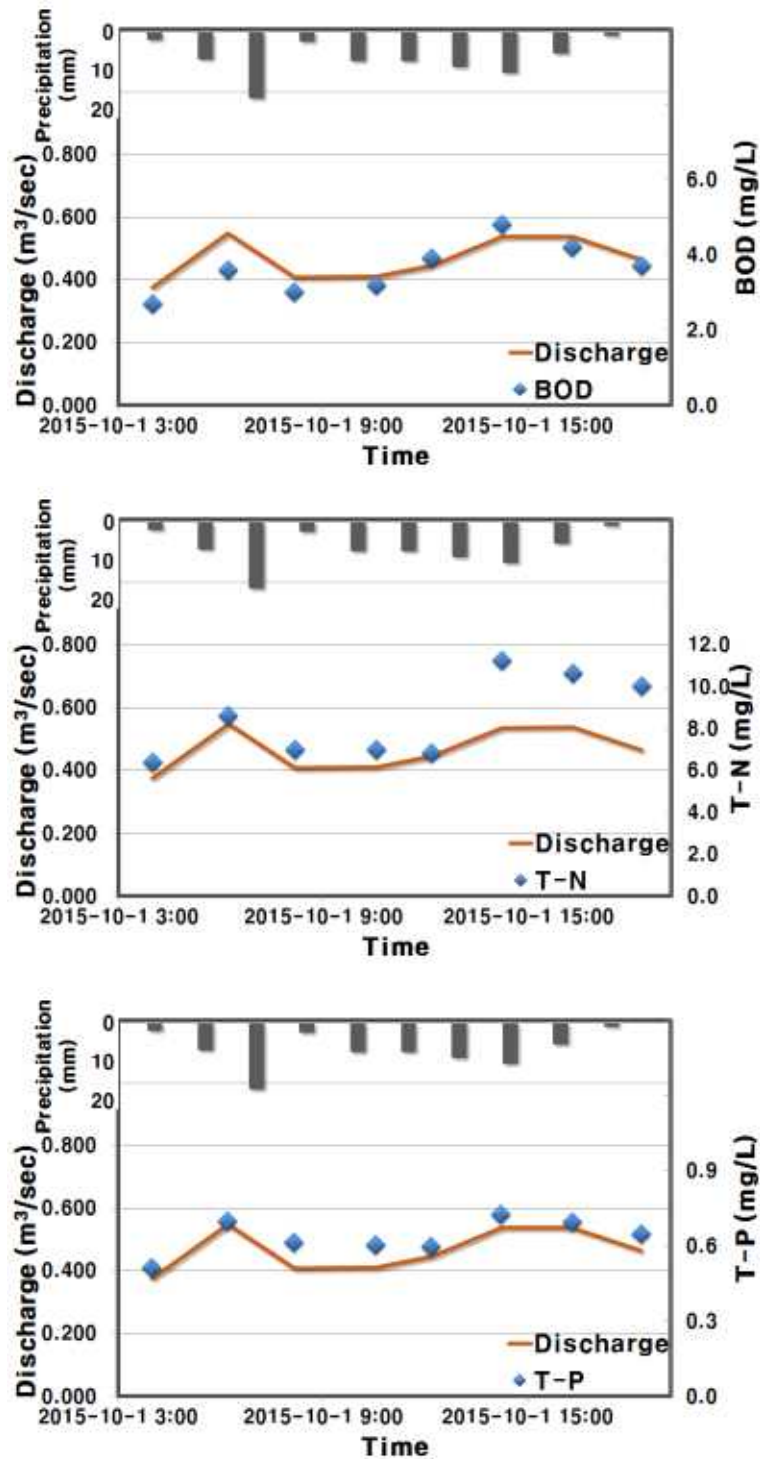
<그림 3-263> 정밀 모니터링 결과 (RW-'6, 5차 모니터링)

<그림 3-264>은 RW- '3지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 4.8-8.9 mg/L, T-N은 6.895-9.632 mg/L, T-P는 0.459-0.698 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-264> 정밀 모니터링 결과 (RW-'3, 5차 모니터링)

<그림 3-265>은 RW- '1지점에서의 강우량, 유량, BOD, T-N, T-P의 농도를 나타낸 것이다. BOD는 5.2-9.6 mg/L, T-N은 6.389-11.256 mg/L, T-P는 0.512-0.725 mg/L의 범위를 나타낸다.



<그림 3-265> 정밀 모니터링 결과 (RW-'1, 5차 모니터링)

4. 모니터링 결과 해석

가. 모니터링 종합 결과

(1) 수질 분석

(가) 정기 모니터링

수질농도 평균값을 살펴보면, BOD, T-N, T-P 의 경우 모두 상류지점인 RW- '8에서 RW- '1로 가면서 점점 감소하는 경향을 보였다. 특히 축산농가가 위치한 RW- '7 지점과 가축분뇨처리장이 위치한 RW- '4지점에서 농도가 높아지는 것을 확인 할 수 있었다. BOD, T-N, T-P가 RW- '7에서 증가하는 것은 RW- '7로 오기 직전에 있는 축사와 논, 밭의 복합적인 영향으로 사료된다. 또한 축사에 의한 하천 수질 영향을 평가하기 위하여, 축사 전에 위치한 RW- '8과 축사의 통과 후의 RW- '2의 수질 농도를 비교하였으며, RW- '8에 비해 RW- '7의 수질 농도가 급증하는 것으로 나타나, 축사에 의한 수질 농도의 변화가 큰 것으로 나타났다.

RW- '1에서 SS 24.8 ~ 44.9 mg/L, BOD 3.3 ~ 5.8 mg/L, COD 8.0 ~ 10.8 mg/L, T-N 5.021 ~ 8.526 mg/L, T-P 0.184 ~ 0.319 mg/L, NO₃-N 3.793 ~ 6.075 mg/L, NH₄-N 1.245 ~ 2.115 mg/L, PO₄-P 0.016 ~ 0.029 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 32.733±6.671 mg/L, BOD 4.3±0.7026 mg/L, COD 9.978±0.956 mg/L, T-N 6.281±1.017 mg/L, T-P 0.245±0.043 mg/L, NO₃-N 4.5±0.694 mg/L, NH₄-N 1.6±0.253 mg/L, PO₄-P 0.022±0.004 mg/L로 나타났다.

RW- '2에서 SS 27.6 ~ 53.9 mg/L, BOD 6.2 ~ 9.6 mg/L, COD 8.4 ~ 15.0 mg/L, T-N 8.521 ~ 14.396 mg/L, T-P 0.288 ~ 0.425 mg/L, NO₃-N 6.075 ~ 10.258 mg/L, NH₄-N 2.114 ~ 3.571 mg/L, PO₄-P 0.024 ~ 0.039 mg/L로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 41.233±8.150 mg/L, BOD 7.656±1.033 mg/L, COD 12.133±2.074 mg/L, T-N 10.533±1.793 mg/L, T-P 0.352±0.051 mg/L, NO₃-N 7.546±1.231 mg/L, NH₄-N 2.613±0.445 mg/L, PO₄-P 0.032±0.005 mg/L로 나타났다.

RW- '3에서 SS 18.0 ~ 37.4 mg/L, BOD 4.1 ~ 7.4 mg/L, COD 7.6 ~ 13.80 mg/L, T-N 8.039 ~ 12.639 mg/L, T-P 0.201 ~ 0.333 mg/L, NO₃-N 5.728 ~ 9.006 mg/L, NH₄-N 1.994 ~ 3.135 mg/L, PO₄-P 0.018 ~ 0.031 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 28.0±5.661 mg/L, BOD 5.80±0.923 mg/L, COD 10.233±1.859mg/L, T-N 9.636±1.353 mg/L, T-P 0.264±0.045 mg/L, NO₃-N 6.911±0.967 mg/L, NH₄-N 2.390±0.336 mg/L, PO₄-P 0.024±0.004 mg/L로 나타났다.

RW- '4에서 SS 17.0 ~ 32.5 mg/L, BOD 2.4 ~ 6.3 mg/L, COD 5.6 ~ 13.4 mg/L, T-N 6.077 ~ 8.364 mg/L, T-P 0.251 ~ 0.381 mg/L, NO₃-N 4.589 ~ 5.960 mg/L, NH₄-N 1.507 ~ 2.075 mg/L, PO₄-P 0.023 ~ 0.035 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 26.111±4.691 mg/L, BOD 4.667±1.236 mg/L, COD 9.189±2.188 mg/L, T-N 7.175±0.761 mg/L, T-P 0.308±0.046 mg/L, NO₃-N 5.141±0.501 mg/L, NH₄-N 1.780±0.189 mg/L, PO₄-P 0.028±0.005 mg/L로 나타났다.

RW- '5에서 SS 12.0 ~ 28.4 mg/L, BOD 4.189 ~ 1.156 mg/L, COD 8.044 ~ 1.984 mg/L, T-N 5.963 ~ 8.697 mg/L, T-P 0.212 ~ 0.379 mg/L, NO₃-N 4.249 ~ 6.197 mg/L, NH₄-N 1.479 ~ 2.157 mg/L, PO₄-P 0.018 ~ 0.035 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 21.589±4.839 mg/L, BOD 4.189±1.156 mg/L, COD 5.0±1.6 mg/L, T-N 7.6354±0.999 mg/L, T-P 0.284±0.055 mg/L, NO₃-N 5.271±0.685 mg/L, NH₄-N 1.824±0.247 mg/L, PO₄-P 0.026±0.005 mg/L로 나타났다.

RW- '6에서 SS 12.5 ~ 30.2 mg/L, BOD 1.1 ~ 4.7 mg/L, COD 4.6 ~ 10.6 mg/L, T-N 6.251 ~ 8.885 mg/L, T-P 0.195 ~ 0.312 mg/L, NO₃-N 4.722 ~ 6.331 mg/L, NH₄-N 1.558 ~ 2.204 mg/L, PO₄-P 0.017 ~ 0.029 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 20.9±5.166 mg/L, BOD 3.433±1.026 mg/L, COD 7.178±1.669 mg/L, T-N 7.676±0.877 mg/L, T-P 0.246±0.047 mg/L, NO₃-N 5.499±0.575 mg/L, NH₄-N 1.905±0.216 mg/L, PO₄-P 0.022±0.005 mg/L로 나타났다.

RW- '7에서 SS 14.3 ~ 32.9 mg/L, BOD 1.3 ~ 5.1 mg/L, COD 5.2 ~ 12.2 mg/L, T-N 8.631 ~ 13.636 mg/L, T-P 0.285 ~ 0.395 mg/L, NO₃-N 6.150 ~ 9.716 mg/L, NH₄-N 2.141 ~ 3.383 mg/L, PO₄-P 0.026 ~ 0.036 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 20.978±5.271 mg/L, BOD 3.756±1.145 mg/L, COD 8.711±1.906 mg/L, T-N 10.748±1.626 mg/L, T-P 0.329±0.037 mg/L, NO₃-N 7.703±1.123 mg/L, NH₄-N 2.667±0.403 mg/L, PO₄-P 0.030±0.004 mg/L로 나타났다.

RW- '8에서 SS 12.2 ~ 23.6 mg/L, BOD 1.0 ~ 3.4 mg/L, COD 4.2 ~ 7.8 mg/L, T-N 6.221 ~ 9.021 mg/L, T-P 0.098 ~ 0.201 mg/L, NO₃-N 4.433 ~ 6.428 mg/L, NH₄-N 1.543 ~ 2.238 mg/L, PO₄-P 0.09 ~ 0.019 mg/L의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 18.067±3.131 mg/L, BOD 2.789±0.715 mg/L, COD 6.322±1.198 mg/L, T-N 7.604±1.135 mg/L, T-P 0.134±0.038 mg/L, NO₃-N 5.449±0.775 mg/L, NH₄-N 1.886±0.282 mg/L, PO₄-P 0.012±0.004 mg/L로 나타났다.

<표 3-82> 정기모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차																
	시료수	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
		평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
RW-1	9	2.8	0.7	6.3	1.2	18.1	3.1	7.604	1.135	0.134	0.038	5.449	0.775	1.886	0.282	0.012	0.004
RW-2	9	3.8	1.1	8.7	1.9	21.0	5.3	10.748	1.626	0.329	0.037	7.703	1.123	2.667	0.403	0.030	0.004
RW-3	9	3.4	1.0	7.2	1.7	20.9	5.2	7.676	0.877	0.246	0.047	5.499	0.575	1.905	0.216	0.022	0.005
RW-4	9	4.2	1.2	8.0	2.0	21.6	4.8	7.354	0.999	0.284	0.055	5.271	0.685	1.824	0.247	0.026	0.005
RW-5	9	4.7	1.2	9.2	2.2	26.1	4.7	7.175	0.761	0.308	0.046	5.141	0.501	1.780	0.189	0.028	0.005
RW-6	9	5.8	0.9	10.2	1.9	28.0	5.7	9.636	1.353	0.264	0.045	6.911	0.967	2.390	0.336	0.024	0.004
RW-7	9	7.7	1.0	12.1	2.1	41.2	8.1	10.533	1.793	0.352	0.051	7.546	1.231	2.613	0.445	0.032	0.005
RW-8	9	4.3	0.7	10.0	1.0	32.7	6.7	6.281	1.017	0.245	0.043	4.499	0.694	1.558	0.253	0.022	0.004

(나) 정밀 모니터링

강우시 수질농도 평균값을 살펴보면, RW-01에서 SS 22.4 ~ 102.3 mg/L, BOD 3.4 ~ 18.4 mg/L, COD 5.8 ~ 32.6 mg/L, T-N 6.389 ~ 17.569 mg/L, T-P 0.391 ~ 0.842 mg/L, NO₃-N 4.570~ 12.566 mg/L, NH₄-N 1.623 ~ 4.464 mg/L, PO₄-P 0.268 ~ 0.577 mg/L 의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 59.7±21.0 mg/L, BOD 8.7±3.9 mg/L, COD 16.1±7.3 mg/L, T-N 9.988±2.785 mg/L, T-P 0.596±0.597 mg/L, NO₃-N 7.144±1.992 mg/L, NH₄-N 2.538±0.708 mg/L, PO₄-P 0.408±0.701 mg/L로 나타났다.

RW-03에서 SS 20.5 ~ 92.3 mg/L, BOD 2.7 ~ 8.6 mg/L, COD 7.0 ~ 17.8 mg/L, T-N 4.321 ~ 9.632 mg/L, T-P 0.296 ~ 0.698 mg/L, NO₃-N 4.114~ 9.488 mg/L, NH₄-N 1.462 ~ 3.371 mg/L, PO₄-P 0.203 ~ 0.478 mg/L 의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 54.5±19.5 mg/L, BOD 8.0±2.6 mg/L, COD 15.0±5.4 mg/L, T-N 8.737±2.124 mg/L, T-P 0.524±0.526 mg/L, NO₃-N 6.249±1.519 mg/L, NH₄-N 2.220±0.540 mg/L, PO₄-P 0.359±0.081 mg/L로 나타났다.

RW-06에서 SS 27.2 ~ 66.3 mg/L, BOD 3.9 ~ 11.2 mg/L, COD 7.2 ~ 27.3 mg/L, T-N 5.032 ~ 15.326 mg/L, T-P 0.312 ~ 0.741 mg/L, NO₃-N 3.599~ 10.962 mg/L, NH₄-N 1.279 ~ 3.894 mg/L, PO₄-P 0.214 ~ 0.508 mg/L 의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 44.0±10.3 mg/L, BOD 6.7±2.2 mg/L, COD 13.5±5.5 mg/L, T-N 8.737±2.729 mg/L, T-P 0.508±0.509 mg/L, NO₃-N 6.249±1.952 mg/L, NH₄-N 2.220±0.693 mg/L, PO₄-P 0.348±0.071 mg/L로 나타났다.

RW-07에서 SS 30.3 ~ 84.3 mg/L, BOD 6.9 ~ 1.6 mg/L, COD 8.5 ~ 22.1 mg/L, T-N 5.741 ~ 11.565 mg/L, T-P 0.204 ~ 0.427 mg/L, NO₃-N 4.106~ 8.272 mg/L, NH₄-N 1.459 ~ 2.939 mg/L, PO₄-P 0.203 ~ 0.478 mg/L 의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 56.2±13.5 mg/L, BOD 8.0±2.6 mg/L, COD 14.4±4.2 mg/L, T-N 8.381±1.543 mg/L, T-P 0.454±0.453 mg/L, NO₃-N 5.994±1.104 mg/L, NH₄-N 2.130±0.392 mg/L, PO₄-P 0.311±0.052 mg/L로 나타났다.

RW-08에서 SS 19.2 ~ 79.5 mg/L, BOD 2.7 ~ 8.6 mg/L, COD 7.0 ~ 17.8 mg/L, T-N 4.321 ~ 9.632 mg/L, T-P 0.118 ~ 0.547 mg/L, NO₃-N 3.091~ 6.889 mg/L, NH₄-N 1.098 ~ 2.447 mg/L, PO₄-P 0.081 ~ 0.375 mg/L 의 범위로 나타났다. 평균 및 표준편차는, SS 43.6±13.7 mg/L, BOD 4.8±1.4 mg/L, COD 10.9±3.0 mg/L, T-N 6.327±1.182 mg/L, T-P 0.291±0.293 mg/L, NO₃-N 4.525±0.846 mg/L, NH₄-N 1.608±0.300 mg/L, PO₄-P 0.2±0.064 mg/L로 나타났다.

<표 3-83> 정밀모니터링 지점별 수질자료 평균 및 표준편차

Site	평균±표준편차																
	시료수	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		SS (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)		NO3-N (mg/L)		NH4-N (mg/L)		PO4-P (mg/L)	
		평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차	평균	편차
RW-8	5	4.8	1.4	10.9	3.0	43.6	13.7	6.327	1.182	0.291	0.293	4.525	0.846	1.608	0.300	0.200	0.064
RW-7	5	6.9	1.6	14.4	4.2	56.2	13.5	8.381	1.543	0.454	0.453	5.994	1.104	2.130	0.392	0.311	0.052
RW-6	5	6.7	2.2	13.5	5.5	44.0	10.3	8.737	2.729	0.508	0.509	6.249	1.952	2.220	0.693	0.348	0.071
RW-3	5	8.0	2.6	15.0	5.4	54.5	19.5	8.737	2.124	0.524	0.526	6.249	1.519	2.220	0.540	0.359	0.081
RW-1	5	8.7	3.9	16.1	7.3	59.7	21.0	9.988	2.785	0.596	0.597	7.144	1.992	2.538	0.708	0.408	0.071

(2) 유량가중평균농도 (EMC) 분석

정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 본 연구에서는 정기 모니터링 결과를 바탕으로 평시 부하량을 산정하였으며, 강우에 의한 오염부하를 파악하기 위해 강우시 부하량에서 평시 부하량을 제외하고 EMC를 산정하였다. 지점별로 유량자료가 없는 경우는 산정하지 않았으며, 산정 결과는 <표 3-84> 및 <그림 3-266> - <그림 3-268>에 수록하였다.

산정 결과를 살펴보면, BOD의 경우 RW-8에서 2.7 mg/L - 8.6 mg/L, RW-7에서 3.9 mg/L - 11.2 mg/L, RW-6에서 3.9 mg/L - 11.2 mg/L, RW-3에서 4.8 mg/L - 14.6 mg/L, RW-1에서 3.4 mg/L - 18.4 mg/L의 범위를 보였다. T-N의 경우 RW-8에서 4.321 mg/L - 9.632 mg/L, RW-7에서 5.741 mg/L - 11.565 mg/L, RW-6에서 5.032 mg/L - 15.326 mg/L, RW-3에서 5.752 mg/L - 13.265 mg/L, RW-1에서 6.389 mg/L - 17.569 mg/L의 범위를 보였다. T-P의 경우 RW-8에서 0.118 mg/L - 0.547 mg/L, RW-7에서 0.297 mg/L - 0.623 mg/L, RW-6에서 0.312 mg/L - 0.741 mg/L, RW-3에서 0.698 mg/L - 0.296 mg/L, RW-1에서 0.391 mg/L - 0.842 mg/L의 범위를 보였다.

평균값을 살펴보면, BOD의 경우 유역말단인 RW-1에서 가장 높은 값을 보였으며, RW-6에서 낮아진 후 하류로 갈수록 점점 농도가 증가된다. T-N의 경우 축사와 농경지가 밀집되어 있는 포함하는 RW-7에서 높은 값을 기록하였으며, 유량이 많아지는 RW-1에서 가장 낮은 값을 나타내었다. T-P의 경우도 BOD와 마찬가지로 RW-1에서 가장 높은 값을 나타냈다.

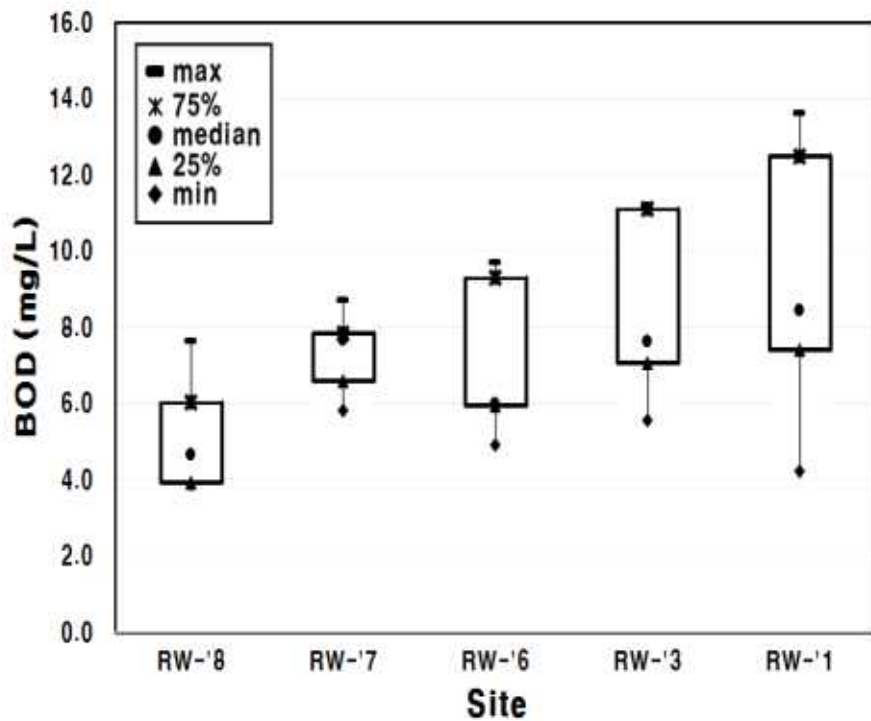
이는 RW-1지점의 경우 유역의 말단 지점으로 토지계 및 축산계 등 다량의 부유물질을 포함하여 최종 방류되며 평시에는 배수지에 수문을 닫은 채로 유지하다가 강우시에 한꺼번에 방출하면서 하상에 있는 퇴적물 등이 부유되어 강우시에 일시적으로 농도가 증가한 것으로 판단된다. T-N의 경우 RW-7 지점의 축산농가에 야적된 분뇨와 농번기 퇴비 및 액비가 하천으로 직접적으로 유입되는 영향으로 주로 봄철 강우시에 농도가 높게 나타났다.

본 연구에서 EMC를 산정한 방법은 평시 수질 및 유량을 정하는 기준에 따라 값이 많이 달라질 수 있다. 따라서 합리적으로 평시 부하량을 제외하고 강우시의 영향을 파악할 수 있는 EMC 산정방법에 대한 추가적인 고찰이 필요할 것으로 사료된다.

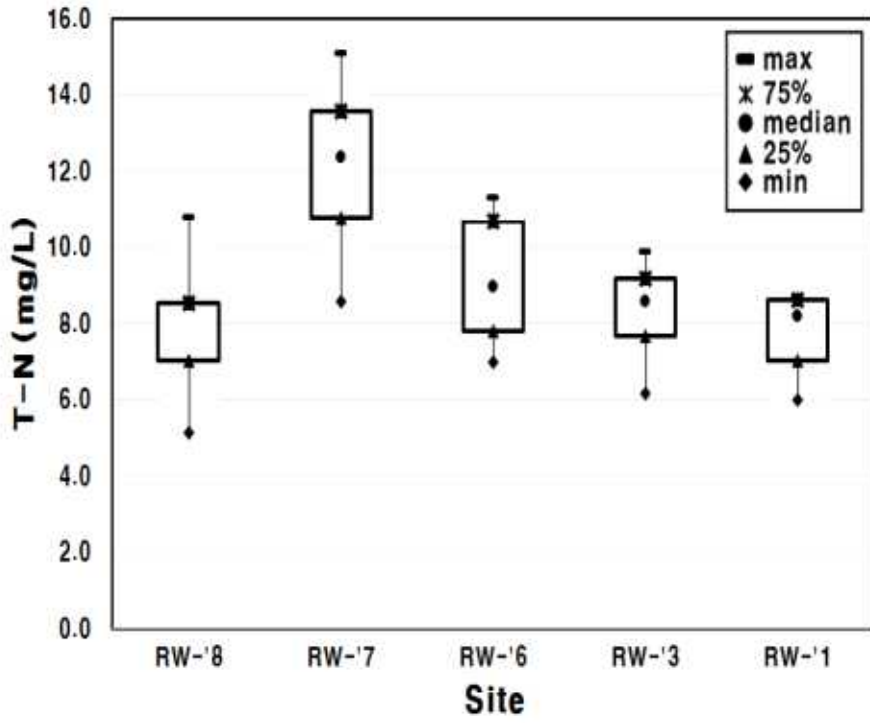
<표 3-84> 지점별 EMC 산정 결과

날짜	RW-'8 (mg/L)			RW-'7 (mg/L)			RW-'6 (mg/L)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
20150511	3.9	5.139	0.168	7.7	8.548	0.386	4.9	6.998	0.389
20150621	7.6	8.520	0.405	8.7	10.768	0.464	9.7	8.944	0.623
20150712	6.0	10.779	0.323	7.8	13.577	0.475	9.3	7.809	0.542
20150720	4.7	7.008	0.449	6.6	12.346	0.548	6.0	10.668	0.644
20151001	3.9	8.530	0.315	5.8	15.073	0.506	5.9	11.270	0.518
평균	5.22	8.00	0.33	7.32	12.06	0.48	6.62	9.14	0.54

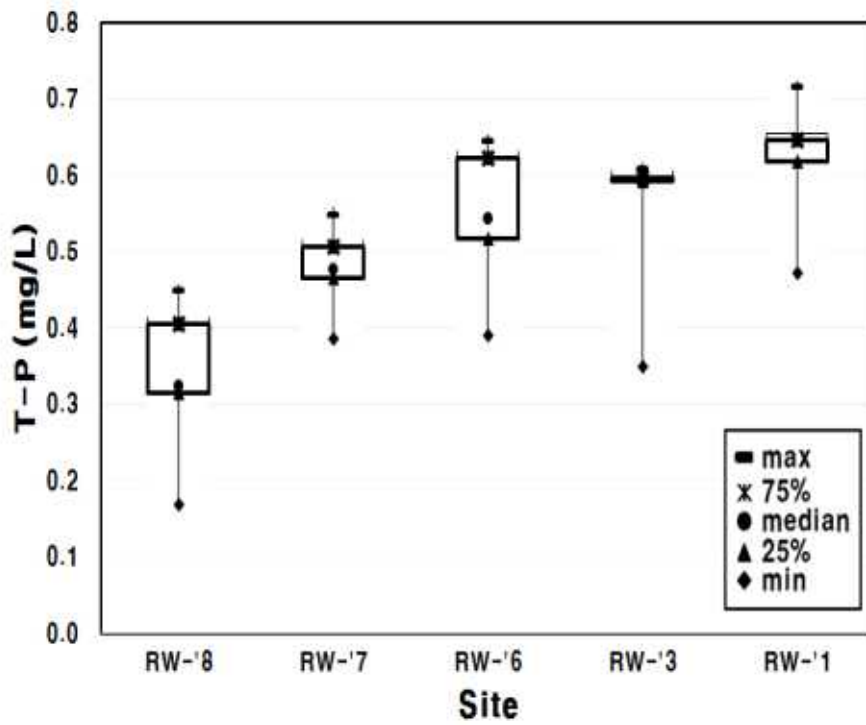
날짜	RW-'3 (mg/L)			RW-'1 (mg/L)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
20150511	5.6	6.151	0.348	4.2	7.035	0.473
20150621	11.1	7.667	0.596	12.5	8.608	0.645
20150712	11.1	9.184	0.592	13.6	5.973	0.618
20150720	7.1	8.588	0.607	7.4	8.191	0.715
20151001	7.6	9.848	0.596	8.4	8.677	0.645
평균	8.50	6.91	0.46	9.22	6.41	6.12



<그림 3-266> EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-267> EMC 산정 결과 (T-N)



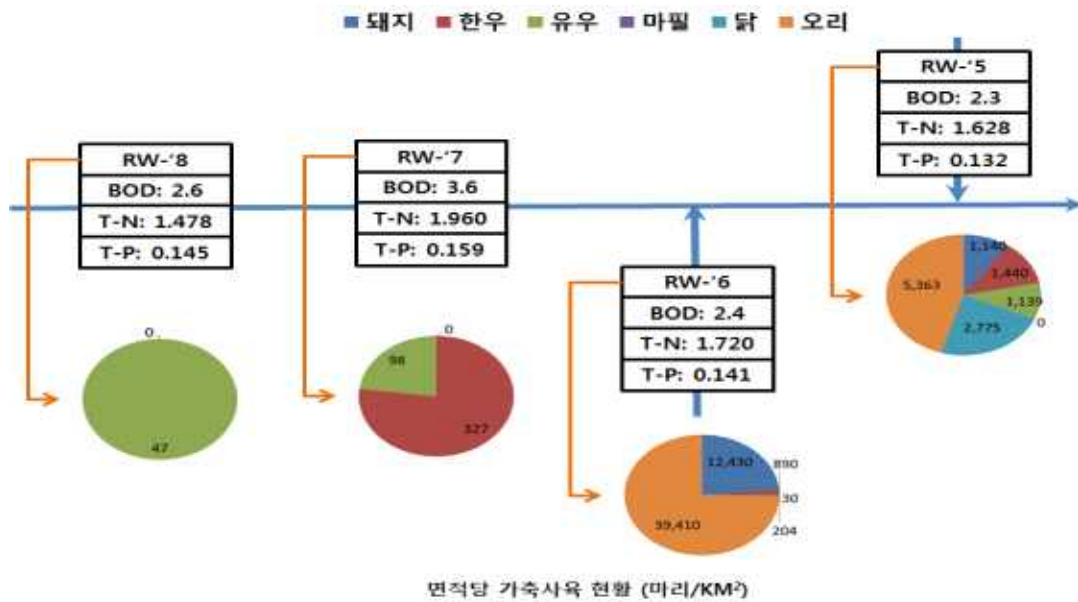
<그림 3-268> EMC 산정 결과 (T-P)

나. 축산비점 특성 분석

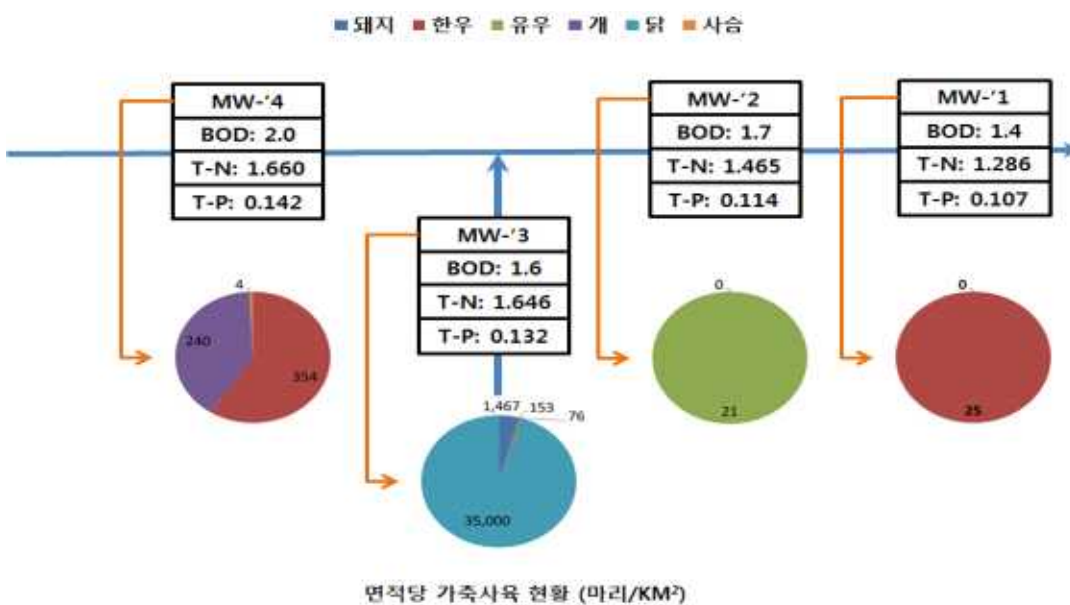
(1) 수계 영향 분석

(가) 정기 모니터링 결과 분석

<그림 3-269>~<그림 3-270>은 정기 모니터링의 수질 평균값과 단위면적당 가축 사육 두수를 나타내고 있다. BOD의 경우 축사가 위치한 MW- '7에서 가장 높은 수치를 기록했으며 하류로 내려갈수록 농도가 낮아지는 것으로 조사되었다.



<그림 3-269> 축산의 수계 영향 분석(I)



<그림 3-270> 축산의 수계 영향 분석(II)

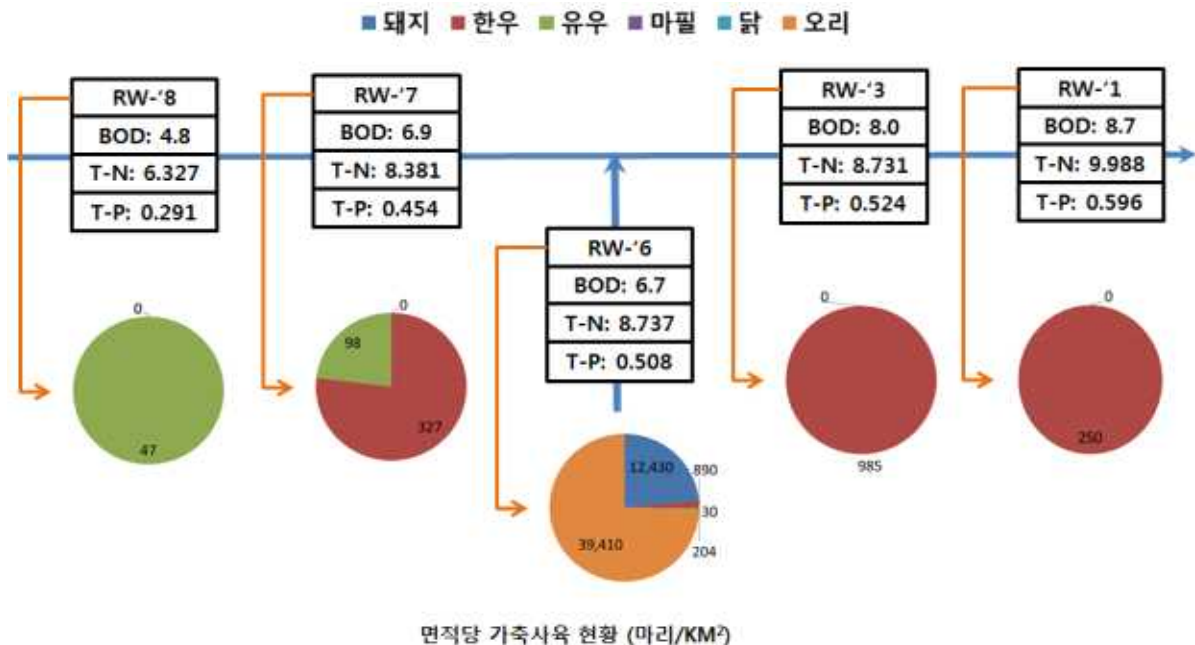
MW- '7 의 경우 하천의 주변 부분에 대부분 축산 농가들이 위치하고 있으며 오염물질들이 직접적으로 유입되어 농도가 증가 한 것으로 판단된다. 이후 하류로 내려가면서 유량의 증가와 하천의 자정작용으로 인해 농도는 점차 낮아지는 것으로 조사 되었다. 특히 MW- '4 지점 이후부터 '자연보호 동진강 수질 보전사업' 의 일환으로 식생(창포)식재로 인한 수질정화사업을 추진하고 있어 농도가 낮아지는 것으로 판단된다<그림 3-271>.



<그림 3-271> 수질보존사업

(나) 정밀 모니터링 결과 분석

<그림 3-272>기존 모니터링 지점별 정밀 모니터링의 수질 평균값과 축산 현황을 나타내고 있다. BOD의 경우 모두 하류로 갈수록 농도가 증가하는 것으로 조사되었다.



<그림 3-272> 축산의 수계 영향 분석 (정밀 모니터링)

이는 배후지인 RW- '8과 비교시 강우시 RW- '7지점이나 RW- '6의 축사나 가축분뇨처리장의 오염원에 의한 비점오염 물질이 하천에 직접적으로 유입되어 농도가 증가한 것으로 판단된다. 특히 RW- '6의 경우 주변에 돈사, 우사, 가금 농장 등 많은 축사시설이 위치하고 있어 가축분뇨처리장의 시설의 유출수와 함께 하천으로 유입되어 RW- '6지점 이후 농도가 높게 증가하는 것으로 판단된다.

(2) 수질 - 축산현황 상관관계 분석

(가) 비강우시

유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-85>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 비강우시 평균 BOD 농도는 농가 수 및 가축두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-85> 유역별 축산현황과 비강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가 수	Pearson 상관계수	0.843*	-166	-417
	유의확률 (양쪽)	0.014	0.695	0.304
	N	8	8	8
가축두수	Pearson 상관계수	0.916*	0.254	0.269
	유의확률 (양쪽)	0.011	0.543	0.519
	N	8	8	8
가금	Pearson 상관계수	0.912*	0.253	0.275
	유의확률 (양쪽)	0.008	0.545	0.511
	N	8	8	8
돼지	Pearson 상관계수	0.715	0.231	0.167
	유의확률 (양쪽)	0.786	0.582	0.692
	N	8	8	8
한우	Pearson 상관계수	0.975**	-0.029	-0.178
	유의확률 (양쪽)	0.005	0.946	0.673
	N	8	8	8

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

(나) 강우시

유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도 간의 Pearson 상관분석을 실시하였으며, <표 3-86>는 상관분석 결과를 나타내고 있다. 강우시 평균 T-P 농도는 돼지 및 한우 사육두수와 유의수준 95% 수준에서 상관관계가 있는 것으로 나타났으나, 이를 제외하고는 대부분 관계가 없는 것으로 나타났다.

<표 3-86> 유역별 축산현황과 강우시 평균 수질농도간의 상관분석 결과

	구분	BOD	T-N	T-P
농가	Pearson 상관계수	0.875	0.912	0.941
	유의확률 (양쪽)	0.321	0.270	0.219
	N	3	3	3
가축두수	Pearson 상관계수	0.913	0.877	0.836
	유의확률 (양쪽)	0.268	0.319	0.370
	N	3	3	3
가금	Pearson 상관계수	0.910	0.873	0.832
	유의확률 (양쪽)	0.272	0.324	0.3742
	N	3	3	3
돼지	Pearson 상관계수	-	-	-
	유의확률 (양쪽)	-	-	-
	N	-	-	-
한우	Pearson 상관계수	0.992	0.999*	1.000*
	유의확률 (양쪽)	0.082	0.031	0.019
	N	3	3	3

* 상관계수는 0.05 수준(양쪽)에서 유의함

** 상관계수는 0.01 수준(양쪽)에서 유의함

제 5 절 자원화시설 모니터링 결과

1. 대상시설 분석

가. 시설특성

(1) 경상북도 영천시 자원화시설

① 시설현황

경상북도 영천시 북안면에 위치한 북안농업협동조합법인 자원화시설은 산간지역 모니터링 구역 내에 위치하고 있다. 영천시 내 최대 규모의 자원화시설로 총 사업비 55억원(국비 27억, 지방비 22억, 자기자본 6억)이 투입되어 가축분뇨 일일 100톤(돈분 100톤, 우분 40톤)을 처리할 수 있는 완전밀폐형 무악취·무방류 자원화시설이다. 주요 시설물로는 일일 68톤의 액비처리시설과 연간 40만포를 생산할 수 있는 퇴비생산시설을 갖추고 있다. 액비는 호기성 발효공정으로써 북안면 관내 6개 농장에서 돈 분뇨를 수거하여 분뇨를 처리하고 있다<그림 3-273>.



(a) 대상시설



(b) 배출관거

<그림 3-273> 영천시 모니터링 대상 자원화시설

② 유출특성

영천시 자원화시설은 콘크리트 기반으로 조성된 토지위에 조성되어 있고 집하장 등 시설 전반에 비가림 시설이 조밀하게 설치되어 강우 시 퇴비 유실로 인한 비점오염 유출 영향이 적게 나타날 것으로 판단되었다. 위성지도에 자원화시설의 위치를 확인할 수 없어 그림으로 대신하여 나타냈으며, 자원화시설에서 강우 유출수가 외부로 유출되는 경로는 3가지가 있으나 최종 방류는 하나의 관로로 합류되어 방류된다. 모니터링 지점 선정 시 최종 외부 유출

수가 모두 합류된 이후의 지점으로 선정하고 모니터링을 수행하였다. 방류 관로는 지중매설 관로를 통하여 인근 경부고속도로를 가로질러 북안천으로 합류되고 있다.



(a) 유출경로 및 모니터링 지점



(b) 면상 유출



(c) 유출관로 A



(d) 유출관로 B

<그림 3-274> 영천시 모니터링 시설 최종 집수구 및 모니터링 지점

(2) 경기도 용인시 개별처리 농가

① 시설현황

경기도 용인시 처인구 백암면 박곡리에 위치한 삼육영농조합법인은 돼지 5,000여두를 사육하고 있으며, 가축분뇨를 자체 정화방류(뇨: 12톤/일) 및 퇴비화 시설(분: 24톤/일)을 이용하여 처리하고 있으며 분의 일부는 자원화시설과 연계처리방식으로 운영하고 있다. 정화방류시설에서 호기성 생물학적 방법으로 처리되어 발생한 방류수는 주변 배수로를 통하여 배출되고 있다<그림 3-275>.



(a) 대상시설



(b) 배출관거

<그림 3-275> 용인시 모니터링 대상 개별처리시설



(a) 유출경로 및 모니터링 지점



(b) 도로 유출



(c) 면상 유출



(d) 주름관 유출

<그림 3-276> 용인시 모니터링 시설 유출부 및 모니터링 지점

② 유출특성

용인시 개별처리 농가의 토지피복은 불투수층 표면으로 이루어져 있고, 돈사와 개별처리 시설 모두 비가림 시설이 설치되어 있어 직접적인 강우유출의 영향을 최소화하였다. 강우 유출수는 농장입구 주변도로, 시설 지붕, 농장 내부 토지에서 발생하는 유출로 구분되고 최종적으로 방류는 하나의 경로로 합류되어 유출된다. 모니터링 지점은 대상 시설 부지에서 유출되는 유출수가 모두 합류된 이후의 지점이다. 유출경로와 모니터링 지점에서 모니터링을 수행하였다. 유출경로와 모니터링 지점 및 유출형태는 <그림 3-276>와 같다. 유출수는 인근 대덕천으로 유입되고 대덕천은 청미천과 합류되어 최종적으로 남한강으로 유입되고 있다.

(3) 강원도 횡성군 축산폐수공공처리장

① 시설현황

강원도 횡성군 서원면 금대리에 위치한 축산폐수공공처리장은 횡성군청 청정환경사업소에서 운영하고 있으며, 산간지역 모니터링 구역 내에 위치하고 있다. 축산폐수처리는 액상부식법으로 용량은 일일 100톤 규모의 가축분뇨를 처리하고 있다<그림 3-277>. 가동률은 30~50% 사이인 것으로 나타났다. 횡성군 축산폐수공공처리장은 1999년에서 2009년까지 2억2천5백만 원에서 5억6천5백만 원으로 연간 운영비가 점차 증액되었으며, 1999년부터 2009년까지 방류 농도는 BOD 2.4~4.5 mg/L, COD 7.1~36.5 mg/L, SS 3.1~16.3 mg/L, TN 21.780~29.000 mg/L, TP 0.130~1.360 mg/L로 나타났다.



(a) 대상시설

(b) 배출관거

<그림 3-277> 횡성군 모니터링 대상 축산폐수처리시설

② 유출특성

횡성군 축산폐수공공처리장은 콘크리트 기반으로 조성된 토지위에 있으며, 직접적인 강우 유출의 영향을 받는 것으로 판단된다. 축산폐수공공처리장 방류수는 매설관로를 통해서 100m정도 떨어진 일리천에 직접 방류하고 있다. 축산폐수공공처리장 부지에서 강우 유출수가 외부로 유출되는 경로는 총 2개소가 있으나 유출관로의 높이가 낮아 내부에서 발생하는 유출뿐만 아니라 외부 농경지에서 발생하는 유출수와 유출관로 ❶에서 합류하여 약 120 m 떨어진 모니터링지점 ❷로 모여 콘크리트 관거를 통해 인근 일리천으로 합류하게 된다.



(a) 유출경로 및 모니터링 지점



(b) 모니터링 지점



(c) 유출관로



(d) 유출관로

<그림 3-278> 횡성군 모니터링 대상 축산폐수처리 시설 유출경로 및 모니터링 지점

(4) 전라북도 정읍시 가축분뇨공동자원화시설

① 시설현황

전라북도 정읍시 덕천면 상학리에 위치한 대죽영농조합법인 가축분뇨공동자원화시설은 호기성 발효공정을 통해 일 100 톤 규모의 가축분뇨를 처리하고 있다<그림 3-279>. 가축분뇨공동자원화시설 인근에는 대규모 시설의 돈사, 우사, 양계장등이 입지해 있다. 시설물의 세척 및 강우시 유출되는 비점오염물질의 관리를 위해 소규모의 인공습지를 조성하여 관리하고 있으며, 또한 악취발생을 우려하여 액비화시설물이 지하매립형으로 설치되어 있다.



(a) 대상시설



(b) 배출관거

<그림 3-279> 정읍시 모니터링 대상 자원화시설

② 유출특성

정읍시 가축분뇨공동자원화시설은 대부분의 시설물이 콘크리트 기반으로 조성된 불투수층 위에 위치하고 있어 직접적인 강우유출의 영향을 받는 것으로 판단된다. 강우유출수는 콘크리트 기반의 불투수층 표면을 통하여 시설 가장자리로 모여 농수로를 통해 약 100 m 떨어져 있는 인근 농가에서 방류되는 농수로와 <그림 3-280>에 (b)와 합류되고 다시, 약 230 m의 농수로(C)를 지나면서 하천(덕천천)으로 합류한다.



(a) 유출경로 및 모니터링 지점



(b) 유출관로



(c) 유출관로



(d) 모니터링 지점

<그림 3-280> 정읍시 모니터링 시설 유출부 및 모니터링 지점

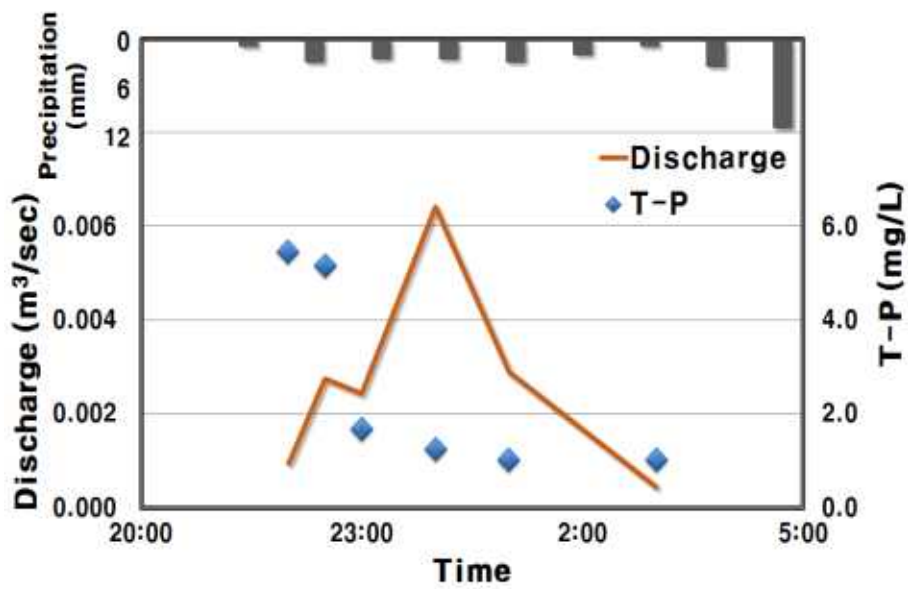
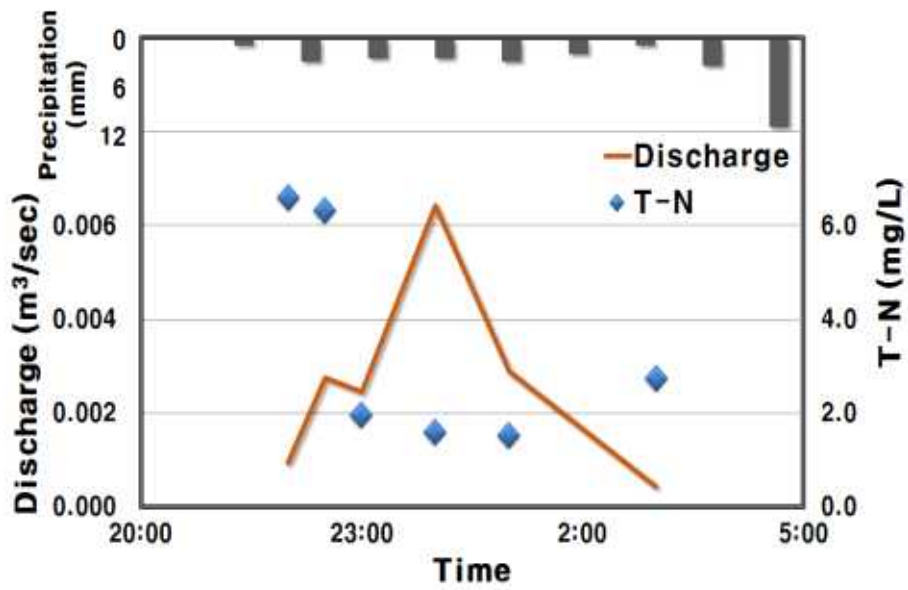
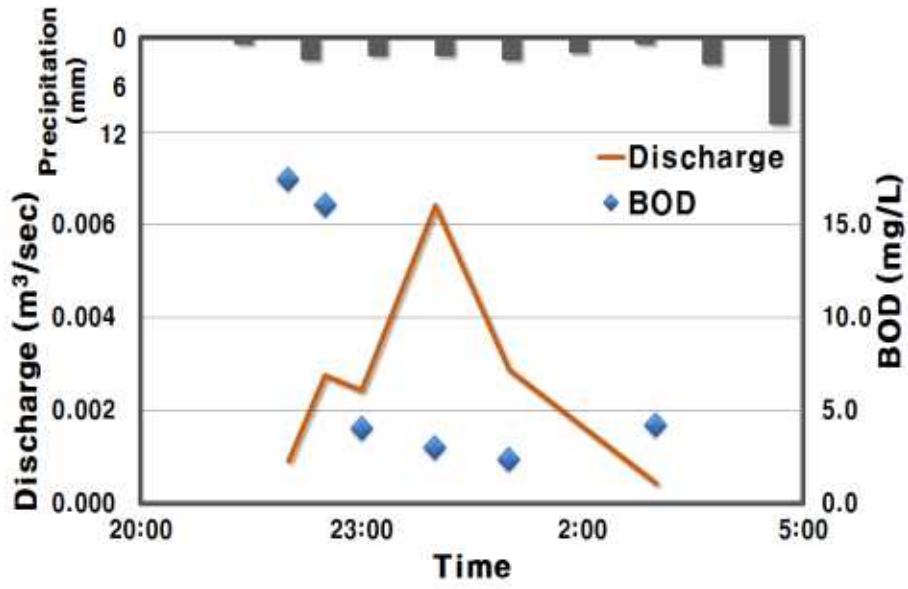
2. 모니터링 결과

가. 산간지역 자원화시설 정밀 모니터링 결과 (FT)

(1) 유출발생 정밀 모니터링 결과

① 2차 모니터링

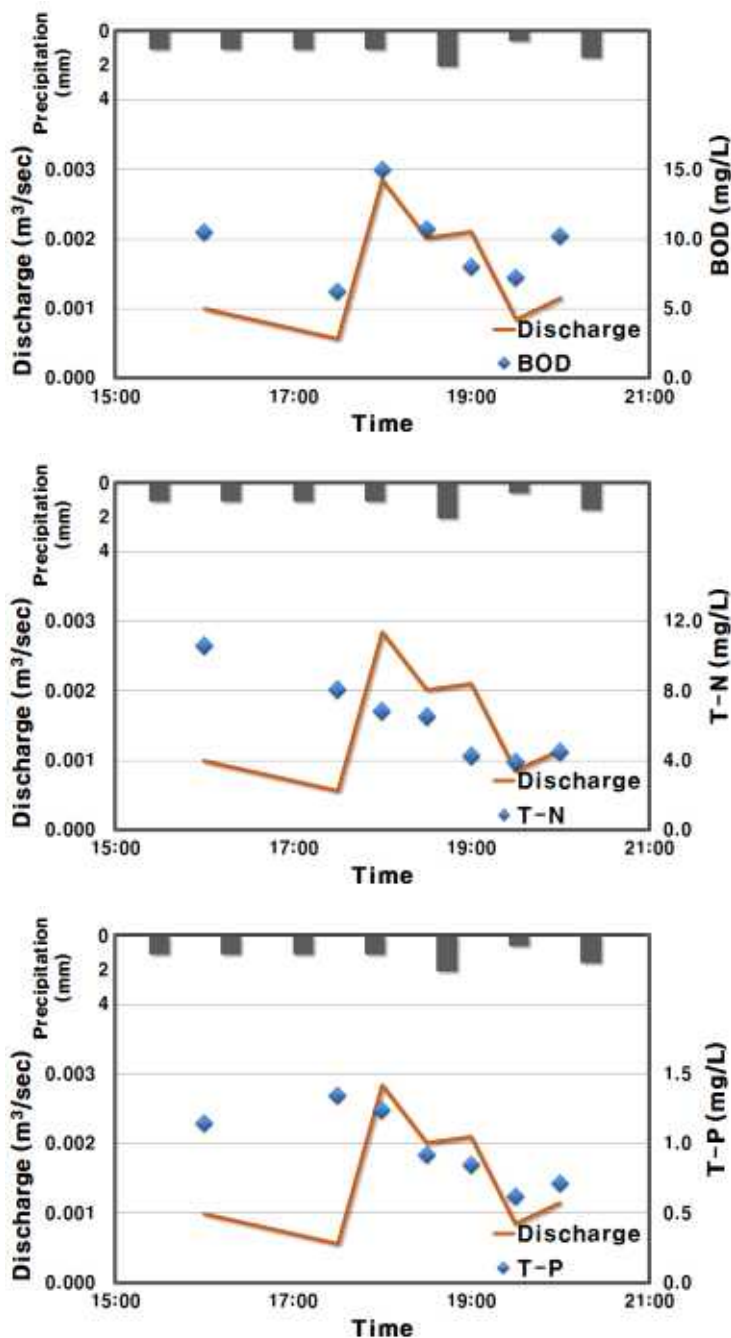
1차 모니터링은 6월 25일부터 26일까지 이틀간 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우는 11.0 mm이다. <그림 3-281>는 FT지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이며, BOD, TN, TP 모두 유출 초기의 높은 값을 나타냈고 강우가 지속됨에 따라 점차 감소하는 추세가 나타났다. 모니터링 중반 인근 농경지에 물을 대기위해 가림막을 설치하여 유량이 급격하게 상승한 것으로 나타났다. 가림막은 12시경부터 약 2시간동안 설치되었다. BOD는 2.4~17.4 mg/L, TN은 1.537~6.604 mg/L, TP는 1.031~5.457 mg/L로 나타났다.



<그림 3-281> FT지점 1차 정밀 모니터링

② 2차 모니터링

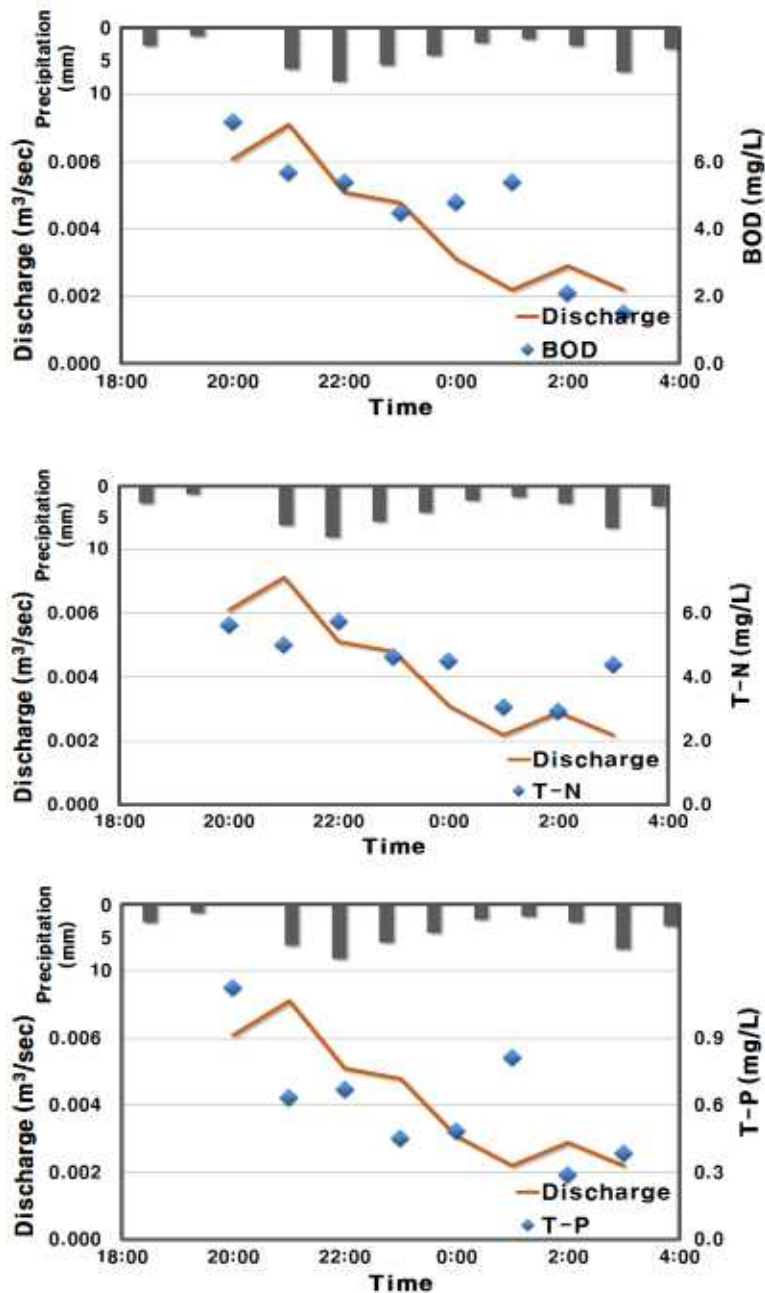
2차 모니터링은 6월 30일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우는 8.0 mm이다. <그림 3-282>은 FT지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이며, BOD, TN, TP모두 비슷한 경향을 가지고 감소하는 추세가 나타났고, 유량 변화에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 2차 모니터링에서 BOD는 6.3~15.0 mg/L, TN은 3.897~10.586 mg/L, TP는 0.622~1.348 mg/L로 나타났다.



<그림 3-282> FT지점 2차 정밀 모니터링

③ 3차 모니터링

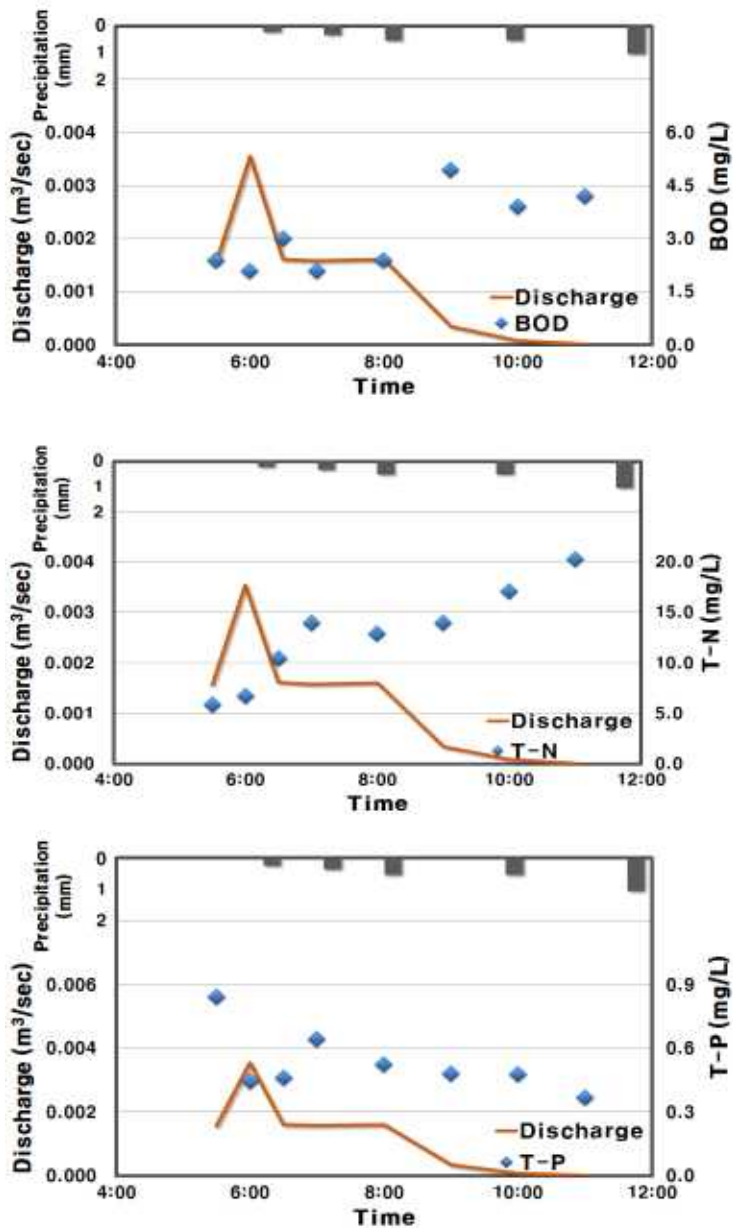
3차 모니터링은 7월 7일부터 8일까지 이틀간 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우는 36.0 mm이다. <그림 3-283>은 FT지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이며, BOD, TN, TP 모두 유량감소에 따라 비슷한 경향을 가지고 감소하는 추세가 나타났다. 3차 모니터링에서 BOD는 1.5~7.2 mg/L, TN은 2.932~5.754 mg/L, TP는 0.290~1.128 mg/L로 나타났다.



<그림 3-283> FT지점 3차 정밀 모니터링

④ 4차 모니터링

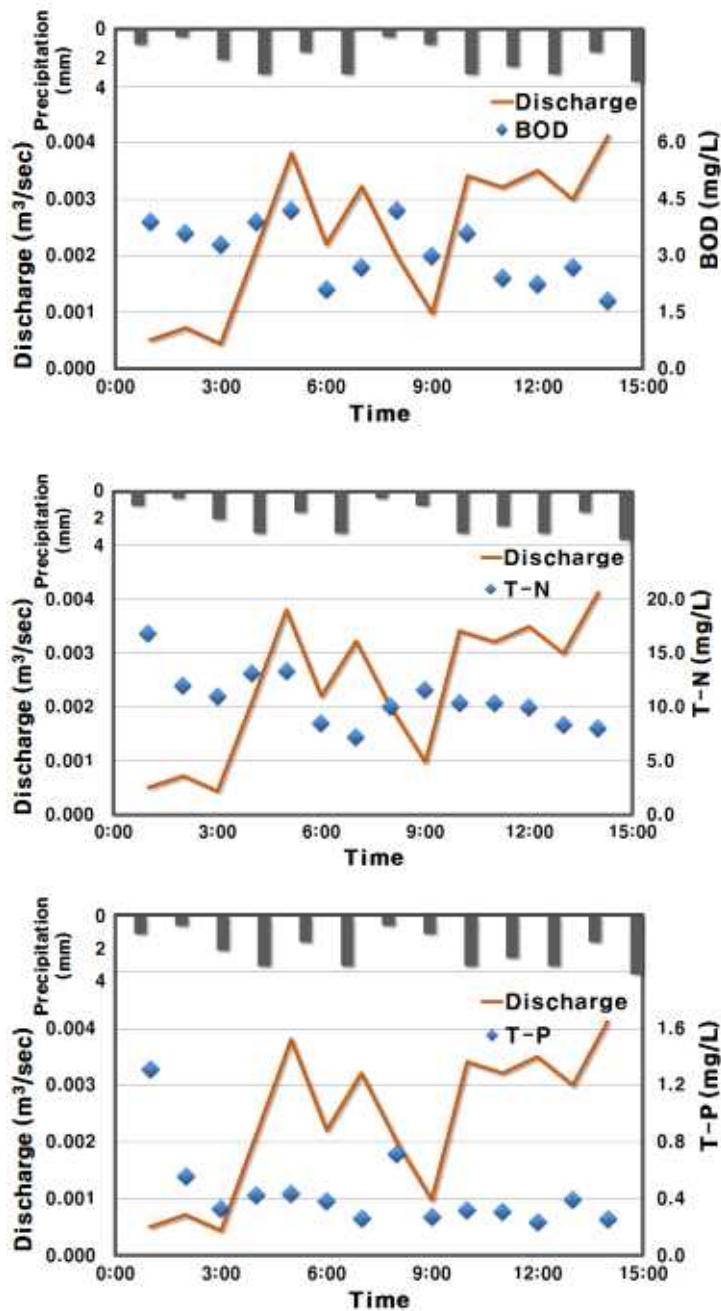
4차 모니터링은 8월 20일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우는 1.5 mm이다. <그림 3-284>는 FT지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. BOD, TP는 유량감소에 따라 비슷한 경향을 가지고 감소하는 추세가 나타난 반면 TN은 유량감소에 따라 점차 증가하는 것으로 나타났다. 모니터링 중반 TN값이 증가하는 것으로 나타났는데, 인근 농지유출수가 배수로에 합류하여 증가한 것으로 판단된다. 4차 모니터링에서 BOD는 2.1~5.0 mg/L, TN은 5.876~20.317 mg/L, TP는 0.369~0.845 mg/L로 나타났다.



<그림 3-284> FT지점 4차 정밀 모니터링

⑤ 5차 모니터링

5차 모니터링은 8월 25일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 27.0 mm 이다. <그림 3-285>은 FT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. BOD, TP는 변화의 폭이 적은 일정한 값으로 나타났으며, 반면 TN은 강우지속시간이 증가 할수록 점차 감소하는 것으로 나타났다. 5차 모니터링에서 BOD는 1.8~4.2 mg/L, TN은 7.256~16.809 mg/L, TP는 0.236~1.316 mg/L로 나타났다.



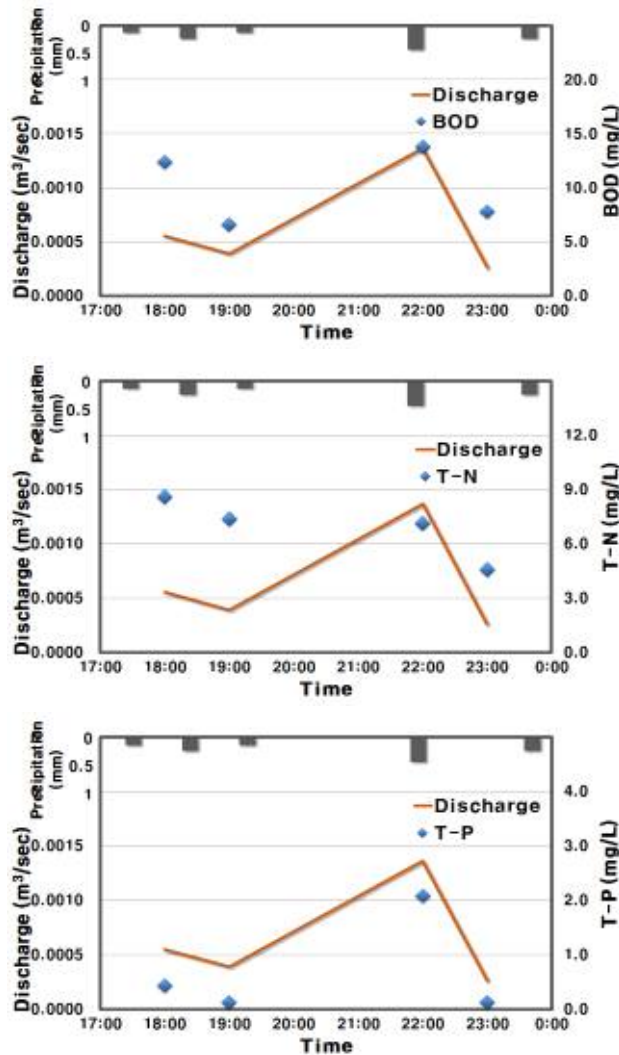
<그림 3-285> FT지점 5차 정밀 모니터링

나. 평야지역 개별처리 농가 정밀 모니터링 결과 (PT)

(1) 유출발생 정밀 모니터링 결과

① 1차 모니터링

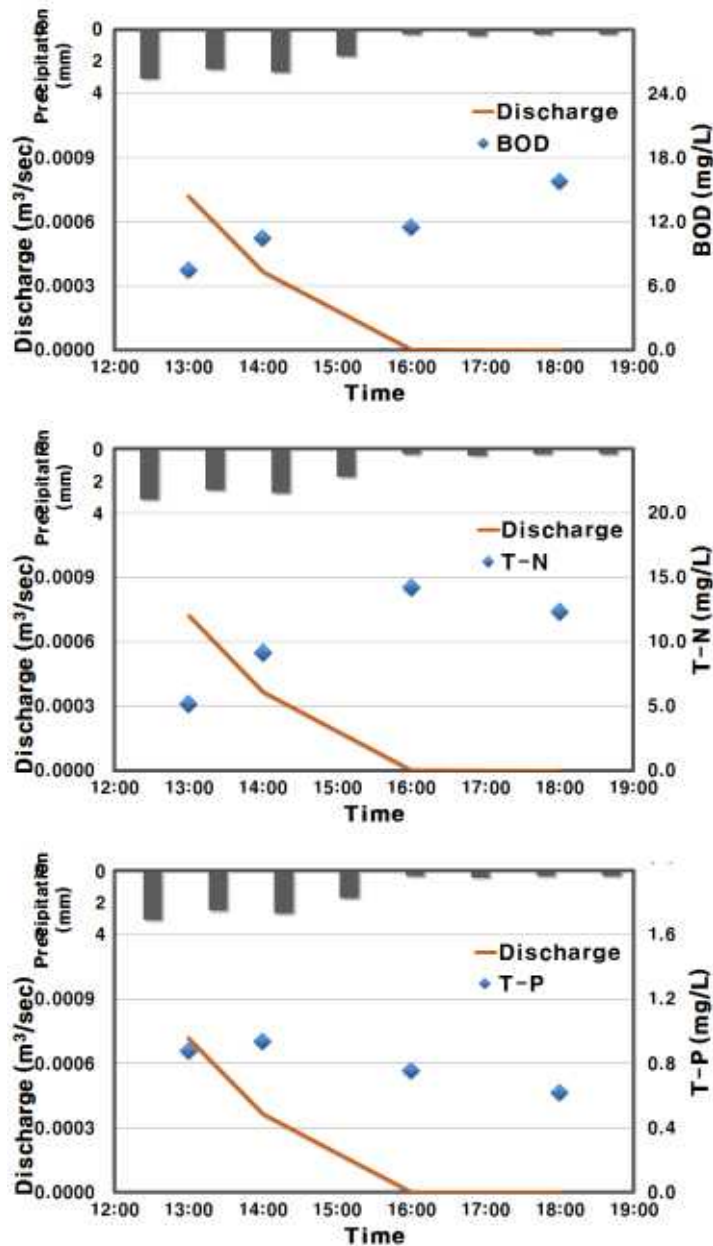
1차 모니터링은 4월 13일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 0.9 mm 이다. <그림 3-286>은 PT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프 이다. 유량은 강우와 비슷한 경향으로 증감하는 것으로 나타났으며, 또한 BOD, TN, TP도 유량과 비슷한 경향을 보이며 증감하는 것으로 나타났다. 강우량에 비해 높은 농도를 유지 하는데 이는 처리수 방류로 인한 것으로 판단된다. 처리수는 5시경부터 약 6시간 동안 방류 되었다. 1차 모니터링에서 BOD는 6.6~13.8 mg/L, TN은 4.556~8.588 mg/L, TP는 0.127~2.080 mg/L로 나타났다.



<그림 3-286> PT지점 1차 정밀 모니터링

② 2차 모니터링

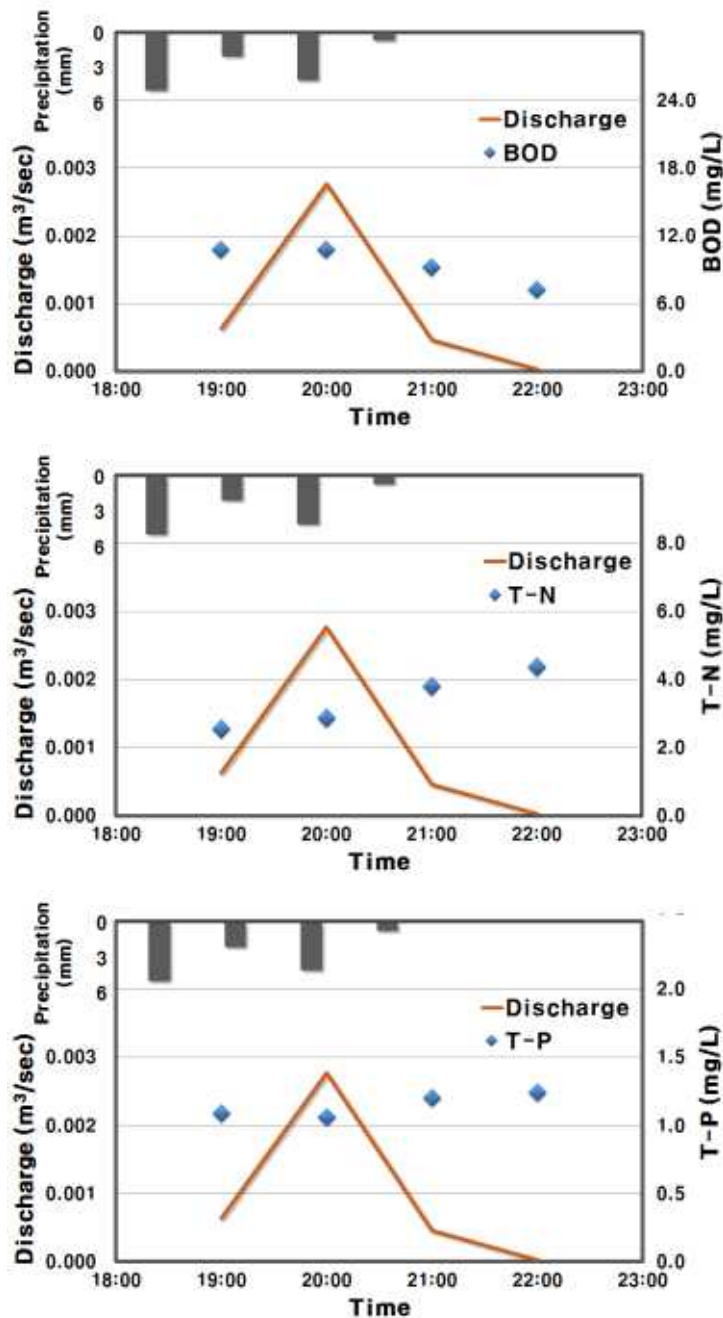
2차 모니터링은 4월 19일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 7.3 mm 이다. <그림 3-287>는 PT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프 이다. 유량은 강우와 비슷한 경향으로 감소하는 것으로 나타났으며, 또한 TP도 유량과 비슷한 패턴으로 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 반면 BOD, TN는 점차 증가 추세가 나타났다. 2차 모니터링에서 BOD는 7.5~15.8 mg/L, TN는 5.185~14.205 mg/L, TP는 0.621~0.942 mg/L로 나타났다.



<그림 3-287> PT지점 2차 정밀 모니터링

③ 5차 모니터링

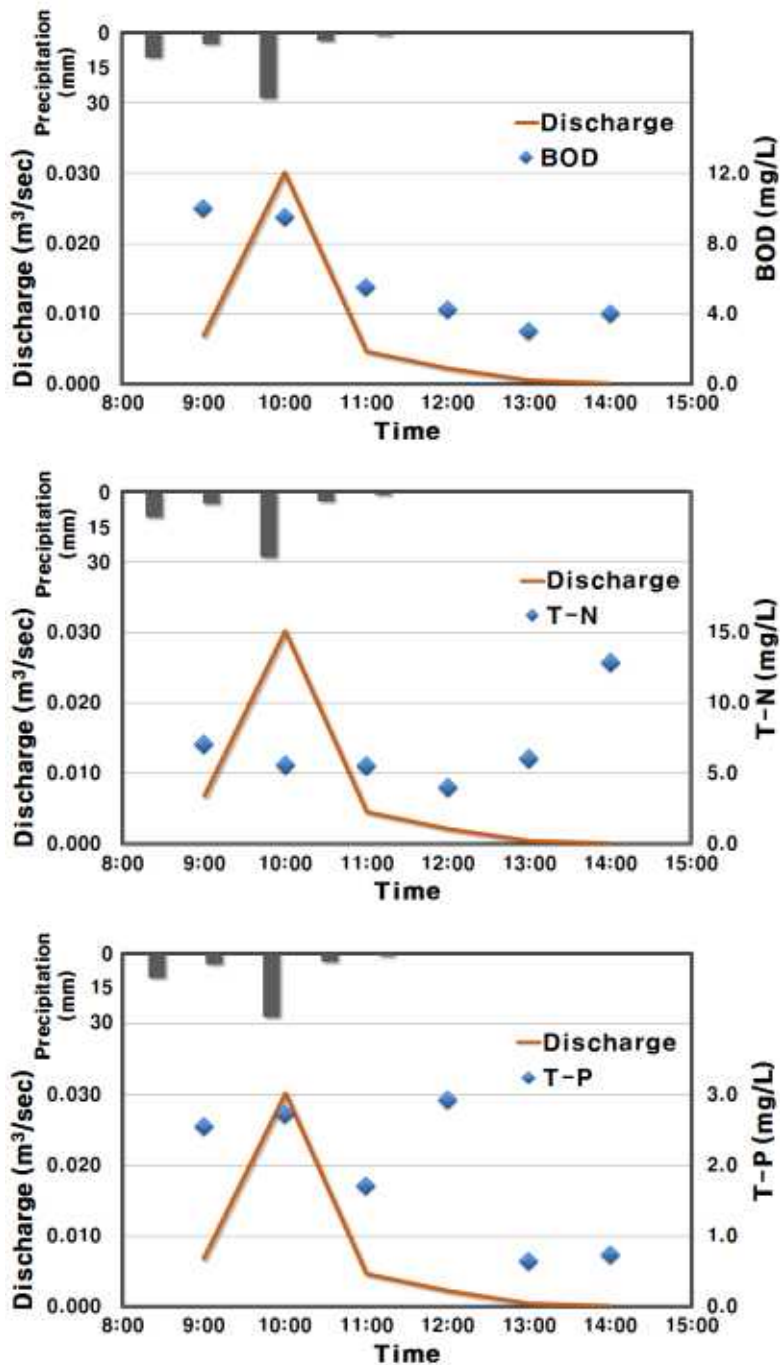
5차 모니터링은 7월 23일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 6.3 mm 이다. <그림 3-288>은 PT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프 이다. 유량의 증감에 따라 BOD는 비슷한 패턴으로 증감하는 것으로 나타났다. 반면 TN, TP는 점차 증가하는 것으로 나타났다. 5차 모니터링에서 BOD는 7.2~10.8 mg/L, TN은 2.537~4.376 mg/L, TP는 1.063~1.244 mg/L로 나타났다.



<그림 3-288> PT지점 5차 정밀 모니터링

④ 6차 모니터링

6차 모니터링은 7월 29일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 27.3 mm 이다. <그림 3-289>은 RT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. 모니터링 중반 TN 농도가 급격히 증가하는데 이는 처리수 방류로 인한 것으로 판단된다. 처리수는 11시 30분경부터 약 40분 동안 방류되었다. 6차 모니터링에서 BOD는 3.0~10.0 mg/L, TN은 4.029~12.900 mg/L, TP는 0.636~2.928 mg/L로 나타났다.



<그림 3-289> PT지점 6차 정밀 모니터링

(2) 유출 미발생 정밀 모니터링 결과

① 3차 모니터링

3차 모니터링은 6월 12일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 4.4 mm 이다. 총 강우는 5시간으로 시간당 강우강도가 낮아 유출이 발생되지 않았다.

② 4차 모니터링

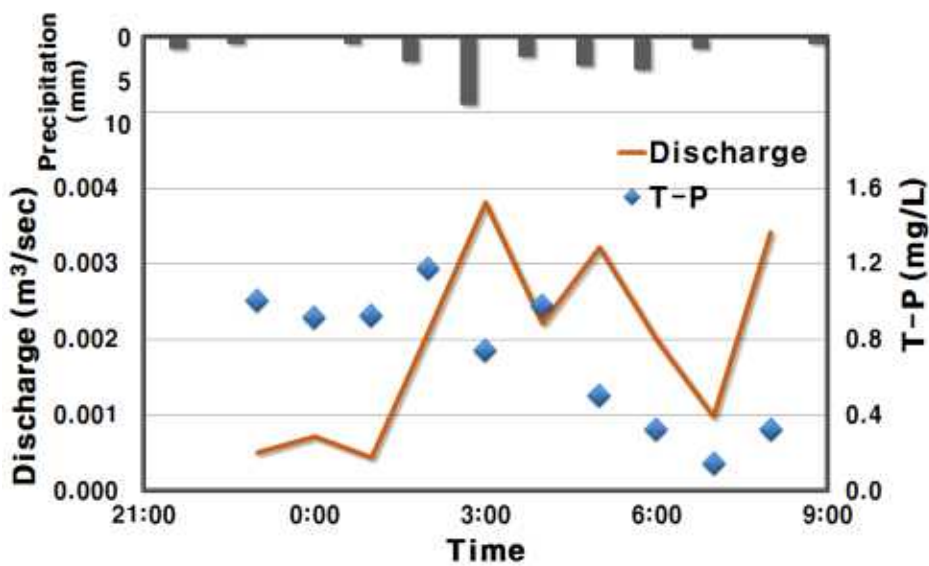
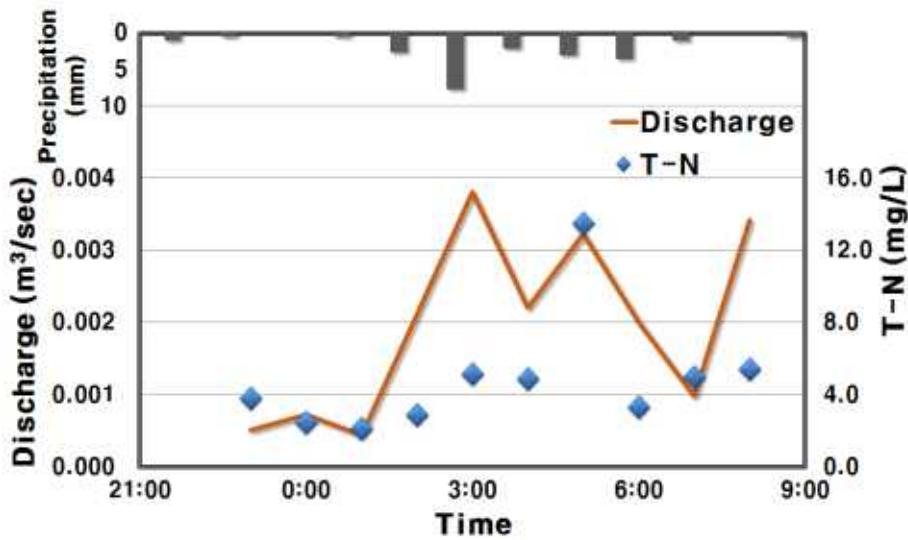
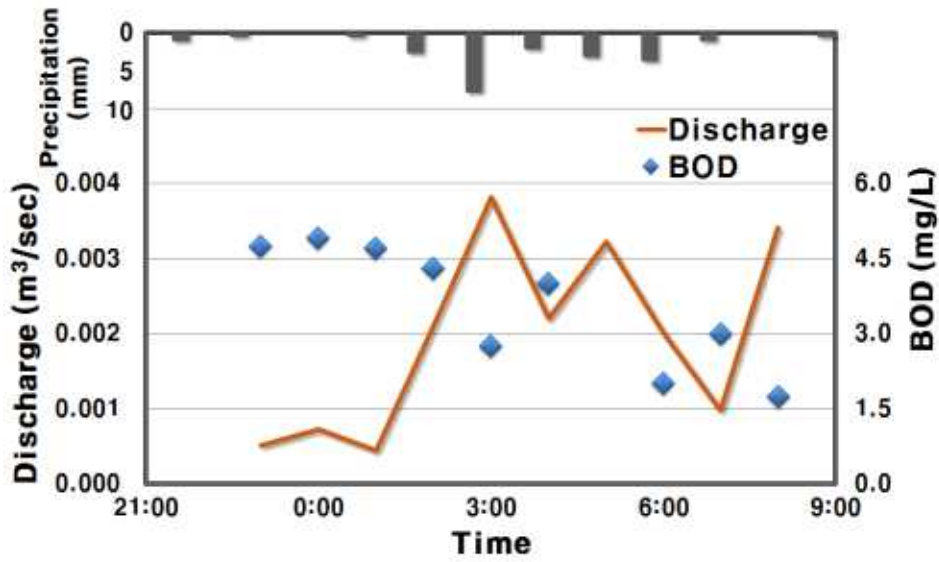
4차 모니터링은 7월 8일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 1.8 mm 이다. 강우량이 작아 유출이 발생하지 않았다.

다. 중간지역 축산폐수공공처리장 정밀 모니터링 결과 (MT)

(1) 유출발생 정밀 모니터링 결과

① 2차 모니터링

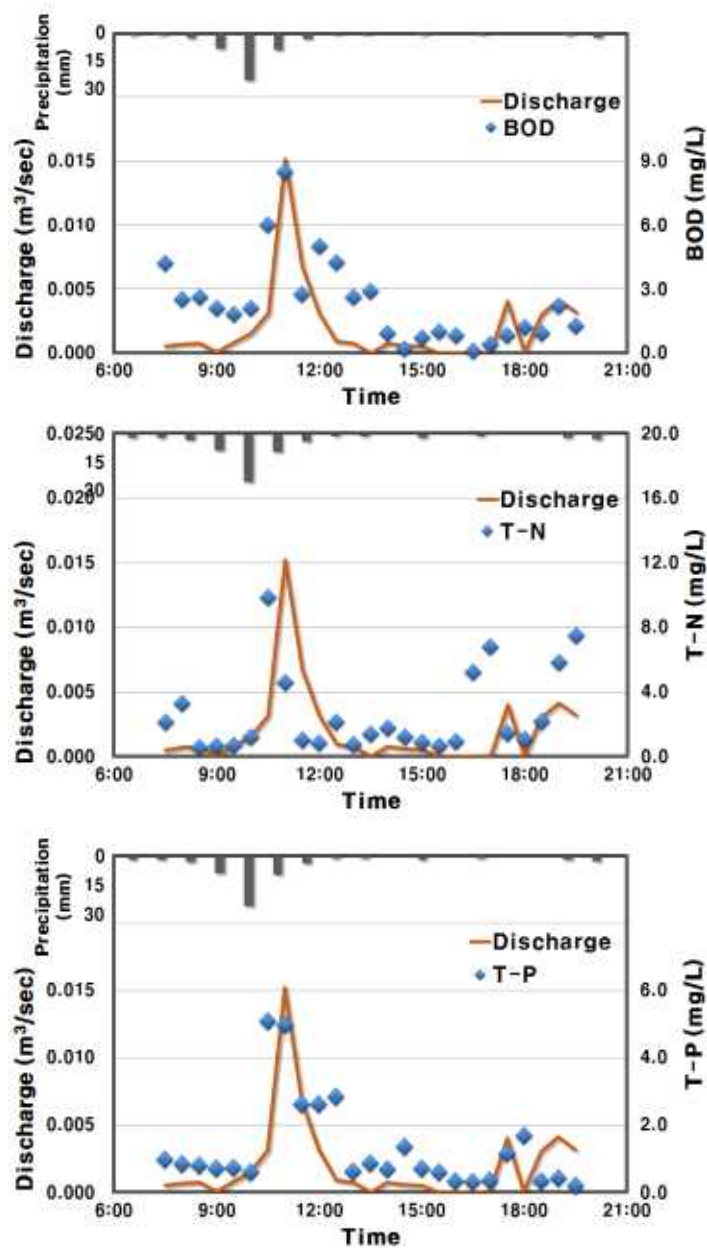
2차 모니터링은 6월 25일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 20.5 mm 이다. <그림 3-290>은 MT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. 모니터링 중간 BOD, TN 농도가 급격히 증가하는데 이는 처리수 방류로 인한 것으로 판단된다. 처리수는 4시경부터 2시간 동안 방류되었으며, 처리수 방류시 급격한 변화를 제외하면 일정한 수준의 농도를 나타내는 것으로 나타났다. 강우강도의 변화와 상관없이 2차 모니터링에서 BOD는 1.8~18.5 mg/L, TN은 2.119~13.448 mg/L, TP는 0.150~1.176 mg/L로 나타났다.



<그림 3-290> MT지점 2차 정밀 모니터링

② 4차 모니터링

4차 모니터링은 7월 24일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 51.0 mm 이다. <그림 3-291>은 MT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. 유량은 강우량의 변화와 비슷한 변화를 나타냈으며, 수질변화도 유량변화와 비슷한 패턴으로 변화하는 것으로 나타났다. 모니터링 후반 TN값의 급격한 증가는 SS의 변화와 유사한 패턴으로 나타난다. 이는 16시경 우수관로를 청소하며 발생한 SS로 인해 증가한 것으로 판단된다. 4차 모니터링에서 BOD는 0.1~8.5 mg/L, TN은 0.556~9.843 mg/L, TP는 0.188~5.087 mg/L로 나타났다.



<그림 3-291> MT지점 4차 정밀 모니터링

(2) 유출 미발생 정밀 모니터링 결과

① 1차 모니터링

1차 모니터링은 6월 5일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 1.5 mm이다. 총 강우가 작아 유출이 발생하지 않았다.

② 3차 모니터링

3차 모니터링은 7월 12일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 12.5 mm이다. 총 강우 시간이 21시간으로 강우량에 비해 장기간 강우가 발생하여 강우강도가 낮아 유출이 발생되지 않았다.

③ 5차 모니터링

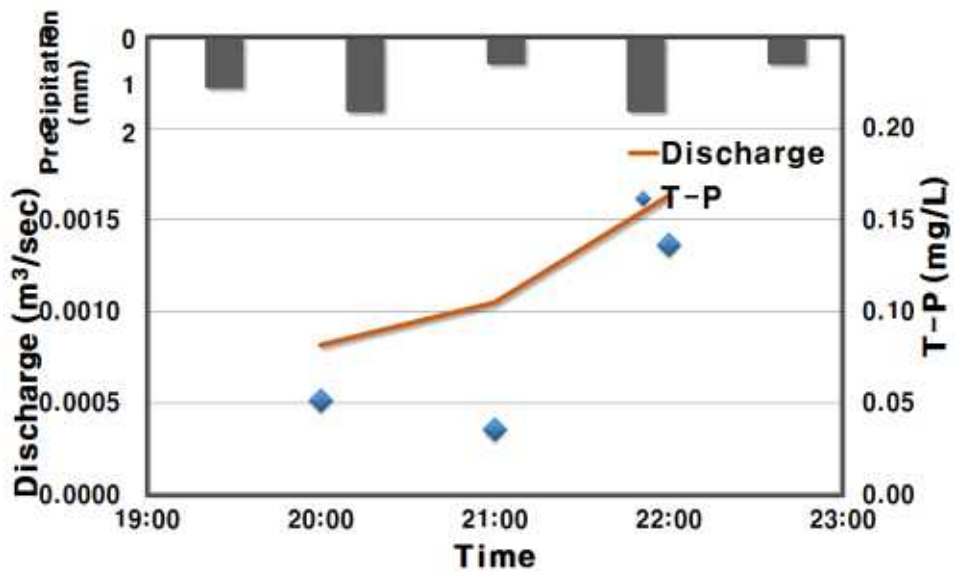
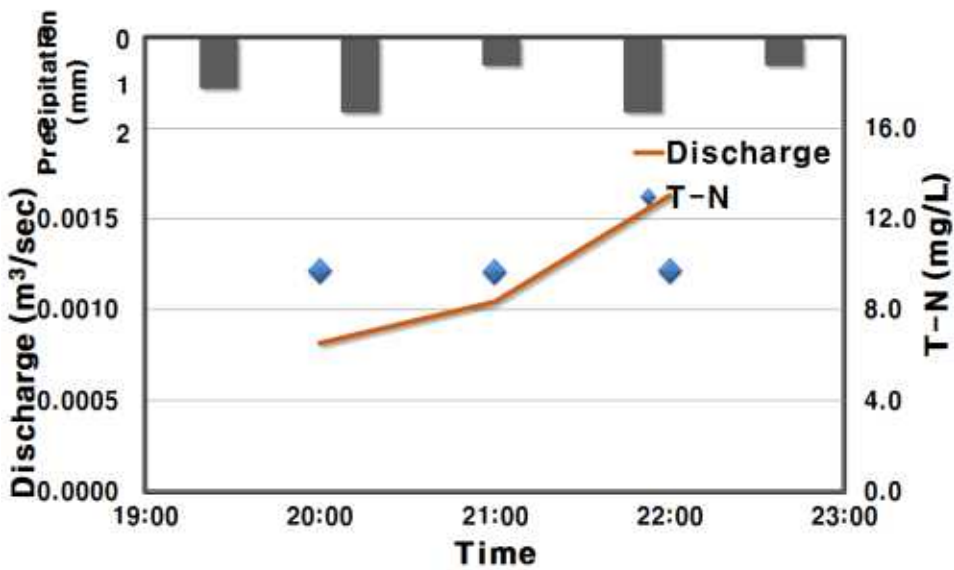
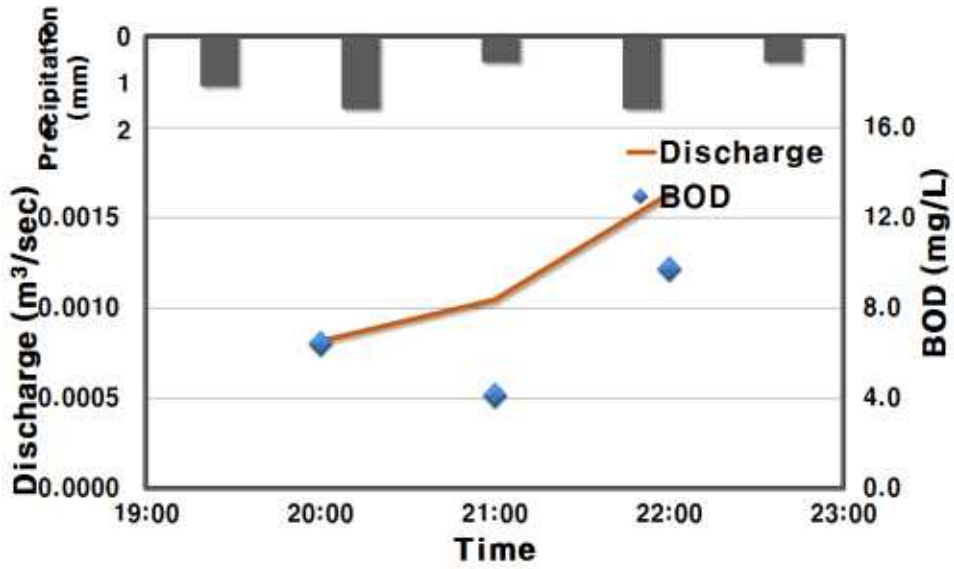
5차 모니터링은 9월 2일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우는 4.5mm 이다. 총 강우 시간이 18시간으로 강우강도가 낮아 유출이 발생되지 않았다.

라. 간척지역 가축분뇨공동자원화시설 정밀 모니터링 결과 (RT)

(1) 유출발생 정밀 모니터링 결과

① 1차 모니터링

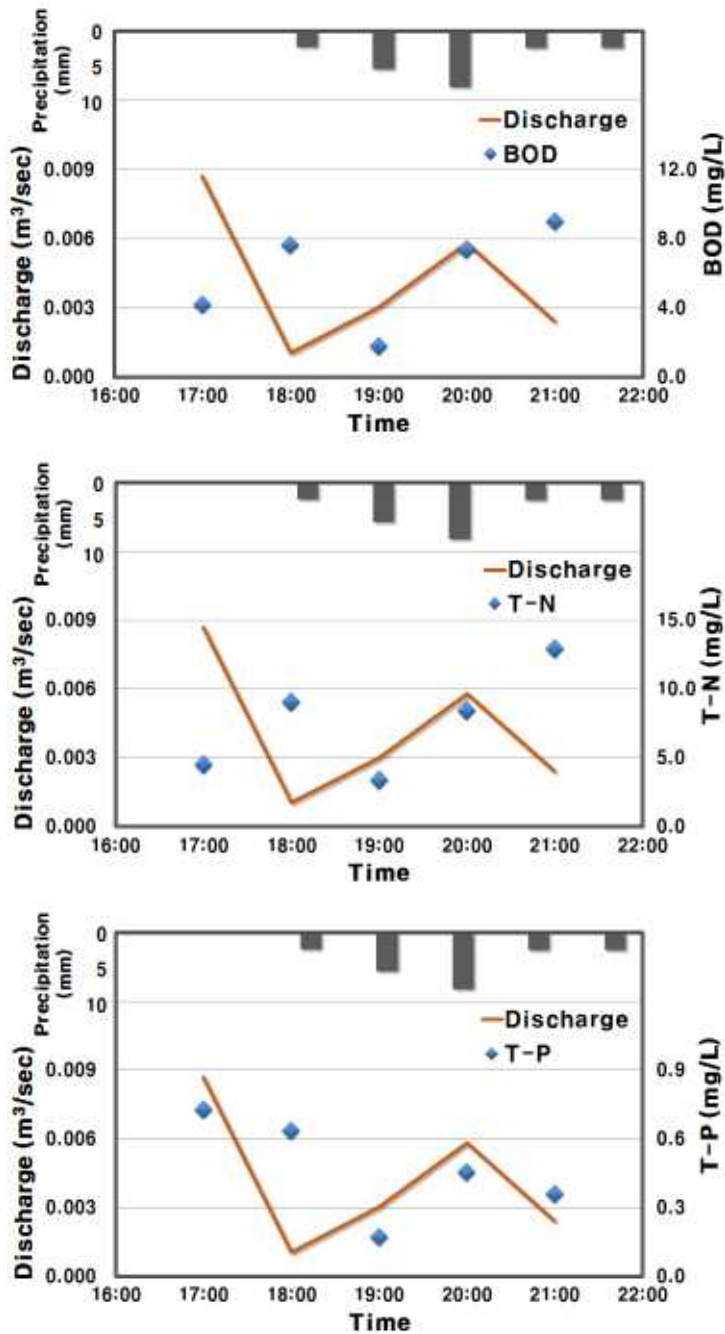
1차 모니터링은 5월 11일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 3.5 mm이다. <그림 3-292>은 RT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. 유출은 초기 강우강도 0.38 mm/hr까지 발생하지 않았으며 강우강도 0.60 mm/hr에서 나타났다. 유출이 발생하기 위해 최소 0.60 mm/hr 이상의 강우강도가 필요한 것으로 나타났다. 1차 모니터링에서 BOD는 3.0~4.1 mg/L, TN은 9.672~9.736 mg/L, TP는 0.036~0.136 mg/L로 나타났다.



<그림 3-292> RT지점 1차 정밀 모니터링

② 2차 모니터링

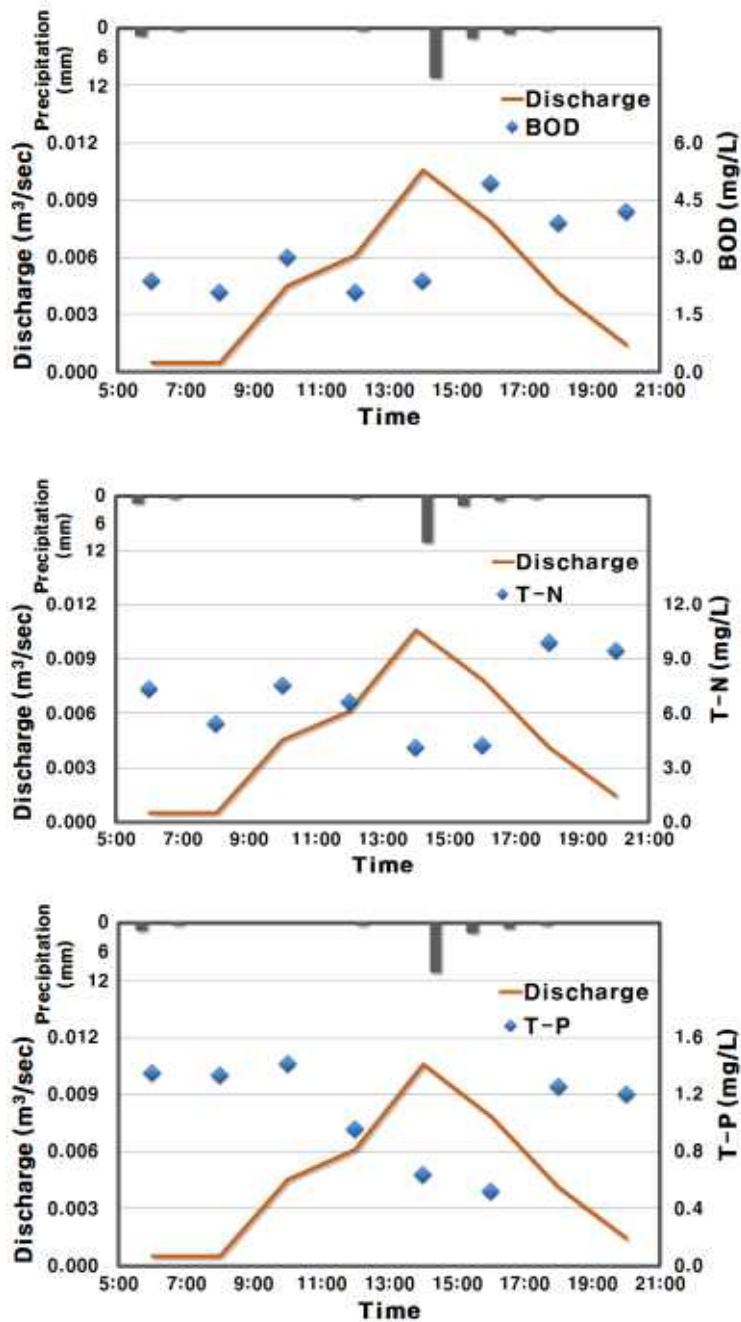
2차 모니터링은 6월 25일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 16.4 mm 이다. <그림 3-293>은 RT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. TP는 유량 패턴과 유사하게 변화하는 것으로 나타났다. 또한 BOD와 TN도 같은 경향으로 변화하는 것으로 나타났다. 2차 모니터링에서 BOD는 1.8~9.0 mg/L, TN은 3.391~12.958 mg/L, TP는 0.173~0.727 mg/L로 나타났다.



<그림 3-293> RT지점 2차 정밀 모니터링

③ 4차 모니터링

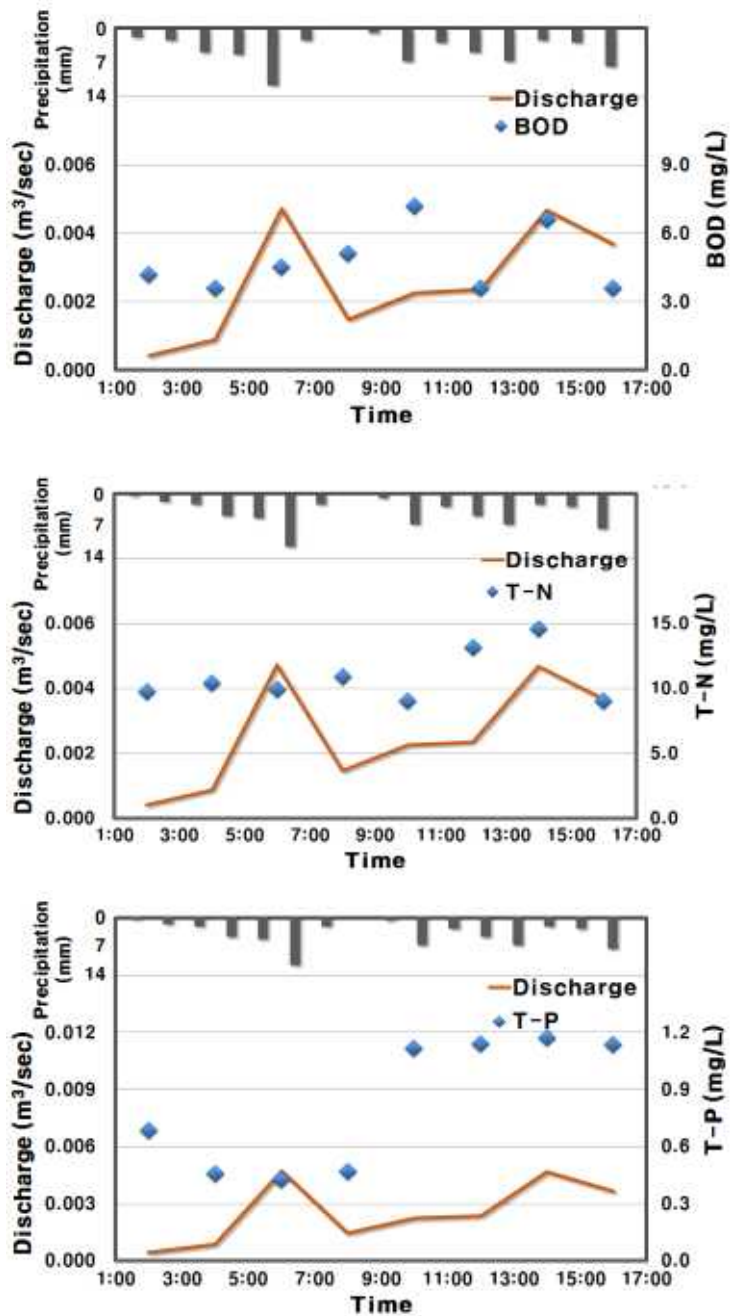
4차 모니터링은 8월 20일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 17.0 mm 이다. <그림 3-294>은 RT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. 유량이 증가함에 따라 BOD, TN, TP의 농도가 감소하는 것으로 나타났다. 4차 모니터링에서 BOD는 2.1~5.0 mg/L, TN은 4.119~9.923 mg/L, TP는 0.524~1.415 mg/L로 나타났다.



<그림 3-294> RT지점 4차 정밀 모니터링

④ 5차 모니터링

5차 모니터링은 10월 1일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 58.9 mm 이다. <그림 3-295>은 RT 지점의 강우량, 유량, BOD, TN, TP의 농도를 나타낸 그래프이다. BOD, TN, TP는 유량 패턴과 비슷하게 점점 증가하는 것으로 나타났다. 5차 모니터링에서 BOD는 3.6~7.2 mg/L, TN은 9.014~14.594 mg/L, TP는 0.428~1.172 mg/L로 나타났다.



<그림 3-295> RT지점 5차 정밀 모니터링

(2) 유출 미발생 정밀 모니터링 결과

① 3차 모니터링

3차 모니터링은 7월 7일 발생한 강우 사상에 대해 조사하였으며, 총 강우량은 6.5 mm 이다. 강우량이 적고 강우강도가 낮아 유출이 발생되지 않았다.

마. EMC 산정 및 분석

정밀 모니터링 결과를 바탕으로 강우사상별 EMC를 산정하였다. 유출이 발생하지 않아 0 EMC가 발생한 용인 1회, 황성 3회, 정읍 1회는 제외하고 산정하였으며, 산정결과는 <그림 3-296> - <그림 3-298>에 수록하였다.

2차 년도 횡수부족으로 3차 년도 여주시 정밀 모니터링을 6월 13일 1회회 실시하였지만 2 mm 의 적은 강수량으로 유출이 발생하지 않았다<표 3-89>.

BOD에 경우 FT에서 2.5~9.8 mg/L, PT에서 8.5~12.8 mg/L, MT에서 3.5 mg/L, RT에서 3.7~7.2 mg/L로 나타났다. TN의 경우 FT에서 2.510~10.223 mg/L, PT에서 2.931~7.184 mg/L, MT에서 1.702~5.416 mg/L, RT에서 6.547~11.194 mg/L로 나타났다. TP의 경우 FT에서 0.373~1.907 mg/L, PT에서 2.931~7.184 mg/L, MT에서 1.702~5.416 mg/L, RT에서 0.086~0.893 mg/L로 나타났다. 2차 년도 정밀모니터링 횡수 부족으로 올해 정밀모니터링을 1회 실시했던 여주의 1~5차 EMC를 살펴보면 BOD는 3.4~11.0 mg/L, TN은 0.60~12.25 mg/L, TP는 0.96~9.18 mg/L의 범위를 나타냈다.

<표 3-87> FT 강우유출수 EMC 산정결과

구 분	1차	2차	3차	4차	5차
조사일시	06.25	06.30	07.07	08.20	08.25
집수구역면적(A,m ²)	8,685.20				
총강우량 (P, mm)	34.6	12.0	162.0	33.0	51.5
강우 지속시간 (hr)	22	22	17	30	25
총유출량(Q=q·t, m ³)	49.4	0.4	120.8	22.4	119.7
유출 지속시간 (hr)	4	9	8	6	13
유출고 (H=(Q/A)·1000, mm)	5.69	0.05	13.90	2.58	13.78
유출률 (R=H/P)	0.16	0.004	0.09	0.08	0.27
강우강도 (mm/hr)	1.57	0.55	9.53	1.10	2.06
수질항목	EMC (mg/L)				
BOD ₅	5.3	9.8	5.1	2.5	3.0
T-N	2.510	6.864	4.791	10.223	10.102
T-P	1.907	1.072	0.656	0.547	0.373

<표 3-88> PT 강우유출수 EMC 산정결과

구 분	1차	2차	3차	4차	5차	6차
조사일시	04.13	04.19	06.12	07.08	07.23	07.28
집수구역면적(A,m ²)	10,481.3					
총강우량 (P, mm)	8.1	27.4	1.0	1.8	12.8	45.6
강우 지속시간 (hr)	20	27	2	2	7	7
총유출량(Q=q·t, m ³)	19.1	54.4	0.0	0.0	14.0	160.2
유출 지속시간 (hr)	5	5	0	0	4	5
유출고 (H=(Q/A)·1000, mm)	1.82	5.19	0.00	0.00	1.34	15.29
유출률 (R=H/P)	0.22	0.19	0.00	0.00	0.10	0.34
강우강도 (mm/hr)	0.41	1.01	0.50	0.90	1.83	6.51
수질항목	EMC (mg/L)					
BOD ₅	12.8	8.5	0.0	0.0	10.6	8.8
T-N	7.184	6.534	0.000	0.000	2.931	5.769
T-P	1.669	0.900	0.000	0.000	1.086	2.573

<표 3-89> MT 강우유출수 EMC 산정결과

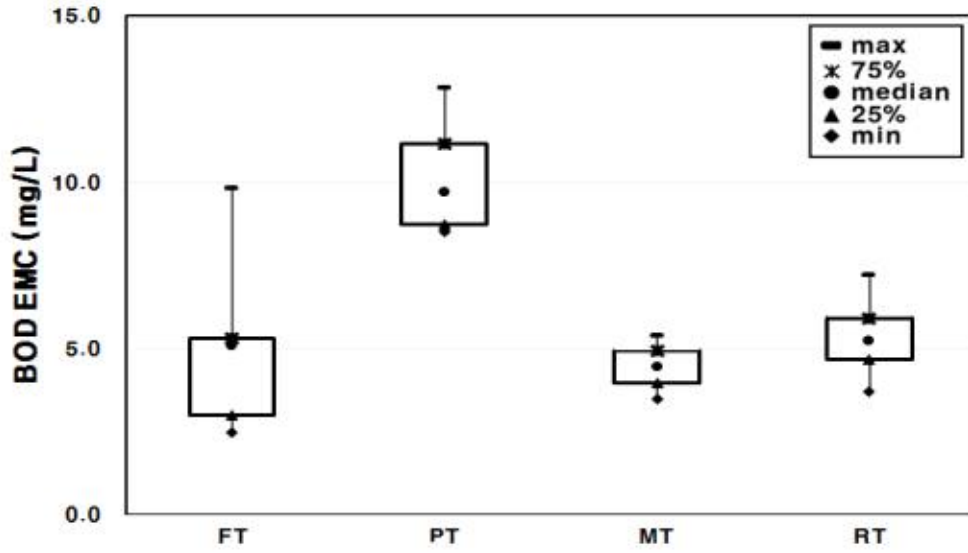
구 분	1차	2차	3차	4차	5차
조사일시	06.05	06.25	07.12	07.24	09.02
집수구역면적(A,m ²)	5,782.1				
총강우량 (P, mm)	1.5	25.0	12.5	14.0	1.5
강우 지속시간 (hr)	6	15	21	5	4
총유출량(Q=q·t, m ³)	0.0	43.6	0.0	72.4	0.0
유출 지속시간 (hr)	0	9	0	13.5	0
유출고 (H=(Q/A)·1000, mm)	0.00	7.53	0.00	12.53	0.00
유출률 (R=H/P)	0.00	0.30	0.00	0.89	0.00
강우강도 (mm/hr)	0.25	1.67	0.60	2.80	0.38
수질항목	EMC (mg/L)				
BOD ₅	0.0	5.4	0.0	3.5	0.0
T-N	0.000	5.416	0.000	1.702	0.000
T-P	0.000	0.684	0.000	2.521	0.000

<표 3-90> RT 강우유출수 EMC 산정결과

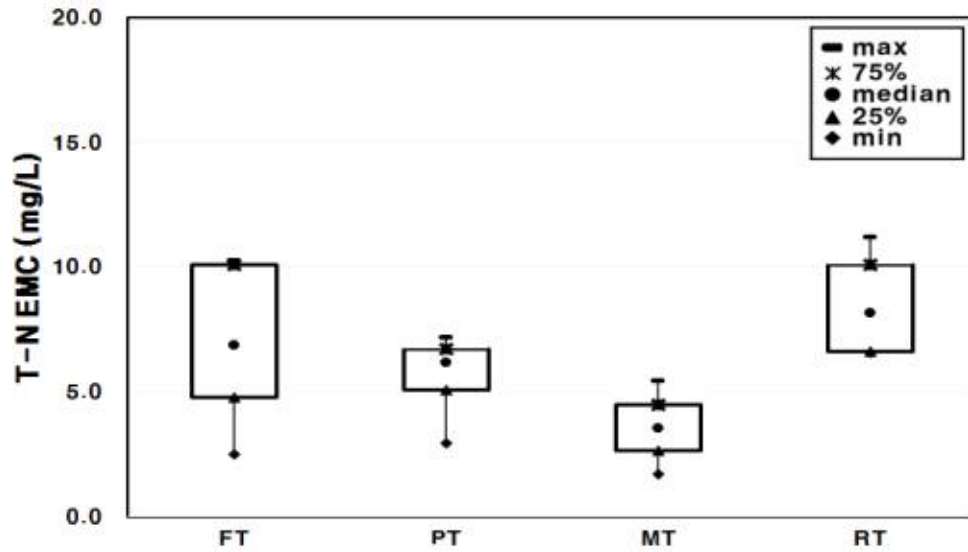
구 분	1차	2차	3차	4차	5차
조사일시	05.11	06.25	07.07	08.20	09.30
집수구역면적(A,m ²)	8,509.6				
총강우량 (P, mm)	13.5	42.5	10.9	39.5	64.5
강우 지속시간 (hr)	13	20	19	25	19
총유출량(Q=q·t, m ³)	12.6	75.6	0.0	250.1	147.3
유출 지속시간 (hr)	2	5	0	15	14
유출고 (H=(Q/A)·1000, mm)	1.48	8.88	0.00	29.40	17.31
유출률 (R=H/P)	0.11	0.21	0.00	0.74	0.27
강우강도 (mm/hr)	1.04	2.13	0.57	1.58	3.39
수질항목	EMC (mg/L)				
BOD ₅	7.2	5.5	0.0	3.7	5.0
T-N	9.705	6.641	0.000	6.547	11.194
T-P	0.086	0.525	0.000	0.884	0.893

<표 3-91> MT 강우유출수 EMC 산정결과

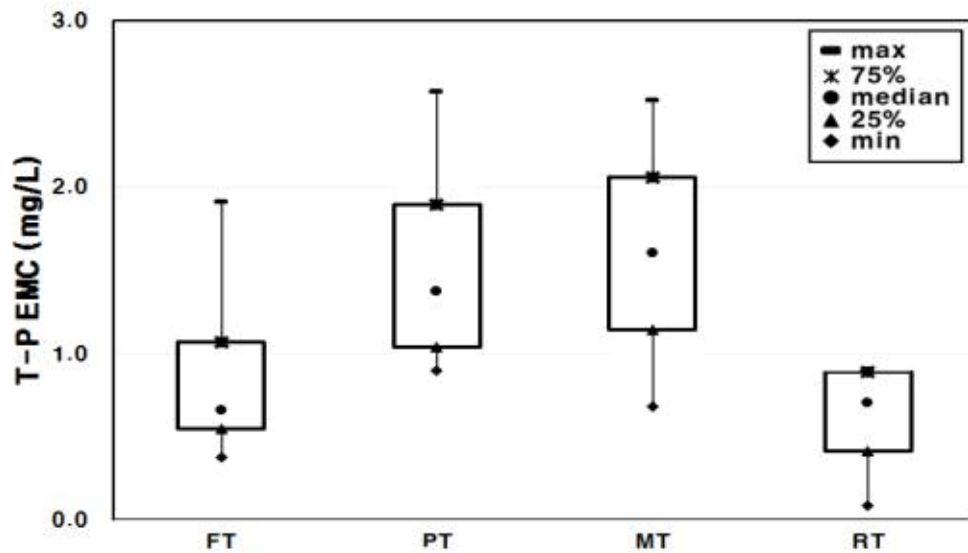
구 분	1차	2차	3차	4차	5차
조사일시	'14.07.23	'14.08.02	'14.08.21	'14.09.03	'15.06.13
집수구역면적(A,m ²)	6,220.9				
총강우량 (P, mm)	39	19.5	34.5	50.5	2
강우 지속시간 (hr)	17	38	19	14	2
총유출량(Q=q·t, m ³)	1.0	0.0	9.9	1,968.9	0.0
유출 지속시간 (hr)	0.5	0.0	6.8	11.0	0
유출고 (H=(Q/A)·1000, mm)	0.15	0.00	1.58	316.49	0.00
유출률 (R=H/P)	0.00	0.00	0.05	6.27	0.00
강우강도 (mm/hr)	2.29	0.51	1.82	3.61	1.00
수질항목	EMC (mg/L)				
BOD ₅	3.4	0.0	11.0	8.8	0.0
T-N	0.60	0.00	1.87	12.25	0.000
T-P	0.96	0.00	9.18	3.68	0.000



<그림 3-296> EMC 산정 결과 (BOD)



<그림 3-297> EMC 산정 결과 (T-N)



<그림 3-298> EMC 산정 결과 (T-P)

바. 모니터링지점 부하량 산정

(1) EMC 산정

2013년~2015년 정밀 모니터링이 수행된 가평, 영천, 용인, 여주, 횡성, 화성, 정읍에서 산정된 EMC값 중 유출이 발생하지 않아 산정된 0 EMC 값을 제외한 EMC 값을 이용하여 전체 모니터링지점의 평균 EMC를 산정했다<표 3-92>.

<표 3-92> 2013~2015년 모니터링지점 평균 EMC

항목	EMC (mg/L)						
	FT		PT	MT		RT	
	가평	영천	용인	여주	횡성	화성	정읍
EMC 수	10(3)	5(0)	15(3)	10(2)	5(3)	10(1)	5(1)
BOD	15.5	5.1	10.3	6.5	4.5	11.2	5.4
TN	27.283	6.898	22.686	4.345	3.559	9.969	8.522
TP	3.963	0.911	1.337	2.193	1.603	1.310	0.597

EMC 수 ()안의 값은 0 EMC 수

BOD의 경우 가평에서 15.5 mg/L, 영천에서 5.1 mg/L, 용인에서 10.3 mg/L, 여주에서 6.5 mg/L, 횡성에서 4.5 mg/L, 화성에서 11.2 mg/L, 정읍에서 5.4 mg/L로 나타났다. TN의 경우는 가평에서 27.283 mg/L, 영천에서 6.898 mg/L, 용인에서 22.666 mg/L, 여주에서 4.345 mg/L, 횡성에서 3.559 mg/L, 화성에서 9.969 mg/L, 정읍에서 8.522 mg/L로 나타났다. TP의 경우는 가평에서 3.963 mg/L, 영천에서 0.911 mg/L, 용인에서 1.337 mg/L, 여주에서 2.193 mg/L, 횡성에서 1.603 mg/L, 화성에서 1.310 mg/L, 정읍에서 0.597 mg/L로 나타났다.

평균값을 살펴보면 BOD 15.5 mg/L, TN 27.283 mg/L, TP 3.963 mg/L로 가평이 가장 높게 나타났다. 가평 지점 EMC값이 높게 산정된 이유는, 비가림시설의 노후화로 인해 퇴비가 쓸려 내려온 적이 있고 비가림시설 보수공사 등의 원인으로 높게 나타나는 것으로 판단된다.

(2) 유출유량 산정

① 강우량 분석

모니터링지점의 2015년 연간 강우량은 <표 3-93>와 같다. 지점별로 살펴보면 가평 795.0 mm, 영천 838.7mm, 용인 869.1 mm, 여주 926.0 mm, 횡성 639.0mm, 화성 626.5 mm, 정읍 988.0mm로 나타났다. 강우량이 가장 높은 곳은 988.0 mm로 정읍으로 나타났고 가장 낮은 곳은 626.5 mm로 화성으로 나타났다.

<표 3-93> 모니터링지점 2015년 강우량 (단위 : mm)

항목	FT		PT	MT		RT	
	가평	영천	용인	여주	횡성	화성	정읍
1월	12.5	18.1	17.2	13.0	16.5	12.5	50.5
2월	26.0	8.7	19.5	16.5	13.0	16.5	11.8
3월	10.0	49.3	16.3	21.0	13.5	9.0	38.5
4월	70.5	84.0	98.1	101.0	91.5	92.0	115.5
5월	47.5	31.6	34.9	29.5	28.5	30.5	37.0
6월	50.5	95.6	43.2	96.0	66.0	33.0	135.2
7월	312.0	183.0	236.9	237.5	163.5	133.5	186.0
8월	51.5	142.5	164.6	95.0	31.0	74.5	88.2
9월	0.5	72.5	16.3	117.0	12.5	12.0	18.1
10월	70.0	41.0	57.4	47.0	58.5	72.0	120.9
11월	123.5	78.7	122.7	123.5	117.5	103.5	111.8
12월	20.5	33.7	42.0	29.0	27.0	37.5	74.5
합계	795.0	838.7	869.1	926.0	639.0	626.5	988.0

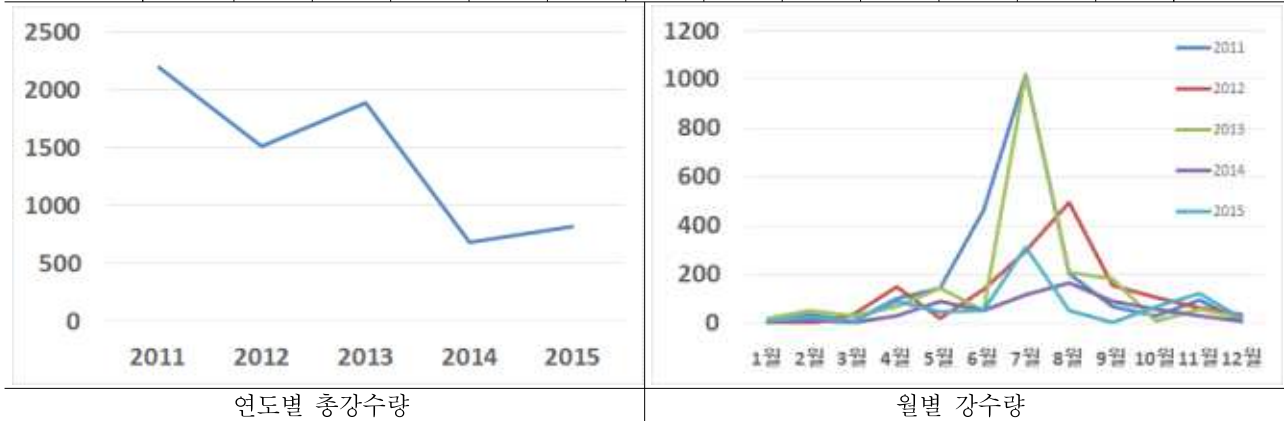
2015년 강우자료 (기상청)

2011년부터 2015년까지의 5년간 각 관측소의 강우기록을 조사하여 분석한 결과, 연간 총 강우량은 해마다 감소하고 있으며 일부지역에선 평년치의 절반에 미치지 않는 이상치를 나타냈다. 특히 평년에 장마와 태풍의 영향으로 집중되었던 여름철 강수량이 매우 줄어든 것으로 분석되었다.

<표 3-94> 가평 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
가평	2011	3.0	35.5	9.0	104.5	146.5	463.0	1,022	205.5	69.5	31.5	99.0	8.5	2,198.0
	2012	4.5	0.0	37.5	151.5	20.0	140.0	298.0	496.5	154.5	106.5	66.0	37.5	1,512.5
	2013	23.5	53.5	30.0	69.5	145.0	55.5	1,020	210.0	183.5	12.0	61.5	26.0	1,890.0
	2014	6.5	17.0	7.5	32.5	93.0	53.0	119.0	165.0	90.0	59.5	32.5	13.5	689.0
	2015	12.5	26.0	10.0	93.5	47.5	52.5	313.5	51.5	4.0	70.0	123.5	20.5	825.0



연도별 총강수량

월별 강수량

<표 3-95> 영천 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
영천	2011	0.1	66.9	17.0	114.5	169.1	139.9	296.9	134.3	39.0	76.9	58.0	14.5	1,127.1
	2012	9.7	5.2	79.7	88.7	41.6	86.4	239.5	371.4	265.5	37.2	42.8	48.3	1,316.0
	2013	20.0	23.7	80.2	84.6	75.8	61.5	293.8	116.9	67.6	112.7	29.6	5.3	971.7
	2014	4.0	19.5	114.5	102.6	45.7	44.0	104.4	480.5	122.5	106.9	42.5	6.8	1,193.9
	2015	18.1	10.7	47.3	84.0	31.6	96.1	182.5	142.5	72.5	41.0	78.7	33.7	838.7



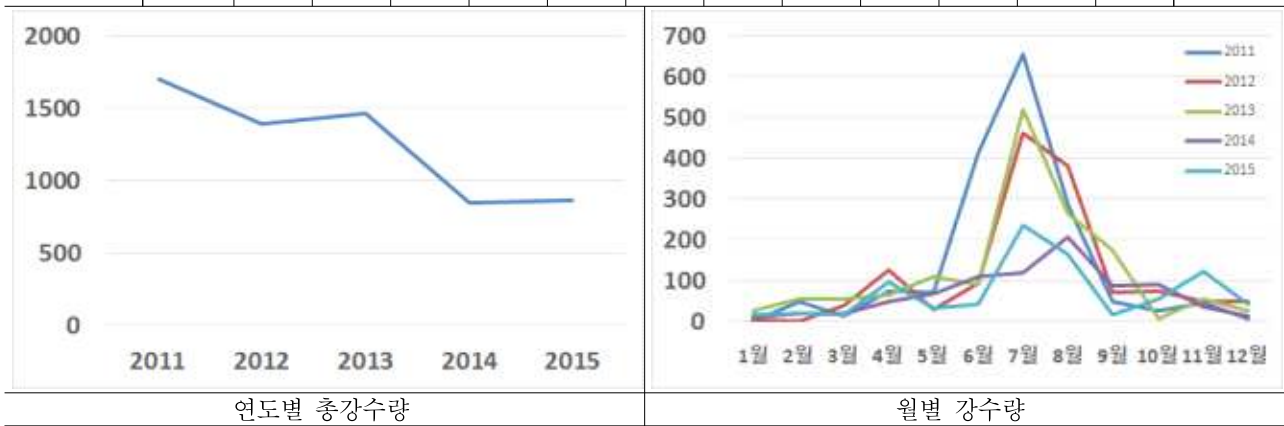
연도별 총강수량

월별 강수량

<표 3-96> 용인 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

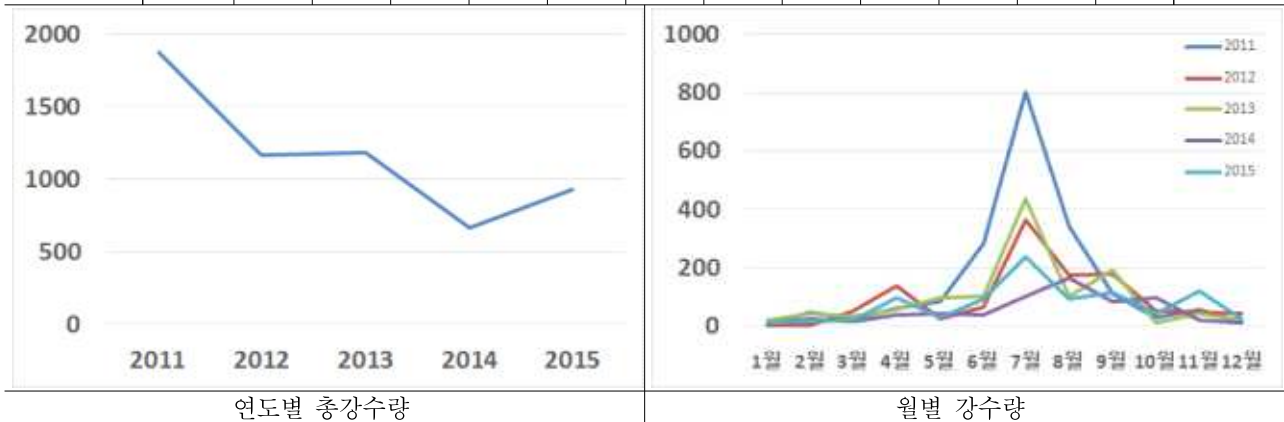
모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
용인	2011	2.3	50.9	15.1	75.7	71.6	412.5	654.2	288.5	51.2	27.8	46.9	7.8	1,704.5
	2012	5.7	0.1	41.7	127.9	31.8	94.5	461.5	380.1	71.3	75.9	49.8	50.8	1,391.1
	2013	26.9	56.0	55.9	66.2	111.9	90.2	518.6	266.9	175.6	9.2	55.1	28.7	1,461.2
	2014	10.4	20.6	19.4	48.7	70.0	112.2	121.7	207.0	89.0	91.3	37.2	15.9	843.4
	2015	17.2	19.5	16.5	97.9	34.9	43.2	236.9	164.6	16.3	57.4	122.7	42.0	869.1



<표 3-97> 여주 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

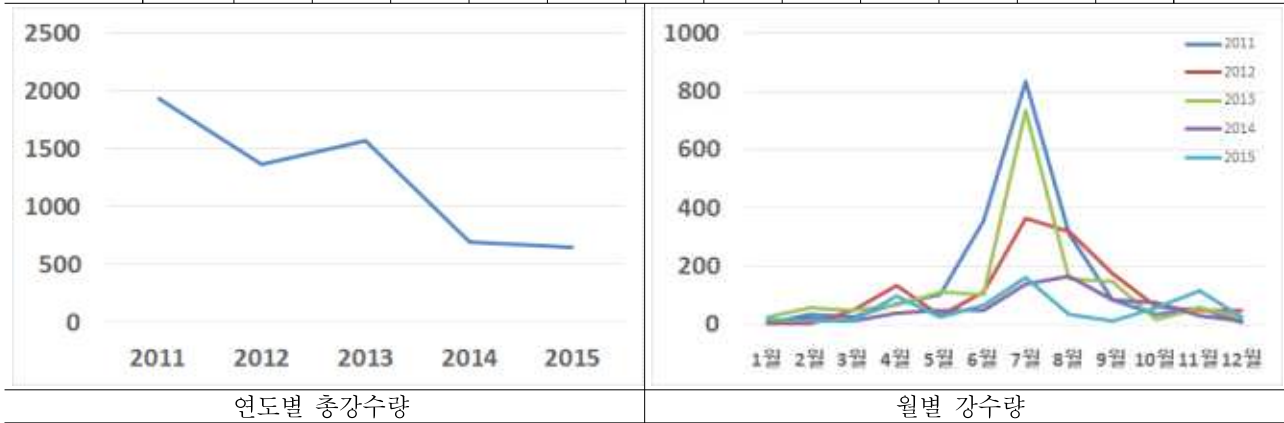
모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
여주	2011	4.5	48.0	29.0	61.0	84.5	285.0	801.0	343.0	114.0	31.5	58.0	12.0	1,871.5
	2012	5.0	3.0	54.5	140.0	28.5	65.5	366.5	175.5	182.5	56.0	47.5	44.5	1,169.0
	2013	21.5	44.5	36.5	59.5	99.5	104.0	435.5	105.0	195.5	12.5	45.5	22.5	1,182.0
	2014	9.5	25.0	18.0	40.0	43.5	41.0	105.5	167.5	86.5	97.0	23.0	11.5	668.0
	2015	13.0	16.5	21.0	101.0	29.5	96.0	238.0	95.0	117.0	47.0	123.5	29.0	926.5



<표 3-98> 횡성 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

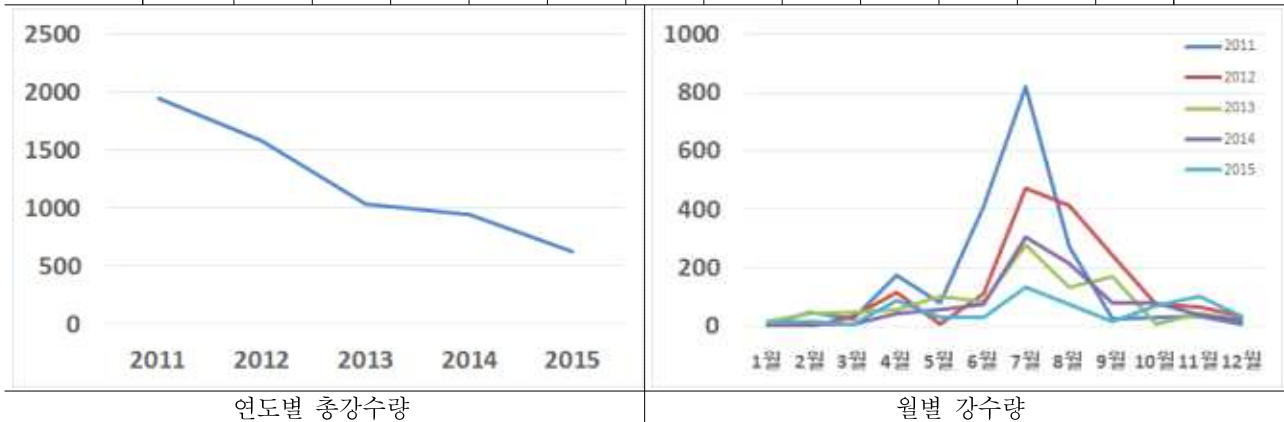
모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
횡성	2011	2.5	37.0	28.0	71.0	105.0	354.5	834.5	312.5	86.5	34.0	56.5	9.0	1,931.0
	2012	6.5	3.5	51.0	136.0	31.0	111.5	363.0	321.5	175.0	63.0	50.0	50.0	1,362.0
	2013	28.0	60.0	47.5	68.0	112.0	103.0	736.0	156.5	150.5	18.0	58.5	27.5	1,565.5
	2014	9.5	24.0	13.0	39.0	47.5	50.0	141.0	168.5	84.5	75.0	29.5	15.0	696.5
	2015	16.5	13.0	13.5	97.0	28.5	69.5	163.0	36.0	12.5	58.5	117.5	27.5	653.0



<표 3-99> 화성 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

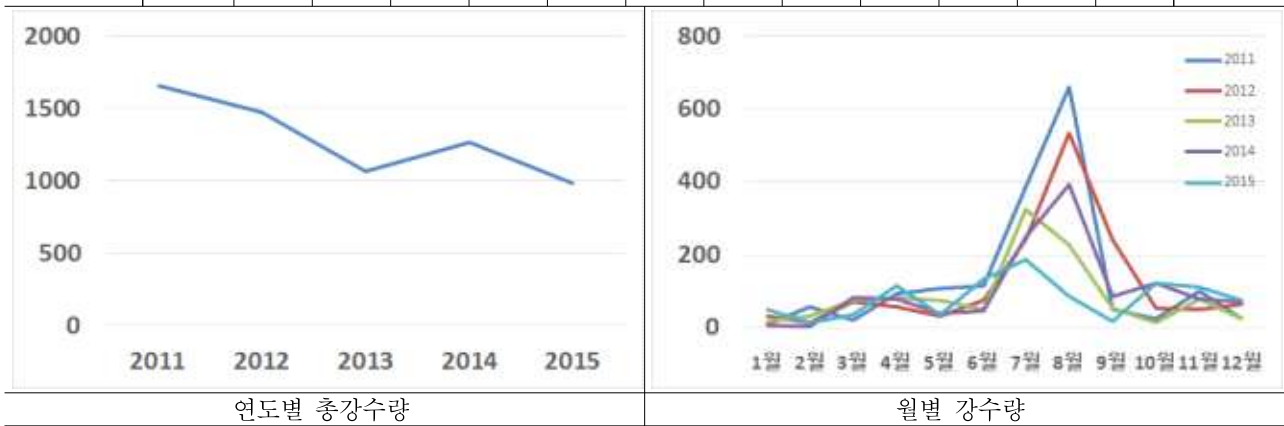
모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
화성	2011	6.5	48.5	25.0	177.0	83.0	410.5	822.0	274.0	25.0	33.0	37.0	8.0	1,949.5
	2012	6.0	0.5	35.0	115.0	8.5	111.0	473.0	416.5	241.5	76.5	65.5	36.5	1,585.5
	2013	19.5	45.0	51.0	58.0	105.0	87.0	278.0	136.5	172.5	11.0	46.0	23.0	1,032.5
	2014	4.5	10.0	11.0	45.0	60.0	74.5	305.0	217.5	80.5	80.0	39.5	21.5	949.0
	2015	12.5	16.5	9.5	91.5	30.5	33.0	133.5	74.5	16.5	72.0	103.5	37.5	631.0



<표 3-100> 정읍 월별 강수량 분석

(단위 : mm)

모니터링 지점	년도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
정읍	2011	10.5	57.4	22.5	92.2	108.2	115.0	384.5	660.5	52.1	25.2	100.3	25.6	1,654.0
	2012	33.5	14.6	72.6	57.1	32.1	74.2	243.1	532.3	242.1	53.8	52.1	65.9	1,473.4
	2013	17.8	33.1	76.7	82.4	75.3	49.6	324.1	227.0	54.5	15.9	78.7	26.8	1,061.9
	2014	7.5	2.9	84.7	78.7	40.0	45.5	250.4	392.3	85.5	122.9	79.5	71.3	1,261.2
	2015	49.5	14.3	36.0	115.5	37.0	135.2	186.0	88.2	18.1	120.9	111.8	75.5	988.0



② 유출유량 산정

EMC_y(mg/L)는 해당 강우계급에 속하는 강우사상들에 대해 산정된 EMC_x로부터 다음의 식으로 산정한다. 하지만 강우계급별 적정 조사 횟수를 만족하지 못하기 때문에 2015년 강수량을 이용하여 유출유량을 산정하였다.

$$EMC_y = \frac{\sum_{n=1}^N (EMC_{xn})}{N}$$

여기서 EMC_{xn}는 강우계급 y에 해당하는 전체 N개의 강우사상 중 n번째 강우사상의 EMC(mg/L)를 산정해야 하지만 2015년 강수량을 사용하여 365일을 기준으로 계산하였다.

모니터링지점의 유출유량을 산정하기 위해 <표 3-101>의 시설면적과 유출률을 사용하였으며, 시설면적은 화성이 16,250 m² 으로 가장 크며, 황성이 5,782 m² 으로 가장 작은 것으로 나타났다. 유출률은 0.15~8.70 사이로 나타났으며, 화성이 8.7로 가장 높으며, 영천이 0.15로 가장 작은 것으로 나타났다.

<표 3-101> 모니터링지점 강우량

항목	FT		PT	MT		RT	
	가평	영천	용인	여주	횡성	화성	정읍
시설면적 (m ²)	6,713	8,685	10,481	6,221	5,782	16,250	8,510
유출률	0.47	0.15	1.01	3.68	0.60	8.70	0.33

유출률을 이용해 유출유량을 산정하였다<표 3-102>. 산출된 유출유량을 살펴보면 가평 14.6 m³, 영천 20.0 m³, 용인 25.0 m³, 여주 15.8 m³, 횡성 10.1 m³, 화성 27.9 m³, 정읍 23.0으로 산정되었다. 유출유량은 화성이 27.9 m³ 로 가장 높았으며, 횡성이 10.1 m³ 로 가장 낮게 산정되었다.

<표 3-102> 모니터링지점 강우량

항목	FT		PT	MT		RT	
	가평	영천	용인	여주	횡성	화성	정읍
유출유량 (m ³)	14.6	20.0	25.0	15.8	10.1	27.9	23.0

(3) 부하량 산정

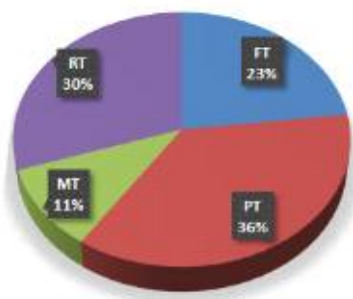
EMC 산정 결과와 유출유량산정 결과를 바탕으로 부하량을 산정하였다. 본 연구에서는 정밀 모니터링 결과를 바탕으로 EMC를 산정하였으며, 부하량 산정시 유출이 발생하지 않아 0 EMC값으로 산정된 모니터링 차수는 배제하여 계산하였다. 모니터링지점 부하량 산정 결과는 <표 3-103>과 같다.

산정 결과를 보면 산림지역의 경우 가평은 BOD 0.23 kg/day, TN 0.399 kg/day, TP 0.058 kg/day, 영천은 BOD 0.10 kg/day, TN 0.138 kg/day, TP 0.018 kg/day으로 나타났다. 평야지역의 경우 용인은 BOD 0.26 kg/day, TN 0.566 kg/day, TP 0.033 kg/day으로 나타났다. 중간지역의 경우 여주는 BOD 0.10 kg/day, TN 0.069 kg/day, TP 0.035 kg/day, 횡성은 BOD 0.05 kg/day, TN 0.036 kg/day, TP 0.016 kg/day으로 나타났다. 간척지역의 경우 화성은 BOD kg/0.31 day, TN 0.278 kg/day, TP 0.037 kg/day, 정읍은 BOD 0.12 kg/day, TN 0.196 kg/day, TP 0.014 kg/day으로 나타났다.

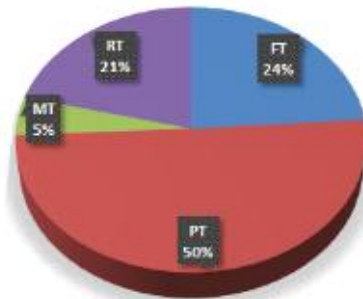
<표 3-103> 모니터링지점 부하량 산정

항목	부하량 (kg/day)						
	FT		PT	MT		RT	
	가평	영천	용인	여주	횡성	화성	정읍
BOD	0.23	0.10	0.26	0.10	0.05	0.31	0.12
TN	0.399	0.138	0.566	0.069	0.036	0.278	0.196
TP	0.058	0.018	0.033	0.035	0.016	0.037	0.014

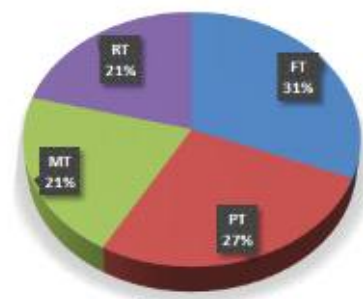
FT지역, PT지역, MT지역, RT지역의 수질항목별 부하량의 비율을 나타냈다<그림 3-297>. 지역마다 2개소 이상의 모니터링 지점이 존재한다면 평균값으로 계산하였다. BOD의 경우 FT 23%, PT 36%, MT 11%, RT 30%로 나타났다. TN의 경우 FT 24%, PT 50%, MT 5%, RT 21%로 나타났다. TP의 경우 FT 31%, PT 27%, MT 21%, RT 21%로 나타났다. 부하량 산정결과 BOD와 TN은 PT지역이 가장 높은 것으로 나타났으며, TP의 경우 FT지역이 가장 높은 값을 나타냈다.



(a) 부하량 BOD 비율



(b) 부하량 TN 비율



(c) 부하량 TP 비율

<그림 3-299> 수질별 부하량 비율

3. 축산분뇨 이동량 분석

가. 축산분뇨 발생량 분석결과

모니터링 대상 축산분뇨 처리시설이 위치한 행정구역을 경계로 하여, 2010~2012년도 전국오염원조사자료를 바탕으로 행정구역별, 축종별 축산농가수와 사육두수를 조사하였다.

국립축산과학원에서 제시한 축종별 일 분뇨발생량을 이용하여 축종별 축산분뇨 발생량을 산정하였다.

(1) 영천시 축산분뇨 발생량 현황

영천시 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-104>와 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 575,678 톤, 2011년 575,348 톤, 2012년 664,675 톤으로 나타났다. 영천시는 2012년 가금과 돼지의 사육두수의 증가로 축산분뇨발생량이 점차 증가하는 것으로 나타났다.

<표 3-104> 영천시 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	153,587	0.87	4.23	285,902
	젓소	2,954	19.20	18.50	40,649
	한우	38,379	8.00	5.70	191,914
	가금	1,446,843	0.11	-	55,503
	양-사슴	1,977	0.41	0.29	505
	개	2,552	0.37	0.73	1,025
	말	36	8.00	5.70	180
	합계				
2011	돼지	153,399	0.87	4.23	285,552
	젓소	2,515	19.20	18.50	34,608
	한우	40,438	8.00	5.70	202,210
	가금	1,336,931	0.11	-	51,287
	양-사슴	1,626	0.41	0.29	415
	개	2,505	0.37	0.73	1,006
	말	54	8.00	5.70	270
	합계				
2012	돼지	199,299	0.87	4.23	370,995
	젓소	2,739	19.20	18.50	37,690
	한우	38,546	8.00	5.70	192,749
	가금	1,610,531	0.11	-	61,782
	양-사슴	910	0.41	0.2	233
	개	2,355	0.37	0.7	946
	말	56	8.00	5.70	280
	합계				

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(2) 용인시 축산분뇨 발생량 현황

용인시 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-105>와 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 721,769 톤, 2011년 554,417 톤, 2012년 698,921 톤으로 나타났다. 2011년 돼지사육두수의 감소로 연간 분뇨발생량이 일시적으로 감소하는 것으로 나타났다.

<표 3-105> 용인시 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	242,477	0.87	4.23	451,371
	젓소	3,325	19.20	18.50	45,754
	한우	12,455	8.00	5.70	62,281
	가금	3,813,210	0.11	-	146,280
	양-사슴	3,268	0.41	0.29	835
	개	34,788	0.37	0.73	13,967
	말	256	8.00	5.70	1,280
	합계				
2011	돼지	162,403	0.87	4.23	302,313
	젓소	2,680	19.20	18.50	36,878
	한우	11,997	8.00	5.70	59,991
	가금	3,615,606	0.11	-	138,700
	양-사슴	4,113	0.41	0.29	1,051
	개	35,066	0.37	0.73	14,079
	말	281	8.00	5.70	1,405
	합계				
2012	돼지	249,810	0.87	4.23	465,021
	젓소	2,932	19.20	18.50	40,346
	한우	11,467	8.00	5.70	57,341
	가금	3,134,518	0.11	-	120,245
	양-사슴	4,089	0.41	0.29	1,045
	개	32,849	0.37	0.73	13,189
	말	347	8.00	5.70	1,735
	합계				

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(3) 횡성군 축산분뇨 발생량 현황

횡성군 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-106>과 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 357,859 톤, 2011년 346,290 톤, 2012년 377,130 톤으로 나타났다. 2010년 돼지사육두수의 감소로 축산분뇨발생량이 일시적으로 감소한 것으로 분석되었다.

<표 3-106> 횡성군 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	43,259	0.87	4.23	80,527
	젓소	5,183	19.20	18.50	71,321
	한우	38,107	8.00	5.70	190,554
	가금	397,830	0.11	-	15,261
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	489	0.37	0.73	196
	말	-	8.00	5.70	-
합계					357,859
2011	돼지	20,069	0.87	4.23	37,358
	젓소	3,086	19.20	18.50	42,465
	한우	46,419	8.00	5.70	232,118
	가금	887,500	0.11	-	34,046
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	753	0.37	0.73	302
	말	-	8.00	5.70	-
합계					346,290
2012	돼지	23,691	0.87	4.23	44,101
	젓소	3,030	19.20	18.50	41,694
	한우	48,096	8.00	5.70	240,504
	가금	1,279,500	0.11	-	49,084
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	4,353	0.37	0.73	1,748
	말	-	8.00	5.70	-
합계					377,130

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(4) 정읍시 축산분뇨 발생량 현황

정읍시 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-107>와 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 1,093,569 톤, 2011년 1,133,034 톤, 2012년 1,142,094 톤으로 나타났다. 2010년부터 2012년까지 점차 증가하는 것으로 나타났다. 젓소사육두수가 증가함에 따라 2012년까지 지속적인 증가 추이를 나타냈다.

<표 3-107> 정읍시 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	256,196	0.87	4.23	476,909
	젓소	6,716	19.20	18.50	92,416
	한우	73,564	8.00	5.70	367,857
	가금	3,947,417	0.11	-	151,429
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	10,097	0.37	0.73	4,054
	말	181	8.00	5.70	905
	합계				
2011	돼지	222,444	0.87	4.23	414,080
	젓소	11,103	19.20	18.50	152,783
	한우	81,812	8.00	5.70	409,101
	가금	3,941,660	0.11	-	151,208
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	10,093	0.37	0.73	4,052
	말	362	8.00	5.70	1,810
	합계				
2012	돼지	223,748	0.87	4.23	416,507
	젓소	11,263	19.20	18.50	154,985
	한우	80,472	8.00	5.70	402,400
	가금	4,174,909	0.11	-	160,156
	양-사슴	-	0.41	0.29	-
	개	15,533	0.37	0.73	6,236
	말	362	8.00	5.70	1,810
	합계				

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(5) 여주시 축산분뇨 발생량 현황

여주시 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-108>와 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 696,087 톤, 2011년 647,619 톤, 2012년 688,374 톤으로 나타났다. 2011년 돼지사육두수의 감소와 2012년 가금사육두수의 감소 영향으로 감소하는 경향을 나타났다.

<표 3-108> 여주시 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	149,058	0.87	4.23	277,471
	젓소	10,039	19.20	18.50	138,142
	한우	16,157	8.00	5.70	80,793
	가금	4,893,061	0.11		187,705
	양-사슴	1,910	0.41	0.29	488
	개	28,475	0.37	0.73	11,433
	말	11	8.00	5.70	55
	합계				
2011	돼지	112,263	0.87	4.23	208,978
	젓소	10,074	19.20	18.50	138,623
	한우	19,162	8.00	5.70	95,820
	가금	4,947,253	0.11		189,784
	양-사슴	1,502	0.41	0.29	384
	개	34,783	0.37	0.73	13,965
	말	13	8.00	5.70	65
	합계				
2012	돼지	157,958	0.87	4.23	294,039
	젓소	10,501	19.20	18.50	144,499
	한우	19,554	8.00	5.70	97,780
	가금	3,580,251	0.11		137,344
	양-사슴	1,482	0.41	0.29	379
	개	35,540	0.37	0.73	14,269
	말	13	8.00	5.70	65
	합계				

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(6) 가평군 축산분뇨 발생량 현황

가평군 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-109>과 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 209,524 톤, 2011년 222,191 톤, 2012년 213,458 톤으로 나타났다. 가금사육두수가 감소하는 반면 돼지사육두수가 증가하여 연간분뇨발생량이 증가하는 경향을 나타났다.

<표 3-109> 가평군 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	14,903	0.87	4.23	27,742
	젓소	3,436	19.20	18.50	47,281
	한우	8,864	8.00	5.70	44,324
	가금	2,242,388	0.11		86,021
	양-사슴	996	0.41	0.29	254
	개	9,540	0.37	0.73	3,830
	말	14	8.00	5.70	70
	합계				
2011	돼지	19,253	0.87	4.23	35,839
	젓소	4,336	19.20	18.50	59,666
	한우	10,297	8.00	5.70	51,490
	가금	1,893,093	0.11		72,622
	양-사슴	181	0.41	0.29	46
	개	4,925	0.37	0.73	1,977
	말	110	8.00	5.70	550
	합계				
2012	돼지	18,080	0.87	4.23	33,656
	젓소	3,976	19.20	18.50	54,712
	한우	11,585	8.00	5.70	57,931
	가금	1,638,950	0.11		62,873
	양-사슴	1,100	0.41	0.29	281
	개	8,936	0.37	0.73	3,588
	말	89	8.00	5.70	445
	합계				

분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(7) 화성시 축산분뇨 발생량 현황

가평균 축산분뇨 발생량을 산정한 결과는 <표 3-110>과 같다. 연간 분뇨발생량은 2010년 1,051,540 톤, 2011년 1,081,620 톤, 2012년 1,069,175 톤으로 나타났다. 2011년에 한우사육두수가 증가하여 일시적으로 연간분뇨발생량이 증가한 것으로 나타났다.

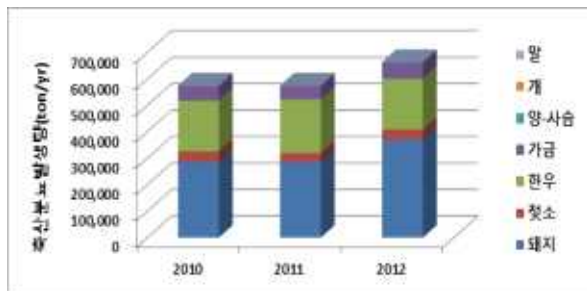
<표 3-110> 화성시 축산분뇨 발생량

년도	축종	사육두수	일분뇨발생량(kg)		연간분뇨발생량 (ton)
			분	뇨	
2010	돼지	166,639	0.87	4.23	310,198
	젓소	30,759	19.20	18.50	423,259
	한우	29,211	8.00	5.70	146,070
	가금	4,056,631	0.11		155,618
	양-사슴	2,231	0.41	0.29	570
	개	36,112	0.37	0.73	14,499
	말	265	8.00	5.70	1,325
	합계				
2011	돼지	154,422	0.87	4.23	287,457
	젓소	18,707	19.20	18.50	257,418
	한우	83,099	8.00	5.70	415,537
	가금	2,807,006	0.11		107,681
	양-사슴	10	0.41	0.29	3
	개	28,395	0.37	0.73	11,401
	말	425	8.00	5.70	2,125
	합계				
2012	돼지	148,345	0.87	4.23	276,144
	젓소	28,616	19.20	18.50	393,770
	한우	34,449	8.00	5.70	172,262
	가금	5,474,495	0.11		210,010
	양-사슴	1,074	0.41	0.29	274
	개	34,542	0.37	0.73	13,869
	말	569	8.00	5.70	2,845
	합계				

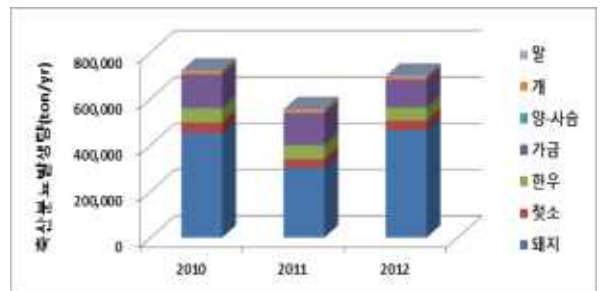
분뇨발생량 : 돼지 제외, 축종별 분뇨 및 세정수 발생량 대표값 (국립축산과학원 가축분뇨종합정보시스템)

(8) 축산분뇨 발생량 현황 분석

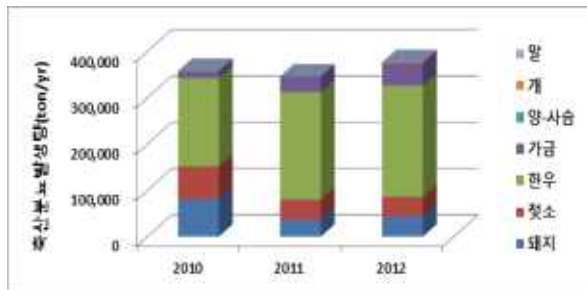
<그림 3-300>과 같이 행정구역별 축종별 연간 축산분뇨발생량을 비교한 결과, 영천시는 한우와 돼지에 의한 축산분뇨 발생량이 높았으며, 용인시의 축산분뇨 발생량은 대부분 돼지로부터 기인하는 것으로 분석되었다. 횡성군의 축산분뇨 발생량은 대부분 한우가 차지하는 비율이 높았고, 정읍시의 경우 한우와 젓소에 의한 축산분뇨 발생량이 높은 것으로 분석되었다. 여주시와 가평군, 화성시의 축산분뇨 발생량은 가금, 한우, 젓소, 돼지의 영향이 혼재되어 있는 것으로 분석되었다.



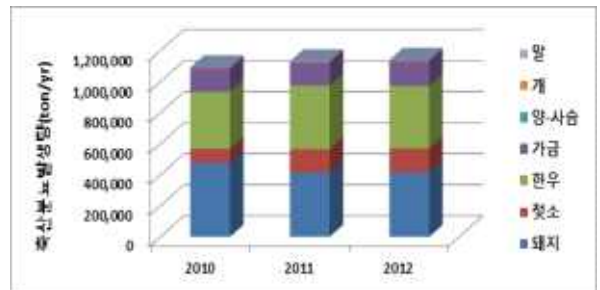
(a) 영천시 축산분뇨 발생량



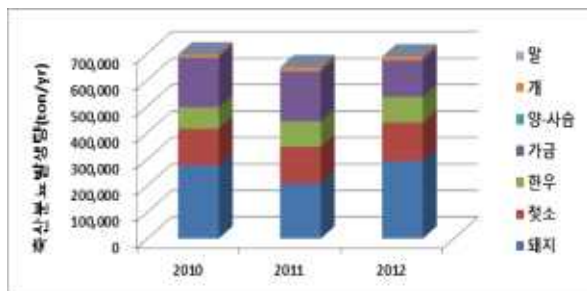
(b) 용인시 축산분뇨 발생량



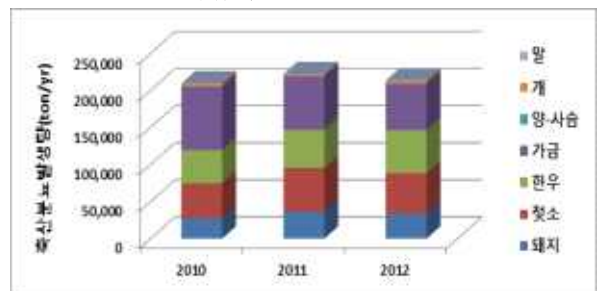
(c) 횡성군 축산분뇨 발생량



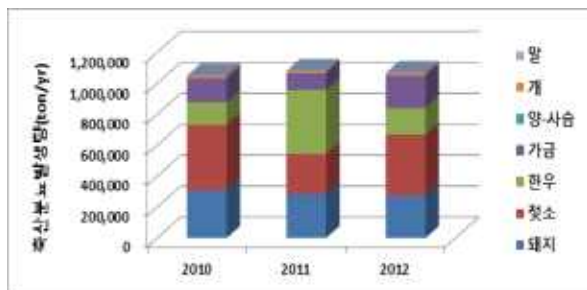
(d) 정읍시 축산분뇨 발생량



(e) 여주시 축산분뇨 발생량



(f) 가평군 축산분뇨 발생량



(g) 화성시 축산분뇨 발생량

<그림 3-300> 행정구역별 축산분뇨 발생량 현황

나. 축산분뇨 처리현황 분석결과

국립환경과학원에서 제시한 전국오염원조사자료를 바탕으로 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리되는 양을 제외한 자원화되는 축산분뇨 발생량을 산정하였다. 이후 자원화 되는 축산분뇨량을 퇴비화, 액비화로 구분하였으며, 각각의 부숙저감율을 고려하여 퇴비 생산량과 액비 생산량을 산정하였다.

(1) 영천시 축산분뇨 처리현황

영천시 연간분뇨발생량 중 평균 90.1%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 85.1%가 퇴비화, 평균 5.0%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-111>. 자원화 생산량은 <표 3-112>와 같다.

<표 3-111> 영천시 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	575,678	526,529	91.5%	498,119	86.5%	28,410	4.9%	49,149	8.5%
2011	575,348	484,863	80.2%	23,408	15.7%	-	22,273	-	-
2012	664,675	628,312	94.5%	588,156	88.5%	40,156	6.0%	36,363	5.5%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임

기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-112> 영천시 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	272,942	-	272,942	28,410	25,185	3,225
2011	252,852	-	252,852	23,408	23,408	-
2012	322,277	-	322,277	40,156	25,185	14,971

(2) 용인시 축산분뇨 처리현황

용인시 연간분뇨발생량 중 평균 63.7%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 59.4%가 퇴비화, 평균 4.2%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-113>. 자원화 생산량은 <표 3-114>과 같다.

<표 3-113> 용인시 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	721,769	450,750	62.5%	420,288	58.2%	30,463	4.2%	224,136	31.1%
2011	554,417	285,732	51.5%	271,021	48.9%	14,711	2.7%	-	0.0%
2012	698,921	538,483	77.0%	497,806	71.2%	40,677	5.8%	-	0.0%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임

기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-114> 용인시 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	230,295	43,000	184,415	30,463	-	30,463
2011	144,944	43,000	116,109	14,711	-	14,711
2012	272,771	43,675	229,095	40,677	-	40,677

(3) 횡성군 축산분뇨 처리현황

횡성군 연간분뇨발생량 중 평균 77.1%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 70.2%가 퇴비화, 평균 7.0%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-115>. 자원화 생산량은 <표 3-116>과 같다.

<표 3-115> 횡성군 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	357,859	345,156	96.5%	303,428	84.8%	41,727	11.7%	12,703	3.5%
2011	346,290	230,989	66.7%	214,637	62.0%	16,790	4.8%	115,300	33.3%
2012	377,130	257,315	68.2%	240,525	63.8%	16,790	4.5%	119,816	31.8%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임

기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-116> 횡성군 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	166,262	23,800	142,462	41,727	16,790	24,937
2011	117,609	23,800	93,809	16,790	16,790	-
2012	131,794	23,800	107,994	16,790	16,790	-

(4) 정읍시 축산분뇨 처리현황

정읍시 연간분뇨발생량 중 평균 88.7%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 66.4%가 퇴비화, 평균 22.3%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-117>. 자원화 생산량은 <표 3-118>와 같다.

<표 3-117> 정읍시 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	1,093,569	786,915	72.0%	562,775	51.5%	224,140	20.5%	306,654	28.0%
2011	1,133,034	1,088,872	96.1%	824,521	72.8%	264,351	23.3%	44,161	3.9%
2012	1,142,094	1,120,670	98.1%	856,319	75.0%	264,351	23.1%	21,424	1.9%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임
기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-118> 정읍시 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	308,370	50,988	257,382	224,140	224,140	-
2011	451,792	50,988	400,804	264,351	264,351	-
2012	469,216	50,988	418,228	264,351	264,351	-

(5) 여주시 축산분뇨 처리현황

여주시 연간분뇨발생량 중 평균 76.1%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 73.1%가 퇴비화, 평균 2.9%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-119>. 자원화 생산량은 <표 3-120>과 같다.

<표 3-119> 여주시 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	696,087	539,157	77.5%	515,637	74.1%	23,520	3.4%	150,584	21.6%
2011	647,619	500,516	77.3%	482,283	74.5%	18,233	2.8%	146,555	22.6%
2012	688,374	505,331	73.4%	487,354	70.8%	17,977	2.6%	183,044	26.6%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임
기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-120> 여주시 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	282,541	44,000	238,541	23,520	23,520	-
2011	264,265	46,805	216,856	18,233	18,233	-
2012	267,043	42,905	224,138	17,977	17,977	-

(6) 가평군 축산분뇨 처리현황

가평군 연간분뇨발생량 중 평균 58.1%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 57.8%가 퇴비화, 평균 0.3%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-121>. 자원화 생산량은 <표 3-122>와 같다.

<표 3-121> 가평군 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	209,524	102,808	49.1%	100,830	48.1%	1,978	0.9%	106,716	50.9%
2011	222,191	151,772	68.3%	151,772	68.3%	-	0.0%	68,841	31.0%
2012	213,485	121,647	57.0%	121,647	57.0%	-	0.0%	91,838	43.0%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임
기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-122> 가평군 자원화 생산량

년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	55,249	21,917	32,448	1,978	-	1,978
2011	83,163	13,229	69,934	-	-	-
2012	66,656	29,155	37,501	-	-	-

(7) 화성시 축산분뇨 처리현황

여주시 연간분뇨발생량 중 평균 94.6%가 자원화 되는 것으로 분석되었으며, 전체 분뇨발생량의 평균 91.7%가 퇴비화, 평균 3.3%가 액비화 되는 것으로 분석되었다<표 3-123>. 자원화 생산량은 <표 3-124>과 같다.

<표 3-123> 화성시 축산분뇨 처리현황

년도	분뇨발생량 (ton/yr)	자원화 (ton/yr)						기타처리 (ton/yr)	
		합계		퇴비화		액비화			
2010	1,051,540	1,013,054	96.3%	974,367	92.7%	42,776	4.1%	34,715	3.3%
2011	1,081,620	1,064,364	98.4%	1,031,940	95.4%	36,512	3.4%	16,302	1.5%
2012	1,069,175	952,372	89.1%	929,193	86.9%	27,267	2.6%	14,341	1.3%

제시된 비율은 연간분뇨발생량 대비 비율임

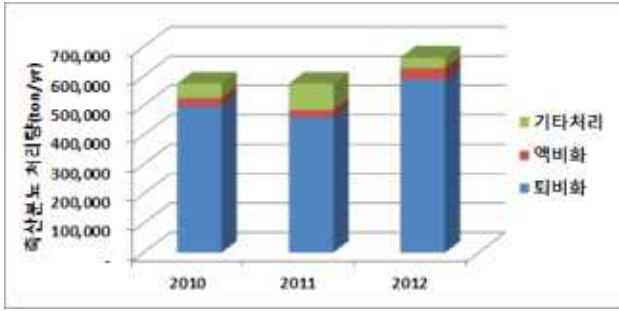
기타처리 : 위탁처리, 개별처리, 공공처리, 해양배출, 미처리

<표 3-124> 화성시 자원화 생산량

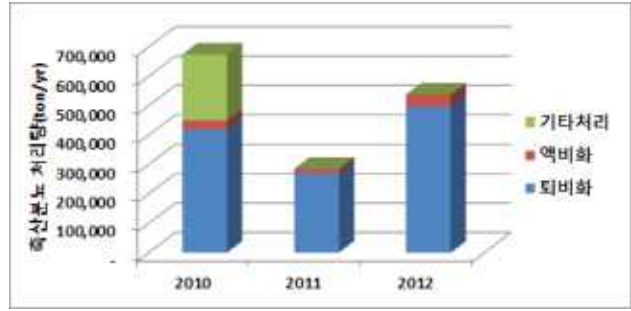
년도	퇴비생산량 (ton/yr)			액비 (ton/yr)		
	합계	공동자원화	개별자원화	합계	공동자원화	개별자원화
2010	533,900	54,172	479,727	38,778	18,720	20,058
2011	565,447	54,172	511,274	36,512	18,720	17,792
2012	509,147	54,172	454,974	27,267	18,720	8,547

(8) 축산분뇨 처리현황 분석

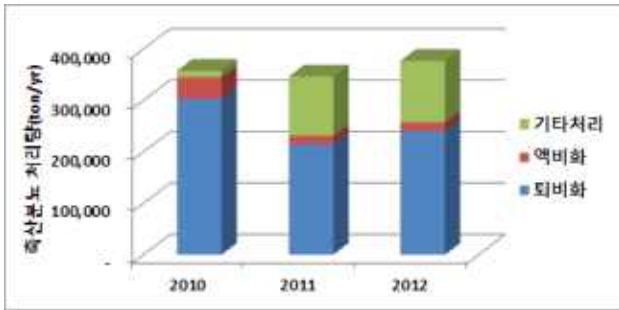
<그림 3-301>와 같이 행정구역별 축산분뇨 처리현황을 비교한 결과, 대부분의 지역에서 퇴비화를 시키는 것으로 분석되었으며, 정읍시와 화성시의 액비화 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 반면 여주시와 가평군의 경우 축산분뇨 액비화 처리를 거의 하지 않는 것으로 나타났다.



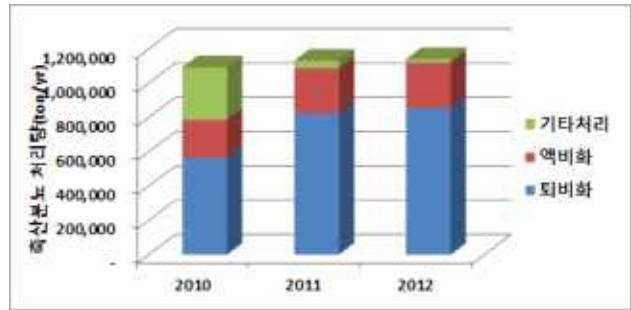
(a) 영천시 축산분뇨 처리현황



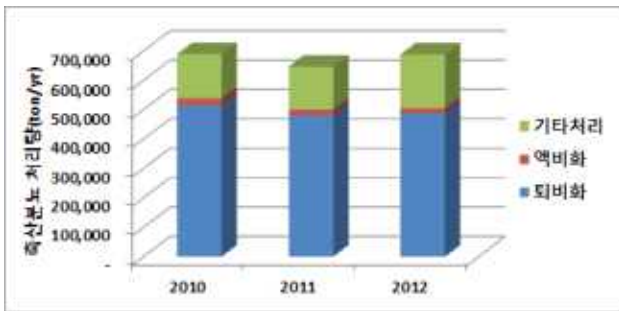
(b) 용인시 축산분뇨 처리현황



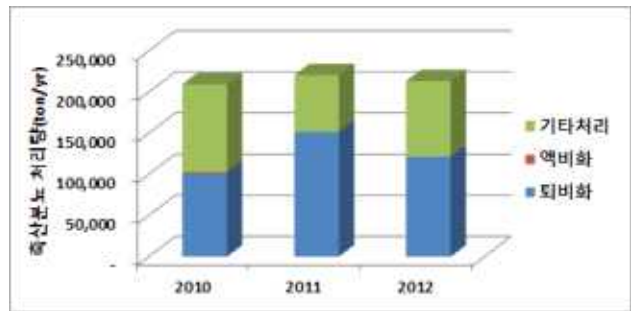
(c) 화성군 축산분뇨 처리현황



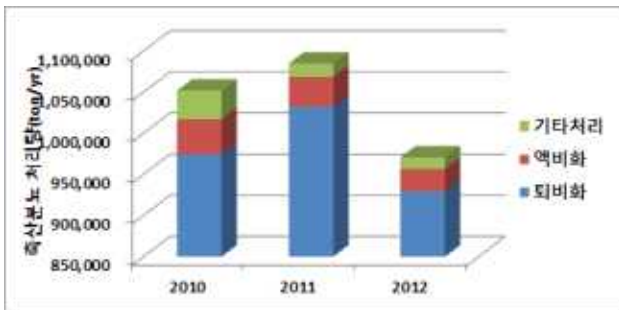
(d) 정읍시 축산분뇨 처리현황



(e) 여주시 축산분뇨 처리현황



(f) 가평군 축산분뇨 처리현황



(g) 화성시 축산분뇨 처리현황

<그림 3-301> 행정구역별 축산분뇨 처리현황

다. 자원화물 농지살포 현황

퇴비와 액비의 자원화 생산량 및 성장<표 3-125> ~<표 3-126>을 기준으로 자원화물을 농경지에 살포하였을 때 발생하는 오염부하량(BOD, TN, TP)을 산정하였으며, 축산분뇨의 토지계 전환에 대한 비점오염 배출 특성 및 유출비 분석을 위한 수질모델링의 입력자료로 활용하였다.

<표 3-125> 퇴비 성장

퇴비	BOD	CODCr	CODMn	T-N	T-P
함유량 (mg/kg)	22,966	156,837	85,913	8,020	4,710

축산퇴비의 자원화에 따른 비점오염원 유출특성에 관한 연구 (이희집, 2010)

<표 3-126> 액비 성장

액비	BOD	T-N	NH3-N	NO3-N	T-P	SS
함유량 (mg/kg)	1,794	1,726	1,424	103	295	6,952

국내 폐지분뇨의 액비성분 특성 비교조사 (전상준, 2012)

(1) 영천시 자원화물 농지살포 현황

영천시 경지면적은 논 4,717 ha 밭 9,969 ha 이다. 2010년에서 2012년 영천시 연간 총농지살포량은 퇴비 BOD 5,806,995~7,401,416 kg, TN 2,027,872~2,584,662 kg, TP 1,190,932~1,517,925 kg으로, 액비 BOD 41,994~72,040 kg, TN 40,402~69,309 kg, TP 6,905~11,846 kg으로 나타났다<표 3-127>.

<표 3-127> 영천시 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	6,268,378	2,188,992	1,285,555
	2011	5,806,995	2,027,872	1,190,932
	2012	7,401,416	2,584,662	1,517,925
액비	2010	50,968	49,036	8,381
	2011	41,994	40,402	6,905
	2012	72,040	69,309	11,846

(2) 용인시 자원화물 농지살포 현황

용인시 경지면적은 논 4,537 ha 밭 3,118 ha 이다. 2010년에서 2012년 용인시 연간 총농지살포량은 퇴비 BOD 3,328,791~6,264,450 kg, TN 1,162,454~2,187,620 kg, TP 682,688~1,284,750 kg으로, 액비 BOD 26,391~72,974 kg, TN 25,391~70,208 kg, TP 4,340~12,000 kg으로 나타났다<표 3-128>.

<표 3-128> 용인시 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	5,285,270	1,845,679	1,083,934
	2011	3,328,791	1,162,454	682,688
	2012	6,264,450	2,187,620	1,284,750
액비	2010	54,650	52,579	8,986
	2011	26,391	25,391	4,340
	2012	72,974	70,208	12,000

(3) 횡성군 자원화물 농지살포 현황

횡성군 경지면적은 논 3,306 ha 밭 6,284 ha 이다. 2010년에서 2012년 횡성군 연간 총농지살포량은 퇴비 BOD 3,026,790~3,818,376 kg, TN 943,228~1,333,422 kg, TP 553,941~783,095 kg으로, 액비 BOD 30,121~74,859 kg, TN 28,980~72,021 kg, TP 4,953~12,310 kg으로 나타났다<표 3-129>.

<표 3-129> 횡성군 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	3,818,376	1,333,422	783,095
	2011	2,701,019	943,228	553,941
	2012	3,026,790	1,056,991	620,751
액비	2010	74,859	72,021	12,310
	2011	30,121	28,980	4,953
	2012	30,121	28,980	4,953

(4) 정읍시 자원화물 농지살포 현황

정읍시 경지면적은 논 15,358 ha 밭 8,020 ha 이다. 2010년에서 2012년 정읍시 연간 총 농지살포량은 퇴비 BOD 7,082,025~10,776,006 kg, TN 2,473,127~3,763,109 kg, TP 1,452,423~2,210,006 kg으로, 액비 BOD 402,107~474,246 kg, TN 386,866~456,270 kg, TP 66,121~77,984 kg으로 나타났다<표 3-130>.

<표 3-130> 정읍시 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	7,082,025	2,473,127	1,452,423
	2011	10,375,865	3,623,375	2,127,942
	2012	10,776,006	3,763,109	2,210,006
액비	2010	402,107	386,866	66,121
	2011	474,246	456,270	77,984
	2012	474,246	456,270	77,984

(5) 여주시 자원화물 농지살포 현황

여주시 경지면적은 논 8,637 ha 밭 7,107 ha 이다. 2010년에서 2012년 여주시 연간 총농지살포량은 퇴비 BOD 6,069,101~6,488,829 kg, TN 2,119,402~2,265,976 kg, TP 1,244,686~1,330,767 kg으로, 액비 BOD 32,250~42,195 kg, TN 31,028~40,596 kg, TP 5,303~6,938 kg으로 나타났다. 정읍시 농지살포량은 <표 3-131>과 같다.

<표 3-131> 여주시 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	6,488,829	2,265,976	1,330,767
	2011	6,069,101	2,119,402	1,244,686
	2012	6,132,918	2,141,688	1,257,774
액비	2010	42,195	40,596	6,938
	2011	32,711	31,471	5,379
	2012	32,250	31,028	5,303

(6) 가평군 자원화물 농지살포 현황

가평군 경지면적은 논 1,325 ha 밭 2,381 ha 이다. 2010년에서 2012년 가평군 연간 총 농지살포량은 퇴비 BOD 1,268,852~1,909,921 kg, TN 443,098~666,967 kg, TP 260,223~391,698 kg으로, 액비의 경우 2010년에만 BOD 3,548 kg, TN 3,414 kg, TP 583 kg으로 나타났다<표 3-132>.

<표 3-132> 가평군 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	1,268,852	443,098	260,223
	2011	1,909,921	666,967	391,698
	2012	1,530,820	534,581	313,949
액비	2010	3,548	3,414	583
	2011	-	-	-
	2012	-	-	-

(7) 화성시 자원화물 농지살포 현황

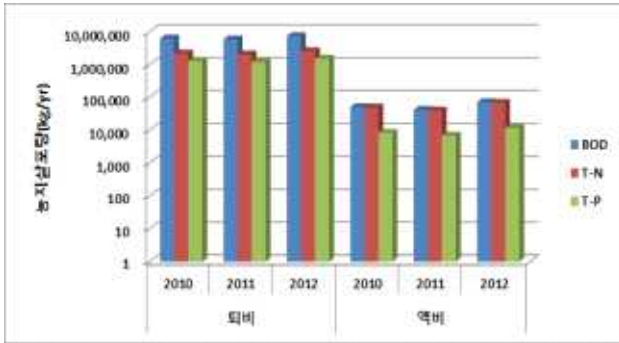
화성시 경지면적은 논 14,861 ha 밭 7,686 ha 이다. 2010년에서 2012년 화성시 연간 총농지살포량은 퇴비 BOD 11,693,064~12,986,046 kg, TN 4,083,357~4,534,881 kg, TP 2,398,081~2,663,253 kg으로, 액비 BOD 48,917~69,568 kg, TN 47,063~66,931 kg, TP 8,044~11,440 kg으로 나타났다. 정읍시 농지살포량은 <표 3-133>과 같다.

<표 3-133> 화성시 축산분뇨 농지살포량

종류	년도	농지살포량(kg/yr)		
		BOD	T-N	T-P
퇴비	2010	12,261,536	4,281,874	2,514,667
	2011	12,986,046	4,534,881	2,663,253
	2012	11,693,064	4,083,357	2,398,081
액비	2010	69,568	66,931	11,440
	2011	65,503	63,020	10,771
	2012	48,917	47,063	8,044

(8) 자원화물 농지살포 현황분석

<그림 3-302>과 같이 행정구역별 농지살포 현황을 비교한 결과, 대부분의 지역에서 퇴비살포에 따른 오염부하량이 높게 나타났으며, 이는 액비에 비해 퇴비 살포량이 많고 성상 또한 높기 때문인 것으로 분석되었다.



(a) 영천시 자원화물 농지살포 현황



(b) 용인시 자원화물 농지살포 현황



(c) 횡성군 자원화물 농지살포 현황



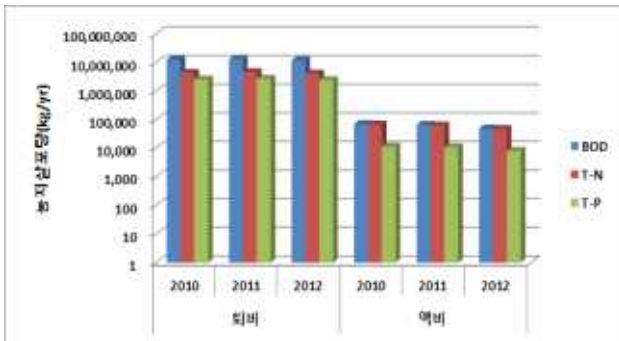
(d) 정읍시 자원화물 농지살포 현황



(e) 여주시 자원화물 농지살포 현황



(f) 가평군 자원화물 농지살포 현황



(g) 화성시 자원화물 농지살포 현황

<그림 3-302> 행정구역별 자원화물 농지살포 현황

제 6 절 농업활동의 유역 영향 분석

1. 비점오염 해석을 위한 유역모델 선정 및 구축

가. 유역 모델의 선정

(1) 모델의 종류

축산 비점오염원의 영향을 분석하고 여러 가지 대안(관리정책)이 수계의 수질에 미치는 영향을 평가하기 위해서 유역모형의 적용이 필요하다. 이러한 유역모형에는 모형의 복잡성, 계산시간 등에 따라 simple method, mid-range model, detail model로 나눌 수 있다. Simple methods는 요구되는 자료가 작으나 그 결과의 정확성은 떨어진다. 반면에 detail model는 정확한 결과를 획득할 수 있으나 그만큼 방대한 자료와 모니터링을 요구하며, 보정 및 검증에 많은 시간과 노력을 필요로 한다.

<표 3-134>~<표 3-136>은 모형에서 오염부하량을 계산하기 위한 모형을 나타낸다. USDA-SCS에서 개발된 curve number equation (CNE)는 하천의 유출량을 예측하는데 주로 사용되며 (SITEMAP, GWLF, P8-UCM, AGNPS, STORM, SWRRBQ), Universal Soil Loss Equation (USLE)는 농촌유역에서의 토양유실을 예측하는데 널리 이용되고 있다(EPA screening procedures, Water Screen, Watershed, LOSS- PHOSPH, GWLF, AGNPS, STORM, SWRRBQ).

농촌지역의 오염부하는 loading function이나 potency factors 등이 자주 이용되며 (EPA screening procedures, Water Screen, AGNPS, SWRRBQ, HSPF), 도시지역의 경우 unit area loading rate (GWLF)나 buildup & wash-off function (STORM, SWMM) 등이 주로 이용된다. 이렇게 유사한 모의 공식을 사용함에도 모형들은 공간적인 세분 정도와 계산 시간 단위에 따라 모형의 수준이 구별된다.

Detailed model은 유출량과 토양유실량을 모의하기 위해 더욱 복잡한 공식을 이용한다. 수문묘사에서는 각각의 물수지 공식을 이용하며 (침투, 증발산, 기저유출, 차단), 토양유실 예측을 위해서 물리적인 개념을 이용한다 (토양 이탈, 이동, 침전). 시간단위 계산의 오염물질 유출예측에는 지수감소공식 (exponential decay function)이 널리 이용된다(SWMM). 이러한 계수들은 오염물질의 종류와 지역적 특성에 따라 큰 차이가 있기 때문에 보정 및 검증이 어려우며 많은 시간과 노력을 요구하며 대부분의 경우 추가적인 실험이라든지, 현장측정을 필요로 한다.

<표 3-134> 모형의 종류 및 구성요소 - Simple Methods

모형	적용대상 구역	수문해석	토양유실해석	오염부하해석	대상오염물질	모의시간단위
EPA Screening Procedures	혼재된 구역	없음	USLE-MUSLE	Loading function, potency factors	광범위	연평균값
Simple Method	도시구역	유출계수	없음	평균농도	부유물질, 인, 중금속, 유류	연평균, 월평균, 강우사상별
Regression Method	도시구역	없음	없음	회귀관계식	부유물질, 질소, 인, COD, 중금속	강우사상
SLOSS/PHOSP	농촌구역	없음	USLE	Loading functions	인	연평균
Watershed	혼재된 구역	없음	USLE	원단위법	광범위	연평균
FAWA	도로구역	유출계수	없음	중간값 농도	부유물질, 질소, 인, 유기물, 중금속	강우사상
WMM	혼재된 구역	유출계수	없음	강우시 평균 농도	질소, 인, 납, 구리	연평균

<표 3-135> 모형의 종류 및 구성요소 - Mid-Range Methods

모형	적용대상 구역	수문해석	토양유실 해석	오염부하해석	대상오염물질	모의시간단위
SITEMAP	혼재된 구역	SCS CN값	없음	지표유출농도	질소, 인	강우사상, 장기간연속 모의
GWLF	혼재된 구역	SCS CN값	수정된 USLE	원단위법	질소, 인	강우사상, 장기간연속 모의
P8-UCM	도시구역	수정된 SCS CN값, TR20	없음	Nonlinear accumulation	부유물질, 질소, 인, 중금속	강우사상, 장기간연속 모의
Auto-QI	도시구역	물수지	없음	Accumulation and wash-off	제한없음	강우사상, 장기간연속 모의
AGNPS	농촌구역	SCS CN값	수정된 USLE	Potency factor	질소, 인	강우사상
SLAMM	도시구역	Small storm-based coefficient	없음	Nonlinear accumulation and wash-off	질소, 인, COD, 박테리아, 중금속	강우사상, 장기간연속 모의

<표 3-136> 모형의 종류 및 구성요소 - Detailed Methods

모형	적용대상 유역	수문해석	토양유실 해석	오염부하 해석	대상오염 물질	모의시간 단위
STORM	도시유역	유출계수-SCS CN값-단위도법	USLE	축적/탈착 방정식	질소, 인, COD, 중금속	장기간 연속모의
ANSWERS	농촌유역	분포저류 모형	탈착/이동 방정식	Potency factor (침전물과의 상호관계)	없음	강우사상
DR3M -QUAL	도시유역	지표저류 물수지, kinematic wave 법	유출량과 유출고와의 관계식	축적/탈착 방정식	부유물질, 질소, 인 유기물, 중금속	장기간 연속모의
SWRRBWQ /SWAT	농촌유역	SCS CN값	수정된 USLE	부하함수	질소, 인, COD, 중금속, 박테리아	장기간 연속모의
SWMM	도시유역	비선형저류	수정된 USLE	축적/탈착 방정식	광범위	강우사상, 장기간 연속모의
HSPF	혼재된 유역	지표, 지하에서의 물수지	탈착/유실공 식	지표면; 축적/탈착 지하면; 기저유출 농도, 지하수유출농도	광범위	강우사상, 장기간 연속모의

모형을 실행하고 보정 및 검증에 필요한 입력자료의 양과 형태와 필요로 하는 결과물은 모형 선택에 있어서 반드시 고려되어야 한다. 모형에 사용되는 공식의 형태에 따라서 모형이 요구되는 입력자료는 유역의 특성자료에서부터 시별 기상자료, 오염물질의 이동계수, 현장 모니터링 자료 등을 필요로 한다. <표 3-137>~<표 3-139>까지는 각각의 모형에 필요한 입력자료와 결과를 요약한 표이다.

<표 3-137> 모형의 입·출력 자료 - Simple Methods

모형	주요 입력자료	주요 출력자료
EPA Screening Procedures	유역 및 토지이용자료 부하인자 (기본값)	연평균 유수량 및 오염물질부하량
Simple Method	연 강우량, 토지이용과 불투수층 자료	유출량, 강우사상별/연간 오염물질부하량
Regression Method	연평균 강우량, 1월달 평균 최저 기온 유역면적과 토지이용상태, 불투수층면적비	연평균 토양유실량 인부하량
SLOSS/ PHOSP	강우침식인자, 토양, 작물, 지형, 토지이용 자료	연평균 토양유실량 인부하량
Watershed	강우침식인자, 토지이용과 토양인자, 원단위, BMP 경제성 정보	연평균 부하량, BMPs 경제성 평가
FAWA	유입유량자료, 평상시/강우기 평균 농도	강우유출량과 농도와의 통계분석결과; 하류수계에 주는 영향
WMM	토지이용/토양자료 연간 강우량, 증발량, 강우시 평균농도, 호소 및 하천의 수문학적 특성, BMPs 제거효율	연간 도시지역과 농촌지역에서의 점오염 및 비점오염부하량; Septic tanks 포함; BMPs적용시 감소량; 호소내에서의 부영양상태 평가; 중금속농도

<표 3-138> 모형의 입·출력 자료 - Mid-Range Methods

모형	주요 입력자료	주요 출력자료
SITEMAP	기상 및 수문자료(시별/일별); 최대 1년 유역 및 수로 인자, 점오염원 및 비점오염원 인자	유출량 및 영양물질 부하량 오염부하량 할당
GWLF	기상 및 수문자료, 일별 토지이용 및 토양인자 영양물질 부하율	월별 혹은 연별 유출량, 유사량 및 영양물질 부하량
P8-UCM	기상 및 수문자료, 시별 강우사상 토지이용 및 토양인자 BMP 제거율	일별 유출량, 오염물질부하량 BMP 제거 효과
Auto-QI	시별/일별 강우량, 유역 및 토지이용자료 BMP 제거율	연속/강우사상별 유출량 및 오염물질 부하량
AGNPS	유역 및 토지이용, 관리방안, 토양자료 강우자료, 지형학적 자료 BMP 제거율	강우사상별 유출량 및 침투유량, 유사량, 영양물질부하량, COD 농도
SLAMM	시별 강우량 자료, 오염원특성, 면적, 토양, 불투수층, 교통구조물 특성	오염물질부하량, BMP 평가 및 경제성평가

유역모형은 토지이용형태에 따라 발전되어 왔다. Detail model 중에서도 BASINS/HSPF는 농촌지역과 도시지역이 혼재된 복잡한 유역에 가장 적당한 모형이다. SWMM, STORM과 DR3M-QUALM은 주로 도시유역의 모의를 위해 개발되었으며, ANSWERS와 SWRRB/SWAT은 농촌유역의 적용에 가장 적합하다. Mid-range model 중에서는 SITEMAP과 GWLF는 도시와 농촌유역 모두 적용이 가능하다. 특히 GWLF는 다양한 계산시간단위로 장기모의가 가능하며, 토지이용의 변화와 점원오염 혹은 비점원오염부하의 변화에 따른 유역에서의 반응 등을 평가할 수 있다. P8-UCM과 SLAMM과 같은 도시유역에 적합한 모형은 도시지역의 홍수시 유출에 대한 관리기법을 평가하는데 이용된다. Simple method는 지역적 특성에 적합한 경험적인 관계식을 이용하여 도시지역과 농촌지역 모두 적용이 가능하다.

사업의 목적에 따라서 모형의 적용은 screening, intermediate, detail로 구분될 수 있다. Simple methods는 대부분이 screening 단계에 적용되며, mid-range와 detail model은 보다 폭넓은 단계에 적용이 가능하다. 일반적으로 screening 단계는 점오염원과 비점오염원과의 단순 비교와 같이 초기 계획수립단계에 적용되는데, 다양한 토지이용상태와 오염원에 대한 평가가 이루어질 수 있으며, 이를 토대로 계획수립의 정밀도를 높일 수 있다.

Intermediate 단계에서는 다양한 점오염원과 비점오염원을 유발시키는 지형학적 분석이 보다 자세히 묘사되며, 특정한 점오염원 혹은 비점오염원에 대한 평가와 일차적인 각 대안별 평가와 선택이 이루어진다.

<표 3-139> 모형의 입·출력 자료 - Detailed Methods

모형	주요 입력자료	주요 출력자료
STORM	시별 강우량 오염물질축적 및 유실인자 유출계수 및 토양자료	강우사상별 유출 및 오염물질 부하량 저류 및 처리시설적용 시별 수문도 및 수질곡선
ANSWERS	시별 강우량, 유역, 토지이용, 토양자료, BMP 설계자료	강우사상별 유출량 및 침투유량, 유사량 탈착 및 이동 농촌유역 BMPs적용 효과
DR3M -QUAL	기상학적·수문학적 자료, 유출과 관련된 유역특성자료, 수로의 직경 및 kinematic wave 인자, 저류지의 특성, 오염물질축적 및 유실인자	연속적인 유출량 및 오염물질 부하량 장기모의 강우사상에 대한 요약 수문곡선 및 수질곡선
SWRRBWQ /SWAT	기상학적·수문학적 자료, 유역 및 하류수계인자, 토지이용 및 토양자료, 저류지 및 저수지자료	연속적인 유량 및 침전물 부하량 장기모의 침투유량 수질농도 및 부하량
SWMM	기상학적·수문학적 자료, 토지이용자료, 축적 및 유실계수, 감소계수	연속/강우사상별 유출량 및 오염물질부하량 하천 및 호소를 통한 오염물질 이동 유역관리기법 분석
HSPF	기상학적·수문학적 자료, 토지이용자료, 부하인자 및 유실인자, 하류수계 특성인자, 감소계수	유출량 및 오염물질부하량 (최소 시별) 하천수계에 미치는 영향 평가 유역관리기법 분석

Detail 단계에서는 다양한 오염원으로부터 오염원 특성의 정확한 구분과 오염물질의 거동의 자세한 묘사, 대안별 오염물질의 생성, 이동, 제거 등의 자세한 묘사를 필요로 한다. Detail 단계에서 유출이나 수질의 단일 강우사상모의 혹은 연중 모의를 실시함으로써 사업의 목적을 달성할 수 있는 설계기준을 수립하는데 도움을 준다.

계획의 수립, 대안별 평가, 수계의 수질에 미치는 영향분석에 따른 모형의 적용 범위는 <표 3-140>~<표 3-142>와 같다.

표에서 보는 바와 같이 대부분의 모형은 screening 단계에 적용가능하다. Simple methods는 연간모의를 기본으로 하기 때문에 screening단계의 적용에 제한되어 있다. 몇몇 mid-range model (GWLf, SITEMAP, AGNPS)은 점오염과 비점오염을 통합적으로 평가할 수 있어 screening 단계에 매우 적용성이 높다. SLAMM, P8-UCM, SIMPTM는 주로 도시지역을 적용대상으로 하기 때문에 도시 강우유출 관리기법을 평가하며 intermediate 단계의 적용에 유용하다. SWMM, HSPF, DR3M, STORM, SWRRB/SWAT 등은 다양한 점오염원과 비점오염원의 상세한 묘사가 가능하며, 이러한 모형의 결과를 이용하여 관리기법을 평가하거나, 설계기준을 수립하는데 이용된다.

<표 3-140> 유역모형의 적용 수준 - Simple Methods

모형	유역분석			대안분석		하천수질모의
	Screening	Intermediate	Detailed	계획	설계	
EPAScreening	●	-	-	-	-	○
SimpleMethod	●	-	-	○	-	-
Regression	●	-	-	-	-	-
SLOSS/PHOSP	○	-	-	-	-	-
Watershed	●	-	-	○	-	-
FAWA	●	-	-	○	-	○
WMM	●	○	-	●	-	-

● high ◐ medium ○ low

<표 3-141> 유역모형의 적용 수준 - Mid-Range Methods

모형	유역분석			대안분석		하천수질모의
	Screening	Intermediate	Detailed	계획	설계	
SITEMAP	●	○	○	◐	-	○
GWLF	●	◐	○	-	-	-
P8-UCM	●	◐	◐	○	●	-
Auto-QI	●	●	○	◐	○	○
AGNPS	●	●	○	●	○	○
SLAMM	●	◐	◐	●	◐	○

● high ◐ medium ○ low

<표 3-142> 유역모형의 적용 수준 - Detailed Methods

모형	유역분석			대안분석		하천수질모의
	Screening	Intermediate	Detailed	계획	설계	
STORM	●	●	○	●	○	○
ANSWERS	●	●	◐	●	○	○
DR3M-QUAL	◐	●	●	●	◐	◐
SWRRBQ /SWAT	◐	●	●	●	◐	◐
SWMM	◐	●	●	●	◐	-
HSPF	◐	●	●	●	◐	●

● high ◐ medium ○ low

HSPF나 SWMM과 같은 detail model의 screen 단계의 적용은 수많은 인자들의 초기값을 적용함으로써 시간과 필요한 입력자료를 줄일 수 있다. 도시유출모의가 가능한 SWMM, HSPF, SLAMM, P8-UCM, DR3M-QUAL 등은 수많은 설계기준을 제공할 수 있지만, 수많은 입력자료와 사용자의 전문성을 요구하며, 적절한 입력값과 결과값의 해석이 필요하다.

		STORM	ANSWERS	DR3M-QUAL	SWRRBQ/ SWAT	SWMM	HSPF
Land Uses	Urban	●	■	●	○	●	●
	Rural	●	■	●	○	○	●
Time Scale	Annual	○	■	○	○	■	■
	Single Event	●	■	●	●	●	●
Hydrology	Runoff	●	■	○	●	●	●
	Baseflow	○	■	○	●	●	●
Pollutant Loading	Sediment	●	■	●	●	●	●
	Nutrients	●	■	■	●	●	●
Pollutant Routing	Transport	■	■	■	■	○	●
	Transformation	■	■	■	■	○	●
Model Output	Statistics	○	■	●	●	●	●
	Graphics	○	■	●	●	○	○
Input Data	Requirements	○	●	●	○	●	●
	Calibration	○	○	○	○	○	○
BMPs	Default Data	○	○	○	○	○	○
	User Interface	○	○	○	○	○	○
BMPs		○	○	○	○	○	○
Documentation		●	○	○	●	●	●
Main Land Use		Urban	Agriculture	Urban	Agriculture	Urban	Mixed
Hydrology		Runoff coefficient SCS curve Numbers Unit hydrograph	Distributed storage model	Surface storage balance Kinematic wave method	SCS curve number	Nonlinear reservoir	Water balance of land surface and soil processes
Erosion/Sediment		USLE	Detachment transport equations	Related to runoff volume and peak	Modified USLE	Modified USLE	Detachment/ wash-off equation
Pollutant Load		Buildup/wash-off function	Potency factors	Buildup/wash-off function	Loading function	Buildup/wash-off function	Loading/ wash-off function and Subsurface concentrations
Pollutants		P, N, COD, metals	N/A	TSS, N, P, organics, metals	N, P, COD, metals, bacteria	Wide range	Wide range

● High ○ Medium ○ Low

<그림 3-303> 유역모형의 비교

(2) 대표적인 유역모델 SWAT과 HSPF 비교

SWAT은 미국 농무부 농업연구국 (Agricultural Research Service)에서 개발한 SWRRB(Simulator for Water Resources in Rural Basins; 1985, 1990) 모델을 개선한 유역모델이다. SWRRB은 이전에 개발하여 사용한 CREAMS(Chemicals, Runoff and Erosion from Agricultural Management Systems; 1980), GREAMS(Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems; 1987) 등을 결합하여 개선하였다. 10개의 소배수 구역만을 고려할 수 있는 SWRRB의 한계는 다수의 SWRRB를 사용하고 하천 및 저류지 하도추적이 가능한 ROTO(Routing Outputs to Outlet; 1995) 모델을 요구하였으며 이 두 모델을 결합하여 SWAT 모델이 개발되었다. 1990년도 초에 개발된 SWAT 모델은 SWAT94.2에서 다수문반응도(Multiple HRU)가 구현되었으며, SWAT 96.2에서 QUAL2E에서 모의가능한 수질항목을 추가하여 기능을 계속 수정·보완하였다.

2010년에는 SWAT2005가 배포되었으며, SWAT2005에는 박테리아 이송모듈이 개선되었고, 기상 예측시나리오 및 강수 발생 기능이 추가되었다(이기영 등, 2009). 2013년 현재 SWAT2012가 배포되고 있으며 ArcGIS 10.1 SP1 또는 ArcGIS 10.0 SP5에서 운용가능하다.

HSPF(Hydrological Simulation Program-Fortran)는 1980년 미국 EPA에서 개발한 장기유출 모의가 가능한 유역모델로 농업 및 비도시지역 적용 위주로 개발되었으나 도시지역 유역에도 적용 가능하며, 구조적인 형태로 계층적 구조를 갖는 다수의 모듈로 구성되어 있으며 쉽게 원하는 모듈을 추가할 수 있다. HSPF는 일반적인 오염물질 및 독성유기물질을 모의 할 수 있으며 강우, 온도, 일사량 및 토양 특성과 관련한(토지이용, 토양 특성 등) 시계열 형태의 입력 자료를 요구한다. 모의 결과는 수문곡선과 오염도곡선으로 주어지며 유출모의, 수리모의 및 유사-오염물 상호작용 등의 과정이 통합적으로 수행된다. HSPF는 모래, 실트, 점토 등의 유사 모의 가능하며 모의에는 다양한 기작(가수분해, 산화, 광분해, 생분해, 휘발, 흡착)이 관여한다. HSPF는 상당한 양의 입력 및 출력 자료를 다루기 위하여 DMS(Database Management System)를 포함한다(이기영 등, 2009).

<표 3-143> SWAT과 HSPF 모델 비교 (Borah and Bera, 2003)

비교항목	SWAT	HSPF
개발	미농림부(USDA)	미환경부(USEPA)
운용환경	ESRI ArcGIS와 연계운영	ESRI ArcView GIS 기반 BASINS와 연계운영
구성요소	수문, 기상, 유사, 토양온도, 작물생장, 영양염류, 농약류, 영농형태, 하도 및 저수지 추적	강우로 인한 투수 및 불투수 지역, 하천에 대한 유출 및 수질항목 모의
시간스케일	장기모의, 연속모의, 일-년 단위 모의	장기모의, 연속모의, 시간-년 단위 (불투수성 지표에서 초기유출모의 가능)
유역의 표현	기상, HRU로 구분된 소유역, 저수지, 지하수, 하도 등으로 구성	추수지역, 불투수지역, 도시-비도시 혼합지역, 하천, 저수지 등으로 구성
초과강우량	3단계 Tank 모델로 강우, 유출, 증발산량, 침투, 작물소비량, 회귀수, 지하수 흐름 등을 이용한 일일물수지 방법	차단, 증발산량, 지역 분포에 따른 경험적으로 계산한 침투량을 반영한 물수지 방법 적용
잠재증발산량	잠재, 실제 증산량, 수분 및 영양분 흡수, 작물성장 DB	각 지층에서의 경험적 계산식 및 실제 또는 계산된 증발산량의 적용
지표유출	SCS-CN값에 의한 유출량, SCS TR-55법에 의한 침투유량 모의 또는 각 HRU에 Green&Ampt 침투공식적용	지면 저류관계를 반영한 경험적 유출고와 Chezy-Manning 공식에 의한 지표흐름 모의

<표 3-144> SWAT과 HSPF 모델 비교 (Borah and Bera, 2003)

비교항목	SWAT	HSPF
지표하유출	운동역학적 저류모델 (Salon et al, 1983)에 의한 측방 지표하 흐름, 경험적 관계를 이용한 지하수 흐름	경험적 관계를 이용한 중간 유출, 침투, 지하수 유출 모의
하도유출	다양한 저류상수와 Manning 공식에 기반한 흐름추적, 이동 손실, 증발, 도수, 회귀수 등에 의해 유량 제어	모든 유입량은 하나의 상류 지점에 유입, 유출량은 reach의 부피 또는 사용자 제공값에 의한 함수 이용
저수지흐름	물수지 방법, 사용자 입력 유출량	하도 유출과 동일
지표유사	유출량, 침투유량 및 USLE인자로 표현 되는 MUSLE에 의한 토사유실량 산정	강우에 의한 토사입자 이탈과 저류량과 유출량의 함수로 결정되는 이송능력에 기초한 Washoff로 표현
하도유사	Bagnold의 식과 USLE의 토양침식성과 피복인자에 따른 하상 침식 및 이송, 입자 침강속도에 기초한 퇴적	비 점착성(모래) 토사 이송은 Toffaleti법, Colby법 또는 유속관계에 따라 사용자 지정방법으로 모의, 점착성 토사 이송은 임계전단응력과 침강속도에 기초한 모의
저수지유사	단순 연속방정식을 사용한 유출량, 유입량과 저류량으로 계산	하도유사와 동일
화학물질모의	평균농도와 물의 부피에 기초한 N, P계열, 부하함수를 사용한 일일 N, P, 유사에 흡착된 P(부하중심) 수요와 공급에 따른 작물의 N,P, 엽면적 지수 및 이용효율에 의한 농약류 모의, 유기탄소 흡착계수와 지수적 감소에 의한 반감기 계산	토양온도, 수온, DO, CO2(유기탄소, 무기성탄소), pH, 알칼리도, NO ₃ , NH ₄ , Org-N, PO ₄ , Org-P, 용존 및 흡착 또는 농약류, Cl, Br 등의 보존성 물질을 이용한 추적자 모의 (농도중심)
BMP 적용, 평가	농업과 관련한 토지운영 방법 적용 : 경작, 관개, 시비, 농약사용(화학적, 가축분뇨) 등	영양염류 및 농약류에 대해 적용, BMP/LID 적용 툴킷 탑재(경제성 분석 및 최적화)로 수질개선대책 적용 용이
조류	조류의 성장, 사멸, 침전	동, 식물성 플랑크톤, 저서성 조류와 관련된 영양단계, 빛, 온도, 영양분

(3) 농업(축산, 경종) 비점오염 영향분석을 위한 최적모델의 선정

유역모형은 스크린모델 (screen model)과 시뮬레이션모델 (simulation model) 혹은 모형의 적용대상지역과 수문사상을 중심으로 도시모델 (urban model)과 농촌모델 (rural model)로 나뉘며, 강우사상모델 (storm event model)과 연속모델 (continuous model)등으로 나눌 수 있다. 또한 유역모형은 두개 이상의 포장 조건을 모의 (Novotny와 Olem, 1994) 할 수 있는 특징을 가지고 있다. 산지와 농지가 대부분인 농촌유역의 모의에는 SWAT, 불투수층이 많고 하수관거가 잘 갖추어진 도시유역에서는 SWMM, 그리고 도시와 농촌 지역이 혼합된 유역에서는 HSPF이 적합할 것으로 평가되고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 국내 환경연구에 널리 활용되고 있으며, 모니터링 대상유역이 도시와 농촌지역이 혼재하고 있는 것을 감안하여, 최적의 모델로 HSPF를 선정하였으며 선정이유는 다음과 같다. 첫째, HSPF모델은 경종 및 축산에서 이루어지고 있는 비료, 퇴액비 살포등의 영농활동을 적용하여 평가할수 있으며, 둘째, 외국에서 개발된 모형들의 단점인

토지이용(논) 부분을 논의 모의가 가능한 HSPF-Paddy 모델을 적용할 수 있다. 셋째, 본 연구의 목적이 전국적인 경종 및 축산에서 발생하는 농업비점오염원에 대한 평가를 하기 위함인데, 현재 환경부의 4대강에 적용한바 있어 검증이 된 모델이다.

하지만, 현재 경종 및 축산에서 발생하고 있는 오염물질들의 이동경로를 완전히 파악해서 적용하는데에는 한계를 갖고 있으며, 본 연구에서 충실하게 모니터링 된 데이터를 바탕으로 전국적으로 적용하기 위한 기반을 마련할 필요가 있다.

나. HSPF 모델의 구성 및 구축방법

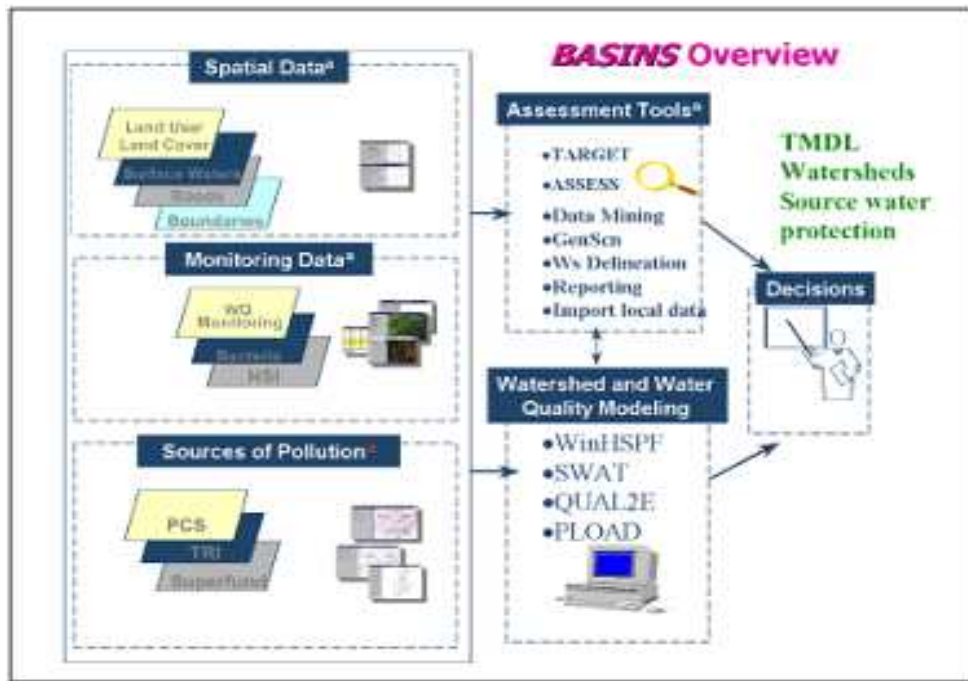
(1) BASINS

BASINS (Better Assessment Science Integrating point and Non-point Sources)는 유역 오염관리를 위한 다목적 환경 분석시스템으로, US EPA에 의해 개발되어 제공되고 있으며, 목적은 아래와 같다.

- 환경정보의 분석을 용이하게 한다.
- 환경시스템의 분석을 지원한다.
- 유역관리의 대안을 평가하기 위한 체계 (Framework)를 제공한다.

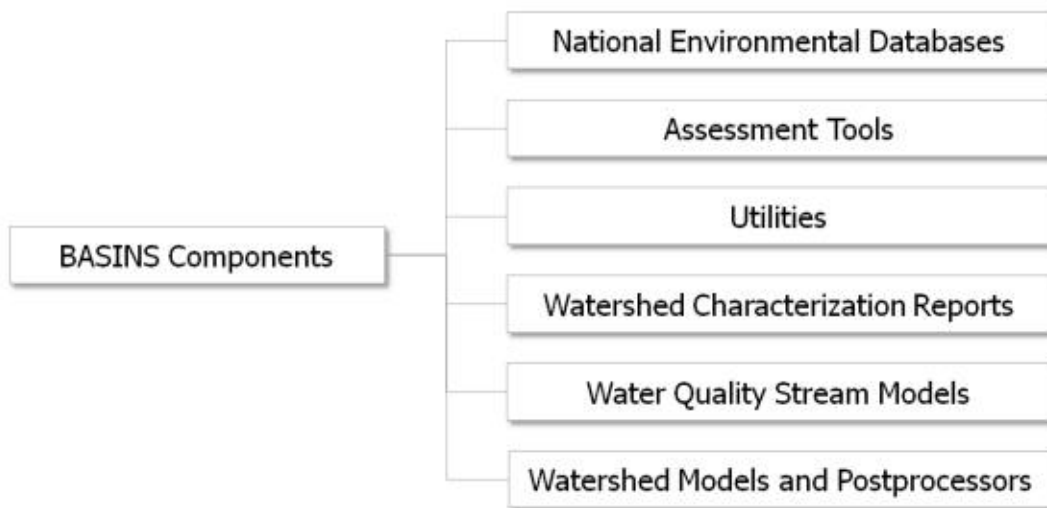
또한, BASINS는 유역 및 수질에 대한 평가뿐만 아니라, 점오염원과 비점오염원을 통합적으로 분석함으로써, 미국의 TMDL 설계에 적용하기 위해 개발되었다. 기존 유역개념의 오염관리에서는 자료의 전처리, 정보의 요약, 지도와 표 생성, 모델적용 등 일련의 과정이 서로 단절되어 여러 가지 툴 (tool)과 소프트웨어 등을 이용해야 했다. 이러한 분리된 과정은 정보를 통합하는데 어려움이 있고, 많은 시간과 노력을 필요로 하였다. 반면, BASINS는 사용자가 친숙한 Windows를 기반으로 하기 때문에 환경 정보를 손쉽게 검색할 수 있으며, 분석을 위한 다양한 툴을 제공하여 정보를 효율적으로 처리할 수 있고, 유역모델 및 수질모델을 시스템 내에서 실행할 수 있으므로 유역 분석시간을 줄일 수 있다. <그림 3-304>는 유역오염관리를 위한 정책결정시 BASINS의 적용 흐름도이다.

적용 흐름도를 살펴보면 먼저 토지이용, 토지피복, 하천도, 도로, 유역경계 등의 공간데이터 및 수질자료, 미생물자료 등의 실측자료가 함께 국가 데이터베이스로 구축되어 있는 오염원자료를 이용하여 복합적으로 관리된다. 이렇게 통합적으로 관리되고 있는 정보로부터 TARGET, ASSESS, Data Mining을 이용하여 문제가 되는 유역과 소유역을 구분하며 필요한 경우 관련 데이터를 추출한다. 또한 GenScn, Watersheds Delineation, Reporting, Import local data등을 이용하여 데이터를 분석하거나 유역모델 혹은 수질모델을 구동하기 위한 데이터를 생성하게 된다. 이런 과정을 통해서 오염총량관리를 가능하게 하며 정책관리자나 사용자가 의사결정을 하는데 있어 중요한 기초자료를 제시할 수 있다.



<그림 3-304> BASINS의 적용 흐름도

한편, BASINS는 유역과 수질 분석을 실행하기 위해서 6가지의 구성요소로 이루어져 있다 <그림 3-305>. BASINS에 포함된 수질모델에는 EPA의 Simple Method를 이용한 PLOAD, 하천수질모델인 QUAL2E, 유역모델인 WinHSPF, SWAT모델로 구성되어 있으며, 모델의 실행 시 모델에 필요한 입력인자들이 자동으로 생성·입력된다.



<그림 3-305> BASINS의 구성요소

(2) WinHSPF

WinHSPF는 BASINS와 연동하여 HSPF 모델을 구축함으로써, MS windows 상의 User interface를 통해 사용자편의성을 강화한 모델이다. HSPF(Hydrological Simulation Program Fortran) 모델은 미국 환경청 (U.S. Environmental Protection Agency, USEPA)에서 개발한 유역모델로서 1950년대에 스탠포드 유역 모델 (Stanford Watershed Model)으로 처음 개발되었다. 1980년대에 모델의 전·후 처리 소프트웨어가 추가되어 모델 구동을 위한 편의 시설을 확충하였다. HSPF모델은 준분포형, 개념적 모델로 차단, 토양수분, 지표유출, 중간유출, 기저유출, 적설심, 수분함량, 용설, 증발산, 지하수 충전, DO, BOD, 온도, 농약, 대장균, 유사운송, 토립자의 크기, 하천의 유출, 저수지 유출, pH, 질소, 인, 식물성플랑크톤, 동물성플랑크톤 등을 모의할 수 있으며, 장기간에 걸쳐 크고 작은 규모와 복잡한 유역의 수문·수질에 관한 다양한 현상들을 모의하기 위해 개발된 모델이다. 하지만 입력변수를 준비하는데 지형학적 정보, 기상자료, 점오염원 등 광범위한 자료를 구축해야 하기 때문에, 손쉽게 구동하기 어려운 단점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 BASINS (Better Assessment Science for Integrating point and Nonpoint Source)가 개발되었으며, 이로부터 HSPF모델의 입력자료 구축을 용이하게 하였다 (USEPA, 2001).

HSPF모델은 투수층 (PERLND)과 불투수층 (IMPLND)의 토지 이용단위로 구분하여 모의되며, 이로부터 유출되는 오염물질이 하천 (RCHRES)으로 유입되도록 구성되어 있고, 각각의 모듈에는 물 흐름, 토사유출, 영양염류, 대장균, 식물성 플랑크톤 등을 구분하여 모의한다 (Bicknell et al., 1996).

투수층은 일반적으로 도시지역, 도로, 산업지역 등 특정 토지이용에 점유율을 구분하여 적용할 수 있으며, 침투하지 않고 직접 유출되는 형태로 모의된다. 투수층은 3개의 층으로 가정하여 모의되는데 상층부 (Upper zone), 하층부 (Lower zone), 지하수 (Ground water)로 구분하여 모의되며 상층부에서는 유출 (Runoff), 하층부에서는 중간유출 (Interflow), 지하수는 기저유출 (Base flow)로 하천에 유입된다.

모델에서의 토사 생성 및 유실 공식은 ARM과 NPS모델을 기본으로 하고 있다. HSPF 모델에서 투수지역의 토양유실을 모의하는 모듈은 SEDMNT이며, 강우에 의한 토양의 탈착에 대한 관리기법 인자는 USLE공식의 P값을 기본으로 한다. 투수지역의 수질 모의는 오염물질과 강우 시 발생하는 토사, 또는 유출수와의 경험적인 관계식을 이용한다. 모델 내 투수지역에서의 일반적인 수질모의는 PQUAL모듈에서 이루어지며 4개의 서브루틴에 의해 계산된다. 서브루틴 OXR_X는 주로 용존산소와 BOD를 계산하며, NUTR_X는 무기질소와 무기인, PLANK는 플랑크톤 및 이와 관련된 반응, 그리고 PHCARB는 pH와 무기탄소를 계산한다.

HSPF모델은 모델의 적용에 필요한 방대한 자료와 많은 노력을 최소화 되도록 개발되어 왔다. HSPF는 광범위한 수문·수질과정을 장기모의가 가능하도록 구조화된 일련의 모듈로

구성되어 있다. 복잡한 모델일수록 자료 관리에 많은 노력이 요구되나 종종 개발자들은 합리적인 자료 관리를 위한 요소의 개발을 간과하고 있는 것도 사실이다. HSPF는 자료를 직접적으로 접근할 수 있는 time series management system에 가깝도록 개발되었다. 모의가 이루어지는 모듈은 time series가 저장되어 있는 파일로부터 입력을 받으며 모의 결과를 다시 time series에 저장함으로써 자료관리에 있어 시간과 노력을 최소화 할 수 있다.

초기의 HSPF는 다음과 같은 기존 모델을 기초로 하여 개발되었다.

- Hydrocomp Simulation Programming(HSP)
- NonPoint Source(NPS) Model
- Agricultural Runoff Management(ARM) Model
- Sediment and Radionuclides Transport(SERATRA)

HSPF 모델은 단순히 위의 모델들을 연결시키는 것이 아니라 다양한 새로운 시뮬레이션 모듈들이 추가되어 있다. HSPF는 현재 발표된 모델들 중에서 보다 포괄적이며 효과적인 수자원 계획수립이 가능하기 때문에 수자원계획자에게 매우 유용한 tool이 되었으며, 프로그램의 장점은 다음과 같다.

- Time-series를 기본으로 하여 자료를 직접적으로 접근하기 때문에 방대한 파일을 입력하고 수정하는데 편리하다.
- 모델이 상대적으로 단일화되었기 때문에 조작성이 간단하다.
- 시스템은 top-down programming 기술에 의해 개발되었기 때문에 모델을 수정하거나 새로운 모듈을 추가하는데 상대적으로 용이하다.

(3) HSPF 모델의 개요

HSPF 모델은 유역내의 토지이용에 따른 특정 오염물질의 비점오염 부하를 계산하며, 강우에 따른 물 흐름을 하천의 수질오염모의와 연결시킨다. HSPF 모델의 장·단점은 다음 몇 가지로 요약될 수 있다.

HSPF 모델은 광범위한 유역조건에 적용이 가능하고, 본 모델을 효과적으로 사용할 수 있도록 HSPEXP, ANNIE, WDMutil, METCMP, IOWDM 등과 같은 보조프로그램이 개발되어 있다. 미국 내 충분한 기초자료를 바탕으로, USEPA와 USGS 등과 같은 여러 기관들의 지원을 받아 다양한 지역에 적용되고 있으며, 지속적으로 유지 발전되고 있다.

그러나 본 모델은 시간별 기온, 강수량, 증발량과 같은 엄청난 양의 자료를 필요로 하며, 비분산형 모델로서 소유역에 대해 평균적인 매개변수 값을 갖는다. 또, 하천의 흐름을 한 방향으로 가정하여 조석을 반영하지 못하는 수리학적 한계와 하천 바닥의 조류나 식물성 플랑크톤, 동물성 플랑크톤 등과 같은 조류에 관계된 수질 모의에 한계가 있다.

(4) HSPF 모델의 구조

① Run Interpreter

사용자가 작성한 입력파일(UCI ; Users Control Input)을 읽고 해석할 수 있는 부프로그램들의 집합체이다. 여기에서는 일련의 작동과 관련된 시스템을 지시하는 내부정보를 만들어 지시파일을 생성해주며, 초기상태와 각각의 작동에 필요한 인자를 적절한 파일의 형태로 저장해주는 역할을 한다.

② Operations Supervisor

Run Interpreter가 작성한 내부 정보에 따라 적절한 application 혹은 utility module을 불러들여 실행하는 서브루틴이다.

③ Operating Module

Application module 혹은 utility module을 말하며 실행을 위한 작동을 실행하는 모듈로서 매시간 하나의 모듈이 불러들여 internal scratch pad (INSPAN)에 따라 실행되어진다. Operations Supervisor에 의해 적절한 모듈이 불러진다.

④ Time Series Management System

TSGET와 TSPUT로 구성되어 있다. TSGET(get time series)는 모델에 필요한 기상 자료 등을 읽어들이고 실행결과를 사용자가 지정한 시간간격으로 TSPUT(put time series)에 입력되어진다.

Application 모듈에는 투수지형(pervious land)에서의 수문 및 수질을 모의하는 PERLND 모듈과 불투수지형(impervious land)의 수문 및 수질을 모의하는 IMPLND 모듈, 수체내의 수리 및 수질을 모의하는 RCHRES 모듈로 나누어져 있으며, 각각의 모듈에는 물의 흐름에 관계된 부분과, 토사유출, 영양염류 등 수질에 관계되는 부분이 섹션(Section)으로 구분된다.

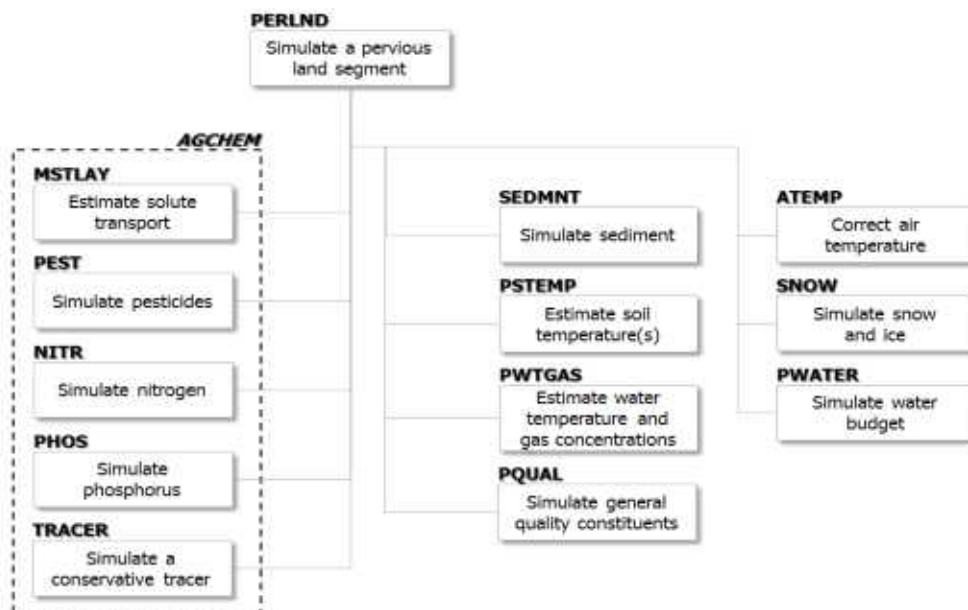
<표 3-145> HSPF Application Modules 구성요소

Application Module		
PERLND	IMPLND	RCHRES
Snow	Snow	Hydraulics
Water	Water	Conservative
Sediment	Solids	Temperature
Quality	Quality	Sediment
Pesticide		Nonconservative
Nitrogen		BOD/DO
Phosphorus		Nitrogen
Tracer		Phosphorus
		Carbon
		Plankton

⑤ PERLND

모의될 유역은 몇 개의 카테고리를 기준으로 분할되어 모의되며 이러한 경계는 사용자의 정의에 따라 분류되지만, 일반적으로 유사한 수리학적 특성을 기준으로 정의된다.

유역모델에서는 물이나 침전물, 수질오염물질은 유역에서 발생하여 하류의 유역으로 흘러가거나 하천이나 호소로 유입된다. 이 때 물수지에 영향을 줄 정도의 침투가 일어나는 토지를 투수층으로 간주한다. PERLND에서의 주요한 모듈은 용설을 모의하는 SNOW, 지표면에서의 토양유실을 모의하는 SEDMNT, 물수지를 모의하는 PWATER, 수질을 모의하는 PQUL과 AGCHEM 등으로 구성된다. 그 외 용설과 토양온도모의를 위해 대기온도를 보정하는 ATEMP, 유출수의 수온과 AGCHEM의 반응상수, 용존산소와 이산화탄소의 용해도 등에 영향을 주는 토양온도를 모의하는 PSTEMP 등이 있다.

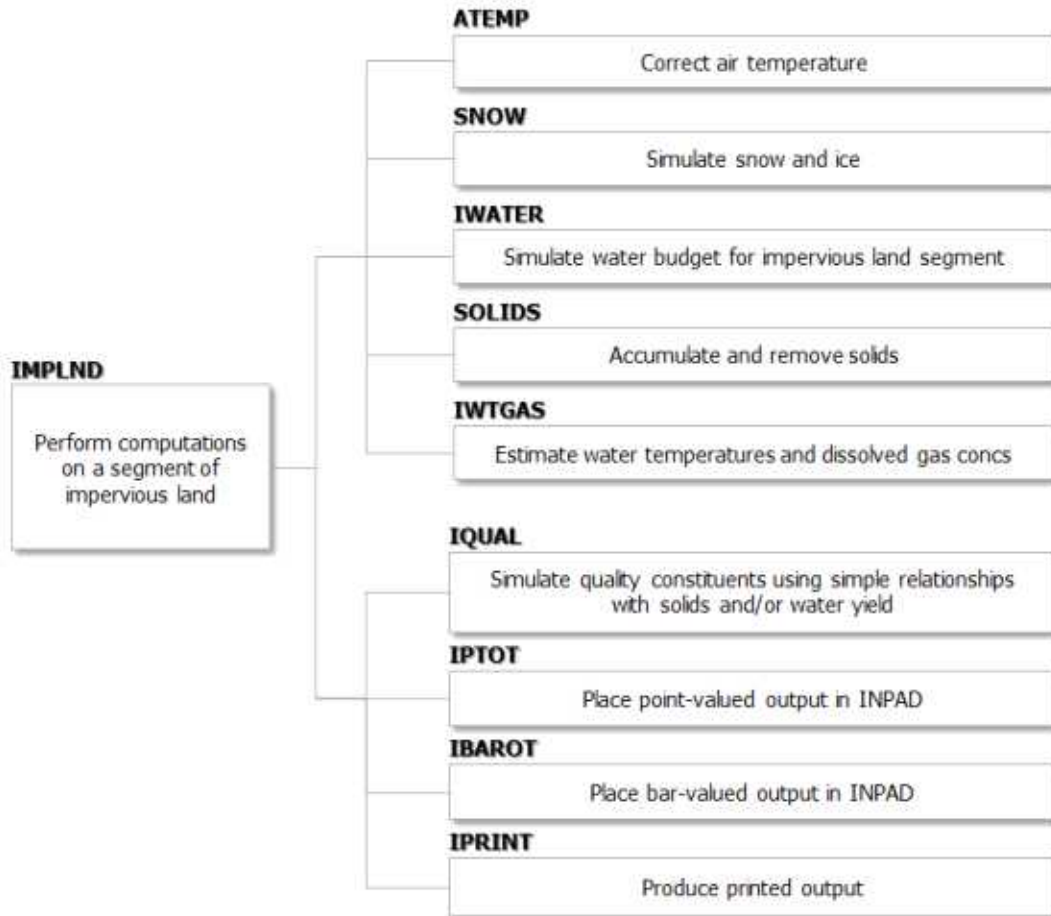


<그림 3-306> PERLND module 구성요소

⑥ IMPLND

HSPF의 IMPLND모듈의 개요도는 <그림 3-305>와 같으며 왼쪽에서 오른쪽으로 실행된다. 대부분의 모듈들은 PERLND의 모듈과 유사하며 SNOW와 ATEMP모듈은 투수층과 불투수층 모두 사용된다. IWATER은 PERLND모듈의 PWATER과 상응하며, SOLID는 SEDMNT, IWTGAS는 PWTGAS, IQUAL은 PQUAL과 상응한다. IMPLND는 침투와 그로 인한 지표아래의 유출을 포함하지 않기 때문에 PERLND보다는 간단하다.

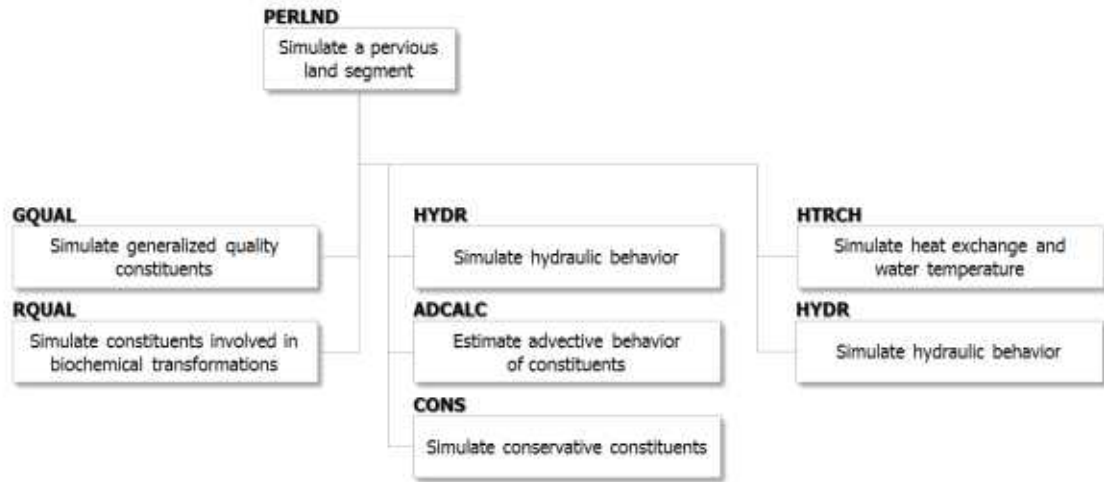
불투수층에서의 침투는 매우 작거나 일어나지 않는다. 용설은 축적되고 용해되며 물은 저장되거나 증발된다. 오염물질들은 지표면에 축적되고 제거된다. 물과 부유물질, 다양한 오염물질은 유역에서 발생하여 아래의 유역이나 하천 혹은 저수지로 유입된다. 불투수층에 관한 모의는 주로 도시지역으로 분류된 토지이용에서 발생하며, 도시지역의 피복 정도를 모델에서 결정하여 사용할 수 있다.



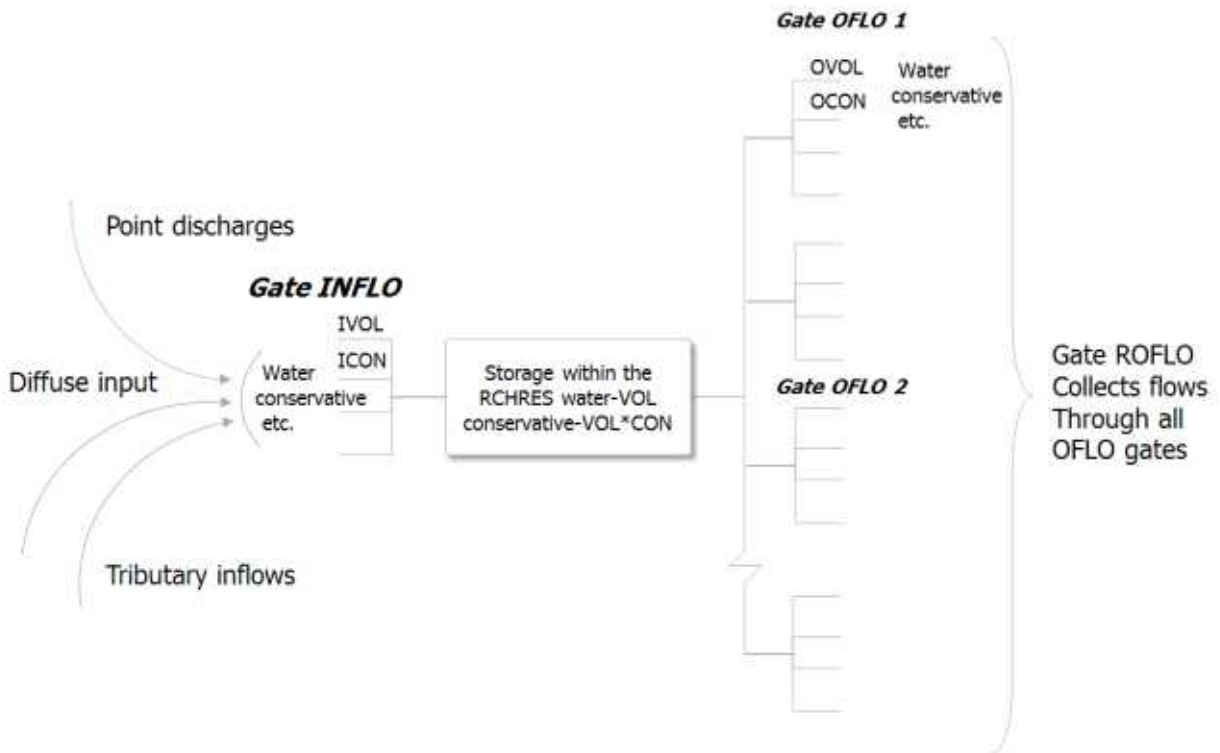
<그림 3-307> IMPLND module 구성요소

⑦ RCHRES

RCHRES는 수로나 완전혼합으로 가정할 수 있는 호소에서 일어나는 과정을 모의한다. RCHRES에서의 물의 흐름은 단일방향의 흐름으로 가정하고 RCHRES를 통한 물질의 유출입은 <그림 3-308>~<그림 3-309>과 같다. 오염원이나 상류 RCHRES에서의 물과 오염물질들은 하류 RCHRES의 하나의 유입구(INFLO)로 유입되며 RCHRES에서의 유출은 여러 개의 유출구(OFLO) 중 하나의 유출구를 통해 유출된다.



<그림 3-308> RCHRES module 구성요소



<그림 3-309> RCHRES 물질 이동 흐름도

다. 유역모델의 구축

(1) 유역모델의 기초자료 구축

모델 구축을 위해서는 기상, 오염원, 하수종말처리장, 점오염부하 등 많은 입력 자료를 필요로 한다. HSPF 모델 입력자료 구축에 필요한 자료들은 공인된 자료원으로부터 제공된 자료를 사용하였으며, 대상유역의 표고분석도, 경사향 및 경사도 분석을 위하여 국가공간정보유통망에서 제공받는 1:5,000 수치지형도를 사용하였다. 주요자료의 내용은 아래 표와 같다.

<표 3-146> HSPF Application Modules 구성요소

자료	출처	Scale	자료 특성
수치고도모델	국가공간정보유통시스템	1:5,000	Digital Elevation Model (DEM) ; 30m X 30m
토지피복도	환경부 환경지리정보	1:25,000	2008년 중분류 토지피복(도시, 산림, 농경지, 물 등)
기상자료	기상청	시간단위	2006~2015년 (강수량, 평균온도, 상대습도, 일사량 등)
유량	국립환경과학원	주단위	환경부 측정망
	국토교통부	일단위	국토부 측정망 자료
수질	국가측정망	월단위 /주단위	환경부 측정망
오염원	국립환경과학원	-	전국 오염원 조사자료
행정 경계도	국토교통부/환경부	-	단위유역도, 중권역도, 대권역도, 시도군 경계도, 소권역 등

① 기상관측소 현황

기상자료는 기온, 강수량, 이슬점온도, 일사량, 운량, 잠재증발산량 등의 자료를 이용하였으며, 잠재증발산량은 WDMutil의 Jensen-Haise formula (Dockter, 1994)를 이용하여 산정하였다. 전국의 기상관측소를 중심으로 티센망(Thiessen polygon)을 구축하였을 때, 모니터링 유역의 기상관측소 현황은 아래와 같다.

<표 3-147> 기상관측소 현황

지점명	기상관측소	지점번호	북위	동경	모니터링기관
청미천 유역	이천 관측소	203	37°15'	127°29'	서울대학교
금호강 유역	영천 관측소	281	35°58'	128°57'	강원대학교
섬강 유역	원주 관측소	114	37°20'	127°56'	건국대학교
동진강 유역	정읍 관측소	245	35°33'	126°51'	건국대학교

② 환경기초시설 현황

청미천 유역에는 공공하수처리시설(3개소)이 위치하고 있으며, 금호강 유역에는 공공하수처리시설(1개소), 축산폐수공공처리시설(1개소), 농공단지처리시설(1개소)의 점오염원이 위치하고 있다. 섬강 유역에는 공공하수처리시설(3개소), 축산폐수공공처리시설(3개소), 농공단지처리시설(3개소), 산업폐수종말처리시설(1개소) 등이 있으며, 동진강 유역에는 공공하수처리시설(2개소), 축산폐수공공처리시설(1개소), 농공단지처리시설(1개소), 분뇨처리시설(1개소)가 위치하고 있다. 각 대상유역별 환경기초시설 현황은 아래 <표 3-148>~<표 3-152>와 같다.

<표 3-148> 하수종말처리시설 현황

지점명 (행정구역)	하수종말처리장	위치	시설용량(m ³ /일)	방류수역
청미천 유역 (용인)	장호원하수종말처리장	경기도 이천시 장호원읍 노탑리	10,000	청미천
	금왕하수종말처리장	충청북도 음성군 금왕읍 각회리	6,000	청미천
	백암공공하수처리장	경기 용인시 처인구 백암면 금산리	3,000	청미천
금호강 유역 (영천)	영천하수종말처리장	경상북도 영천시 도남동	25,000	금호강
섬강 유역 (횡성)	원주하수종말처리장	강원도 원주시 가현동	130,000	원주천
	횡성군하수종말처리장	강원도 횡성군 횡성읍 읍상리	7,200	전천
	우항하수종말처리장	강원도 횡성군 우천면 우항리	600	주천강
동진강 유역 (정읍)	정읍하수종말처리장	전라북도 정읍시 영파동	58,600	동진강
	신태인하수종말처리장	전라북도 정읍시 신태인읍 우령리	2,600	동진강

<표 3-149> 축산폐수공공처리시설 현황

지점명 (행정구역)	축산폐수공공처리시설	위치	시설용량 (m ³ /일)	연계처리
금호강 유역 (영천)	영천시가축분뇨공공처리시설	경상북도 영천시 금호읍 구암리	100	O
섬강 유역 (횡성)	원주가축분뇨공공처리장	강원도 원주시 우산동	100	O
	원주축산폐수처리장	강원도 원주시 호저면 만종리	350	O
	횡성축산폐수공공처리장	강원도 횡성군 서원면 금대리	100	X
동진강 유역 (정읍)	정읍축산폐수공공처리시설	전라북도 정읍시 영파동	150	O

<표 3-150> 농공단지처리시설 현황

지점명 (행정구역)	농공단지처리시설	위치	시설용량 (m ³ /일)	연계처리
금호강 유역 (영천)	영천고경농공단지 폐수종말처리장	경상북도 영천시 고경면 상리리	200	X
섬강 유역 (횡성)	동화농공단지 폐수종말처리시설	강원도 원주시 문막읍 동화리	900	X
	원주문막농공단지 폐수종말처리장	강원도 원주시 문막읍 반계리	1,500	X
	횡성IT밸리농공단지 폐수종말처리장	강원도 횡성군 공근면 초원리	350	X
동진강 유역 (정읍)	정읍신용농공단지 폐수종말처리장	전라북도 정읍시 신태인읍 신용리	600	X

<표 3-151> 산업 폐수종말처리시설 현황

지점명 (행정구역)	산업폐수종말처리시설	위치	시설용량 (m ³ /일)	연계처리
섬강 유역 (횡성)	원주문막산업단지 폐수종말처리장	강원도 원주시 문막읍 반계리	1,500	X

<표 3-152> 분뇨처리시설 현황

지점명 (행정구역)	분뇨처리시설	위치	시설용량 (m ³ /일)	연계처리
금호강 유역 (영천)	영천위생처리장	경상북도 영천시 금호읍 구암리	100	O
동진강 유역 (정읍)	정읍분뇨처리장	전라북도 정읍시 영과동	100	O

③ 수위 관측소 현황

수위 및 유량관측은 모델의 기초입력 자료중 가장 중요한 인자라 할 수 있으며, 보·검정 시 반드시 필요한 자료이므로 유역내 인근의 수위 관측자료를 수집하여 활용하였다. 그러나 본 연구에서는 수위관측소 유량자료 적용시 null 값이 많은 지점은 제외하였다.

각 기관별 대상유역내 수위관측소는 청미천 유역 1개소, 금호강 유역 3개소, 섬강유역 5개소, 동진강 유역 7개소가 있으며, 수위 관측소 현황은 <표 3-153>과 같다.

<표 3-153> 수위 관측소 현황

지점명 (행정구역)	측정소명	주소	조사기관	비고
청미천 유역 (용인)	청미	경기도 여주군 점동면	국토해양부	-
금호강 유역 (영천)	금호	경상북도 영천시 금호읍	국토해양부	-
	단포교	경상북도 영천시	국토해양부	-
	완산	경상북도 영천시 완산동	국토해양부	-
섬강 유역 (횡성)	횡성	강원도 횡성군 횡성읍	국토해양부	-
	전천	강원도 횡성군 횡성읍	국토해양부	-
	장현	강원도 원주시 호저면	국토해양부	-
	간현	강원도 원주시 지정면	국토해양부	-
	문막	강원도 원주시 문막읍	국토해양부	-
동진강 유역 (정읍)	부량	전라북도 김제시 부량면	국토해양부	-
	신태인	전라북도 정읍시 신태인읍	국토해양부	-
	태인	전라북도 정읍시 태인면	국토해양부	-
	용동	전북 정읍시 용동면	국토해양부	-
	정읍	전라북도 정읍시 정우면	국토해양부	-
	공평	전라북도 정읍시 용계동	국토해양부	-
	연지	전북 정읍시 연지동	국토해양부	-

④ 수질 측정소 현황

유역모델의 보정을 위해서 8일 간격의 환경부 수질 측정망(2010년~2015년)자료를 수집 하였으며, 환경부 수질측정망은 청미천 유역 2개소, 금호강 유역 4개소, 섬강 유역 12개소, 동진강 유역 7개소가 위치하고 있는 것으로 조사되었다. 각 대상유역별 수질측정망 현황은 아래 <표 3-154>과 같다.

<표 3-154> 수위 관측소 현황

지점명 (행정구역)	측정소명	주소	조사기관	설치년도
청미천 유역 (용인)	청미천1	경기도 안성시 일죽면 주천리	경기도 보건환경연구원	1995
	청미천2	경기도 이천시 장호원읍 장호원리	경기도 보건환경연구원	1995
금호강 유역 (영천)	금호강1	경상북도 영천시 자양면	대구지방환경청	1989
	신령천	경상북도 영천시 서산동	낙동강물환경연구소	2012
	죽장천	경상북도 영천시 자양면 충효리	한국수자원공사	1992
	금호강1A	경상북도 영천시 금호읍 신대리	낙동강물환경연구소	2008
섬강 유역 (횡성)	대관대천	강원도 횡성군 갑천면 전촌리	강원도 보건환경연구원	1994
	계천2	강원도 횡성군 공근면 수백리	강원도 보건환경연구원	1994
	금계천	강원도 횡성군 공근면 오산리	강원도 보건환경연구원	1994
	전천	강원도 횡성군 횡성읍 교항리	강원도 보건환경연구원	1994
	섬강1	강원도 횡성군 횡성읍 묵계리	원주지방환경청	1994
	섬강2	강원도 원주시 호저면 옥산리	한강물환경연구소	1994
	섬강3	강원도 원주시 지정면 간현리	원주지방환경청	1994
	섬강4	강원도 원주시 문막읍 문막리	원주지방환경청	1994
	원주천1	강원도 원주시 개운동	원주지방환경청	1994
	원주천2	강원도 원주시 호저면 주산리	원주지방환경청	1994
	서곡천	강원도 원주시 문막읍	원주지방환경청	1994
	섬강4-1	강원도 원주시 부론면 흥호리	한강물환경연구소	2007
	동진강 유역 (정읍)	동진강1	전라북도 정읍시 용동면 산성리	새만금지방환경청
동진강2		전라북도 정읍시 신태인읍	새만금지방환경청	1989
동진강3		전라북도 김제시 부량면 옥정리	금강물환경연구소	1999
정읍천1		전라북도 정읍시 송산동	전라북도 보건환경연구원	1992
정읍천2		전라북도 정읍시 연지동	전라북도 보건환경연구원	1992
정읍천4		전라북도 정읍시 이평면 하송리	금강물환경연구소	1989
천원천		전라북도 정읍시 연지동	전라북도 보건환경연구원	2004

(2) 토지이용현황

토지이용분류는 환경부 중분류토지피복지도 (EGIS, 2008)를 기준으로, 대분류(7개항목) 및 중분류(22개 항목)으로 구분하여 대상유역별 토지이용현황을 살펴보면 아래 표와 같다.

청미천 유역의 총 면적은 519.3km²이며, 농업지역은 229.4km²으로 전체 유역면적의 44.2%로 가장 많이 차지하고 있으며, 이 중 논은 124.0km²으로 23.9%, 밭은 105.4km²으로 20.3%로 조사되었다. 그 외 산림지역은 217.5km²으로 41.88%, 시가화 지역은 34.3km²으로 6.6% 순으로 나타났다.

금호강유역의 총 면적은 935.2km²이며, 산림지역은 660.8km²로 전체 유역면적의 70.7%로 가장 많이 차지하고 있으며, 밭은 116.0km² 12.4%, 논은 80.6km² 8.6%, 시가화 32.3km²3.5% 순으로 나타났다.

섬강 유역의 총 면적은 1,483.1km²이며, 산림지역은 1,087.1km²로 전체 유역면적의 73.3%로 가장 많이 차지하고 있으며, 논은 145.9km² 9.8%, 밭은 115.0km² 7.8%, 시가화 59.2km² 4.0% 순으로 나타났다.

동진강 유역의 총 면적은 493.4km²이며, 농업지역은 227.2km²로 전체 유역면적의 46.1%로 가장 많이 차지하고 있으며, 이 중 논은 151.9km²으로 30.8%, 밭은 75.3km²으로 15.3%로 조사되었다. 그 외 산림지역은 206.7km²으로 41.9%, 시가화 지역은 30.9km²으로 6.3% 순으로 나타났다.

<표 3-155> 토지이용현황(대분류)

CODE	토지이용	청미천 유역		금호강 유역		섬강 유역		동진강 유역	
		면적 (km ²)	비율 (%)	면적 (km ²)	비율 (%)	면적 (km ²)	비율 (%)	면적 (km ²)	비율 (%)
100	시가화	34.3	6.6	32.3	3.5	59.2	4.0	30.9	6.3
200	농업지역(논)	124.0	23.9	80.6	8.6	145.9	9.8	151.9	30.8
200	농업지역(밭)	105.4	20.3	116.0	12.4	115.0	7.8	75.3	15.3
300	산림지역	217.5	41.9	660.8	70.7	1087.1	73.3	206.7	41.9
400	초지	16.8	3.2	7.1	0.8	32.0	2.2	9.5	1.9
500	습지	4.1	0.8	9.9	1.1	7.6	0.5	4.7	1.0
600	나지	8.6	1.7	13.0	1.4	20.9	1.4	5.0	1.0
700	수역	8.6	1.7	15.5	1.7	15.4	1.0	9.4	1.9
합계		519.3	100.0	935.2	100.0	1483.1	100.0	493.4	100.0

<표 3-156> 청미천 유역 토지이용현황(중분류)

CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)	CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)
110	주거지역	18.4	3.5	310	활엽수림	28.0	5.4
120	공업지역	5.9	1.1	320	침엽수림	83.0	16.0
130	상업지역	1.7	0.3	330	혼효림	106.5	20.5
140	위락시설지역	0.2	0.0	410	자연초지	5.1	1.0
150	교통지역	4.9	0.9	420	골프장	1.0	0.2
160	공공시설	3.1	0.6	430	기타초지	10.8	2.1
210	논	124.0	23.9	510	내륙습지	4.1	0.8
220	밭	85.9	16.6	520	연안습지	0.0	0.0
230	하우스	0.7	0.1	610	채광지역	0.5	0.1
240	과수원	10.6	2.0	620	기타나지	8.1	1.6
250	기타재배지	8.2	1.6	710	내륙수	8.6	1.7
합 계						519.25	100%

<표 3-157> 금호강 유역 토지이용현황(중분류)

CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)	CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)
110	주거지역	17.6	1.9	310	활엽수림	137.3	14.7
120	공업지역	3.4	0.4	320	침엽수림	279.2	29.9
130	상업지역	1.4	0.2	330	혼효림	244.3	26.1
140	위락시설지역	0.0	0.0	410	자연초지	0.7	0.1
150	교통지역	8.0	0.9	420	골프장	0.3	0.0
160	공공시설	1.8	0.2	430	기타초지	6.1	0.7
210	논	80.6	8.6	510	내륙습지	9.9	1.1
220	밭	66.1	7.1	520	연안습지	0.0	0.0
230	하우스	0.5	0.1	610	채광지역	0.3	0.0
240	과수원	47.4	5.1	620	기타나지	12.7	1.4
250	기타재배지	1.9	0.2	710	내륙수	15.5	1.7
합 계						935.2	100%

<표 3-158> 섬강 유역 토지이용현황(중분류)

CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)	CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)
110	주거지역	28.7	1.9	310	활엽수림	160.5	10.8
120	공업지역	4.5	0.3	320	침엽수림	611.8	41.3
130	상업지역	3.9	0.3	330	혼효림	314.8	21.2
140	위락시설지역	0.8	0.1	410	자연초지	5.0	0.3
150	교통지역	15.4	1.0	420	골프장	6.2	0.4
160	공공시설	5.9	0.4	430	기타초지	20.8	1.4
210	논	145.9	9.8	510	내륙습지	7.6	0.5
220	밭	107.8	7.3	520	연안습지	0.0	0.0
230	하우스	0.2	0.0	610	채광지역	0.4	0.0
240	과수원	3.2	0.2	620	기타나지	20.4	1.4
250	기타재배지	3.8	0.3	710	내륙수	15.4	1.0
합 계						1,483.1	100%

<표 3-159> 동진강 유역 토지이용현황(중분류)

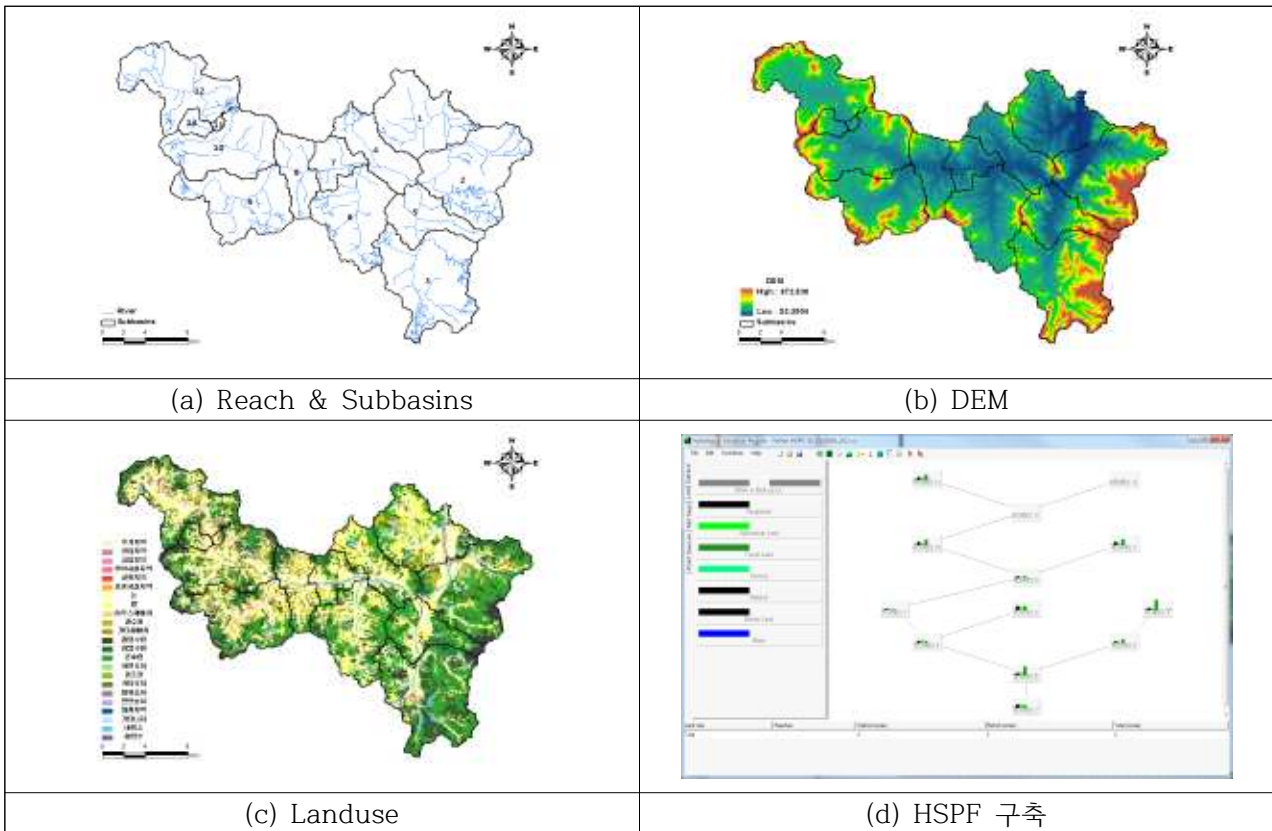
CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)	CODE	토지이용	면적(km ²)	비율(%)
110	주거지역	18.54	3.76	310	활엽수림	49.42	10.02
120	공업지역	2.74	0.55	320	침엽수림	128.72	26.09
130	상업지역	1.31	0.27	330	혼효림	28.52	5.78
140	위락시설지역	0.17	0.04	410	자연초지	2.94	0.60
150	교통지역	6.63	1.34	420	골프장	0.56	0.11
160	공공시설	1.54	0.31	430	기타초지	5.97	1.21
210	논	151.92	30.79	510	내륙습지	4.74	0.96
220	밭	66.52	13.48	520	연안습지	0.00	0.00
230	하우스	1.31	0.27	610	채광지역	0.42	0.09
240	과수원	3.81	0.77	620	기타나지	4.56	0.92
250	기타재배지	3.67	0.74	710	내륙수	9.38	1.90
합 계						493.4	100%

(3) 소유역 분할 및 GIS 자료 구축

(BASINS)는 GIS 기반의 유역 및 수질관련 평가, 모델링 및 분석을 위한 다목적 환경분석시스템으로 미국 EPA에 의해 개발되었으며, BASINS는 digital elevation model(DEM), 토지피복도 및 하천망을 바탕으로 소유역 및 하천을 분할하고, 각 소유역별로 토지이용별 면적, 경사도, 하천길이, 평균 고도 등의 유역특성인자를 자동으로 생성해준다. 본 연구에서도 HSPF모델 구축시 DEM, 토지피복도, 하천도, 유역경계를 이용해서 소유역을 자동생성이 가능하며, 소유역 분할시 국토부 수위측정지점, 환경부 수질측정망, 각 기관별 모니터링 지점을 고려하여 BASINS를 이용하여 소유역을 분할하여 모델을 구축하였다. 대상유역의 소유역 분할 결과 및 모델 구축 결과는 아래 그림과 같다.

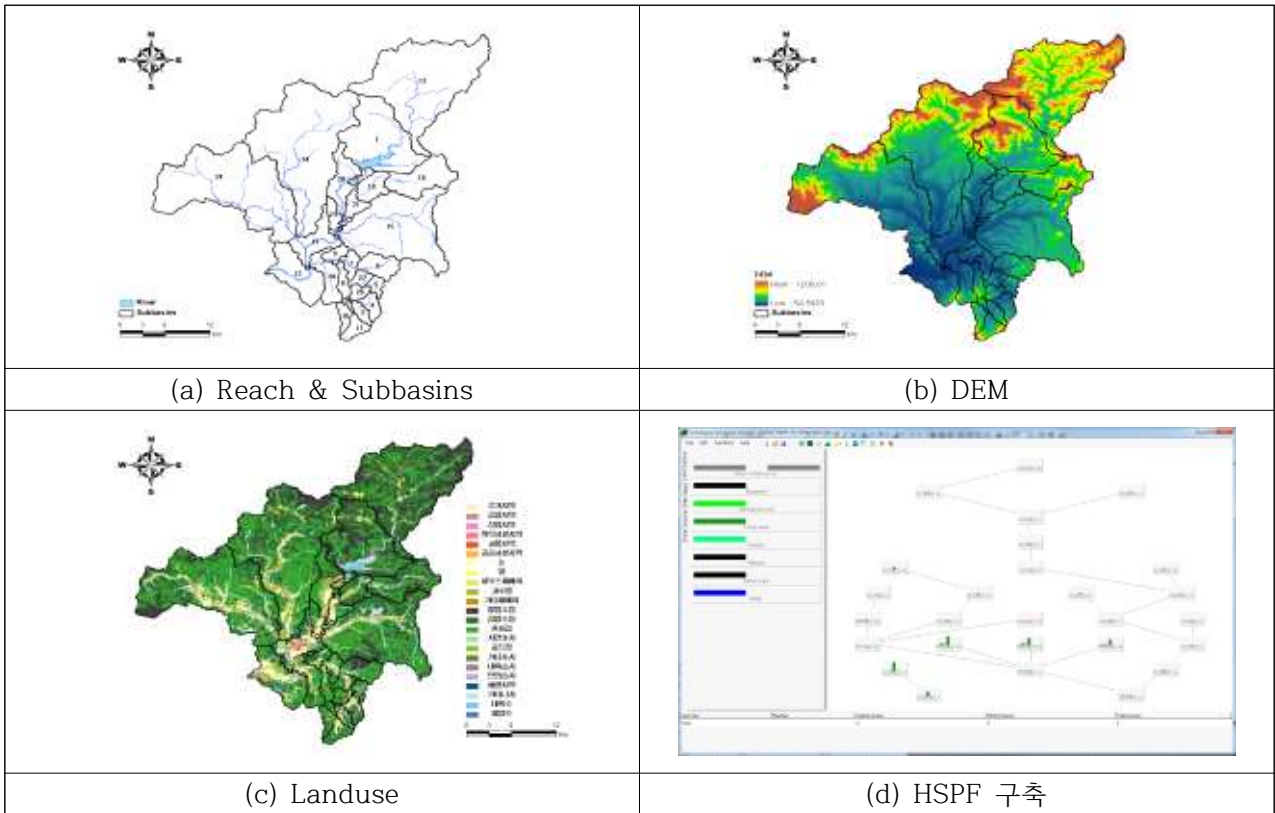
용인에 위치한 청미천 유역은 13개의 소유역으로 구분하였으며, 영천시에 위치한 금호강 유역은 27개의 소유역, 황성군에 위치한 섬강 유역은 28개의 소유역, 정읍에 위치한 동진강 유역은 38개의 소유역으로 모델을 구축하였다. 각 유역별 모델 구축 결과는 아래 <그림 3-310>~<그림 3-313>과 같다.

① 청미천 유역(용인)



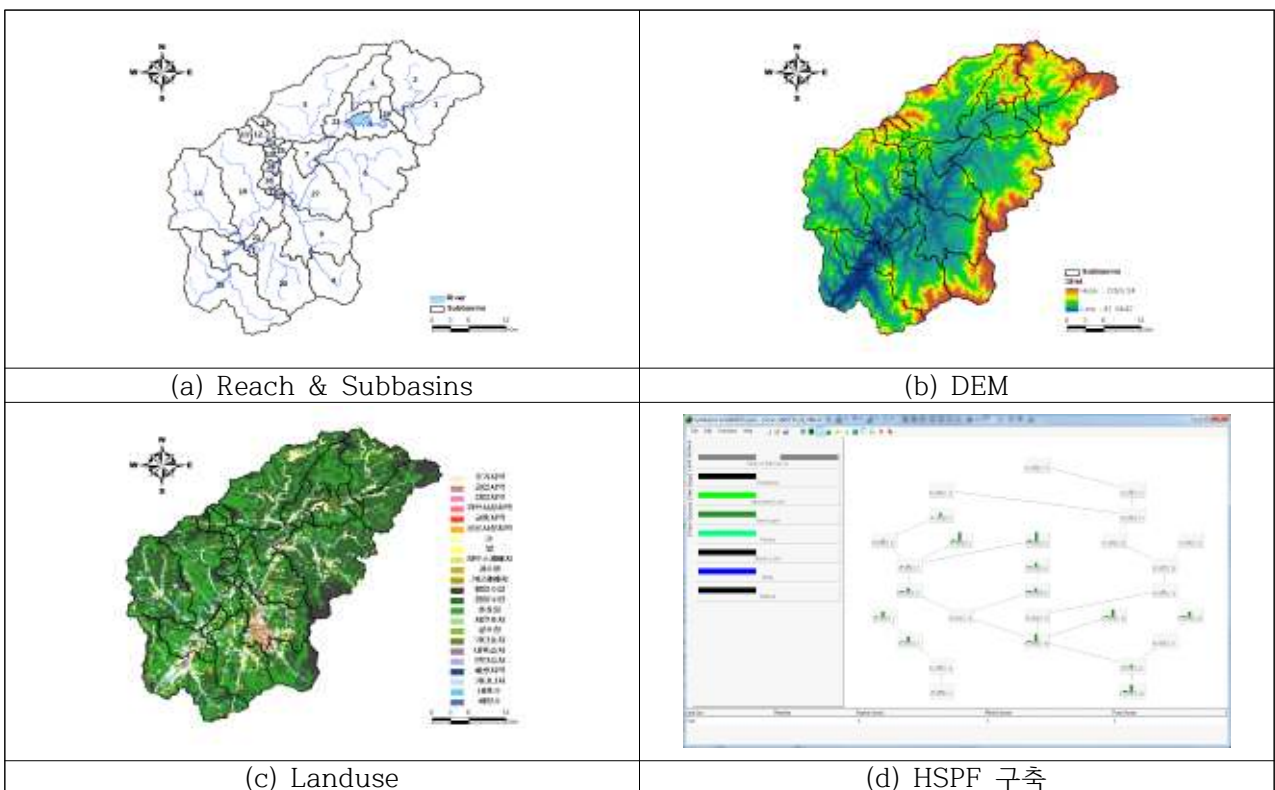
<그림 3-310> HSPF 모델 구축절차(청미천 유역)

② 금호강 유역(영천)



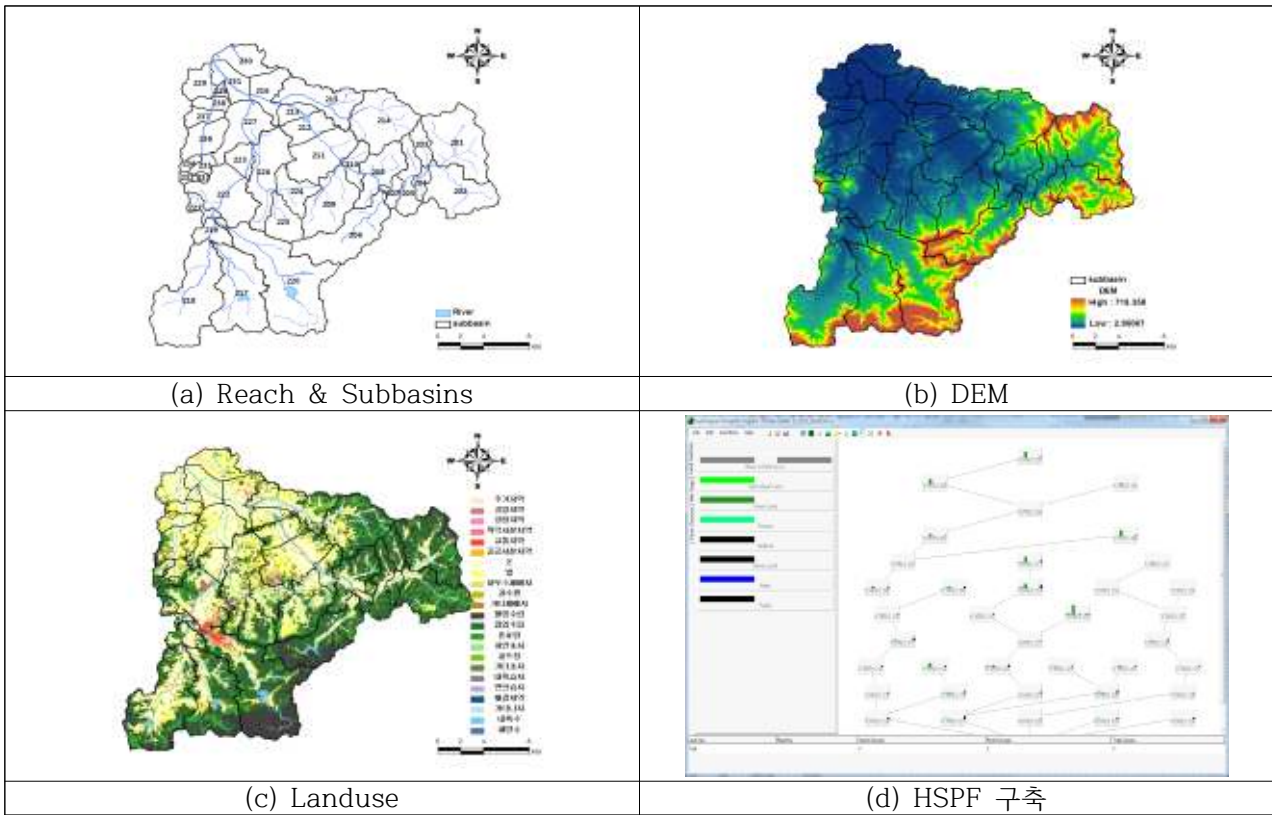
<그림 3-311> HSPF 모델 구축절차(금호강 유역)

③ 섬강 유역(횡성)



<그림 3-312> HSPF 모델 구축절차(섬강 유역)

④ 동진강 유역(정읍)



<그림 3-313> HSPF 모델 구축절차(동진강 유역)

라. 오염원 현황 및 오염 부하량 평가

(1) 오염원 현황

(가) 청미천 유역

청미천 유역의 2010~2013년까지의 오염원 현황은 아래 표와 같다. 청미천 유역의 인구는 2010년 91,847명에서 2013년 93,208명으로 1.5% 증가하였으며, 축산사육두수는 젓소는 2010년 14,454두에서 2013년 15,282두로 5.7% 증가하였다. 한우는 2010년 28,385두에서 2013년 40,383두로 42.3%가 증가하였으며, 돼지는 2010년 449,199두에서 2013년 427,078두로 4.9% 감소하였다. 가금은 2010년 4,532,307두에서 2013년 4,483,838두로 1.1% 감소하였으며, 2013년 가축사육두수의 합계는 5,004,471두로 2010년에 비해 1.2% 감소하는 것으로 조사되었다.

<표 3-160> 청미천 유역 오염원 현황

오염원		2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
인구(인)		91,847	92,218	91,794	93,208	1.5
가축사육 두수(두)	젖소	14,454	13,397	16,118	15,282	5.7
	한우	28,385	72,989	46,554	40,383	42.3
	돼지	449,199	310,355	459,478	427,078	-4.9
	가금	4,532,307	4,492,441	4,300,173	4,483,838	-1.1
	개	38,345	32,904	32,676	37,453	-2.3
	말	120	552	582	437	264.2
	합계	5,062,810	4,922,638	4,855,581	5,004,471	-1.2

(나) 금호강 유역

금호강 유역의 2010~2013년까지의 오염원 현황은 아래 표와 같다. 금호강 유역의 인구는 2010년 95,786명에서 2013년 94,142명으로 1.7% 감소하였으며, 축산사육두수는 젖소는 2010년 2,742두에서 2013년 1,652두로 39.8% 감소하였다. 한우는 2010년 27,948두에서 2013년 28,931두로 3.5%가 증가하였으며, 돼지는 2010년 96,558두에서 2013년 140,754두로 45.8% 감소하였다. 가금은 2010년 182,410두에서 2013년 1,092,213두로 498.8% 증가하였으며, 2013년 가축사육두수의 합계는 1,263,887두로 2010년에 비해 307.4% 증가하는 것으로 조사되었다.

<표 3-161> 금호강 유역 오염원 현황

오염원		2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
인구(인)		95,786	96,804	94,655	94,142	-1.7
가축사육 두수(두)	젖소	2,742	2,342	2,405	1,652	-39.8
	한우	27,948	28,501	28,212	28,931	3.5
	돼지	96,558	96,667	140,901	140,754	45.8
	가금	182,410	289,191	603,032	1,092,213	498.8
	개	539	320	160	304	-43.6
	말	6	24	26	33	450.0
	합계	310,203	417,045	774,736	1,263,887	307.4

(다) 섬강 유역

섬강 유역의 2010~2013년까지의 오염원 현황은 아래 표와 같다. 섬강 유역의 인구는 2010년 345,120명에서 2013년 355,759명으로 3.1% 증가하였으며, 축산사육두수는 젖소는 2010년 2,450두에서 2013년 1,247두로 49.1% 감소하였다. 한우는 2010년 20,197두에서 2013년 27,019두로 49.1%가 감소하였으며, 돼지는 2010년 37,542두에서 2013년 32,373두로 13.8% 감소하였다. 가금은 2010년 349,834두에서 2013년 674,708두로 92.9% 증가하였으며, 2013년 가축사육두수의 합계는 745,888두로 2010년에 비해 80.4% 증가하는 것으로 조사되었다.

<표 3-162> 섬강 유역 오염원 현황

오염원		2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
인구(인)		345,120	351,056	354,421	355,759	3.1
가축사육 두수(두)	젖소	2,450	1,533	1,652	1,247	-49.1
	한우	20,197	25,223	28,002	27,019	33.8
	돼지	37,542	27,880	27,925	32,373	-13.8
	가금	349,834	583,139	777,802	674,708	92.9
	개	3,429	3,616	7,594	10,541	207.4
	말	0	0	0	0	-
	합계	413,452	641,391	842,975	745,888	80.4

(라) 동진강 유역

동진강 유역의 2010~2013년까지의 오염원 현황은 아래 표와 같다. 동진강 유역의 인구는 2010년 109,687명에서 2013년 107,478명으로 2.0% 감소하였으며, 축산사육두수는 젖소는 2010년 5,392두에서 2013년 8,417두로 56.1% 감소하였다. 한우는 2010년 55,666두에서 2013년 62,509두로 12.3%가 증가하였으며, 돼지는 2010년 162,315두에서 2013년 139,114두로 14.3% 감소하였다. 가금은 2010년 2,493,280두에서 2013년 2,548,324두로 2.2% 증가하였으며, 2013년 가축사육두수의 합계는 2,766,586두로 2010년에 비해 1.5% 증가하는 것으로 조사되었다.

<표 3-163> 동진강 유역 오염원 현황

오염원		2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
인구(인)		109,687	108,935	108,000	107,478	-2.0
가축사육 두수(두)	젓소	5,392	8,612	8,445	8,417	56.1
	한우	55,666	62,935	61,360	62,509	12.3
	돼지	162,315	140,248	139,509	139,114	-14.3
	가금	2,493,280	2,498,326	2,581,565	2,548,324	2.2
	개	8,708	8,248	8,187	7,884	-9.5
	말	157	338	338	338	115.3
	합계	2,725,518	2,718,707	2,799,404	2,766,586	1.5

(2) 오염부하량

수질오염총량관리제지원을 위한 “2단계 수계오염총량관리기술지침(환경부 국립환경과학원, 2008)”을 이용하여 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계 오염원 등 6개로 구분하여 산정하였다. 오염부하량 산정을 위한 오염원의 그룹별 분류는 아래와 같다.

<표 3-164> 오염원 그룹별 점오염원 및 비점오염원 구분표

오염원 그룹	점오염원	비점오염원
생활계	가. 개별배출수: 생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 구역의 가정 및 영업장으로부터 공공수역으로 배출되는 생활계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 생활계 방류수 다. 생활계 관거누수 및 미처리배제수	가. 생활계 관거월류수
축산계	가. 개별배출수: 개별축사로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 폐수 성상의 축산계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 축산계 방류수 다. 축산계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 개별축사로부터 자원화처리 또는 미처리되어 농지에 살포된 후 주로 강우에 의존하여 배출되는 고품질 성상의 축산계 배출수 나. 축산계 관거월류수
산업계	가. 개별배출수: 개별배출시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 산업계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 산업계 방류수 다. 산업계 관거누수 및 미처리배제수	가. 산업계 관거월류수
토지계	가. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 토지계 방류수 나. 토지계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수 나. 토지계 관거월류수
양식계	가. 개별배출수: 개별양식장으로부터 처리 또는 미처리되어 공공수역으로 배출되는 양식계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 양식계 방류수 다. 양식계 관거누수 및 미처리배제수	가. 양식계 관거월류수
매립계	가. 개별배출수: 개별 침출수처리시설로부터 처리되어 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 환경기초시설 방류수: 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 매립계 방류수 다. 매립계 관거누수 및 미처리배제수	가. 개별배출수: 침출수처리시설을 갖추지 않은 비위생매립지로부터 공공수역으로 배출되는 매립계 배출수 나. 매립계 관거월류수

※ 자료 : 국립환경과학원(2008). 제2단계 수계오염총량관리기술지침

(가) 청미천 유역 발생부하량 및 배출부하량

청미천 유역의 2010년~2013년까지의 발생부하량 및 배출부하량은 <표 3-165>~<표 3-166>과 같으며, 주요내용은 아래와 같다.

생활계 BOD 발생부하량은 2010년 7,353.4kg/day에서 2013년 6,861.8kg/day로 6.7%(491.6kg/day) 감소하였으며, T-P 발생부하량은 2010년 212.0kg/day에서 2013년 199.2kg/day로 6.0%(12.8 kg/day) 감소하였다. 축산계 BOD 발생부하량은 2010년 97,001.5kg/day에서 2013년 101,568.0kg/day으로 4.7%(4,566.5kg/day) 증가하였다.

생활계 BOD 배출부하량은 2010년 2,320.5kg/day에서 2013년 1,783.6kg/day로 23.1%(536.9kg/day)가 감소하였으며, T-P 배출부하량은 2010년 135.8kg/day에서 2013년 115.3kg/day로 15.1%(20.5kg/day)가 감소하였다. 축산계 BOD 배출부하량은 2010년 9,949.9kg/day에서 2013년 6,966.1kg/day로 30.0%(2,983.8kg/day) 감소하는 것으로 나타났다.

토지계 BOD 배출부하량은 대지면적 증가로 인하여 2010년 대비 10.1% 증가하였으며, 양식계와 매립계 배출부하량은 없는 것으로 나타났다.

<표 3-165> 청미천 유역 발생부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	7,353.4	7,111.4	6,713.8	6,861.8	-6.7
	축산계	97,001.5	105,222.8	107,152.5	101,568.0	4.7
	산업계	5,076.1	4,766.7	5,641.2	3,262.3	-35.7
	토지계	4,510.6	4,557.4	4,677.9	4,872.3	8
	양식계	21.3	21.6	98.5	96.5	352.8
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	113,962.8	121,680.1	124,283.9	116,660.9	323.1
T-N (kg/day)	생활계	1,973.3	1,893.4	1,789.4	1,845.8	-6.5
	축산계	23,574.0	24,834.5	25,919.9	24,533.2	4.1
	산업계	978.7	877.0	951.1	1,034.0	5.7
	토지계	2,527.6	2,526.3	2,542.7	2,573.0	1.8
	양식계	4.3	4.3	19.3	18.9	344.6
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	29,057.9	30,135.6	31,222.3	30,005.0	349.7
T-P (kg/day)	생활계	212.0	204.1	193.5	199.2	-6
	축산계	9,263.1	9,149.6	10,025.4	9,483.4	2.4
	산업계	266.3	219.5	251.3	183.1	-31.2
	토지계	210.8	211.1	213.7	218.3	3.6
	양식계	1.1	1.1	5.3	5.2	367.7
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	9,953.3	9,785.4	10,689.2	10,089.2	336.4

<표 3-166> 청미천 유역 발생부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	2,320.5	2,006.1	1,077.3	1,783.6	-23.1
	축산계	9,949.9	10,510.0	9,136.0	6,966.1	-30.0
	산업계	135.0	69.6	52.6	36.3	-73.1
	토지계	4,512.9	4,555.8	4,669.1	4,967.6	10.1
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	16,918.3	17,141.4	14,934.9	13,753.5	-18.7
T-N (kg/day)	생활계	1,294.8	1,202.6	966.0	1,406.7	8.6
	축산계	6,159.0	6,645.1	6,443.9	5,027.1	-18.4
	산업계	139.1	88.7	80.9	53.3	-61.7
	토지계	2,600.7	2,584.3	2,591.7	2,602.8	0.1
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	10,193.5	10,520.8	10,082.5	9,089.9	-10.8
T-P (kg/day)	생활계	135.8	128.0	91.2	115.3	-15.1
	축산계	822.7	844.5	906.7	506.3	-38.5
	산업계	9.5	6.2	4.6	8.0	-15.8
	토지계	216.0	214.5	213.9	220.0	1.9
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	1,184.1	1,193.2	1,216.3	849.6	-28.2

(나) 금호강 유역 발생부하량 및 배출부하량

금호강 유역의 2010년~2013년까지의 발생부하량 및 배출부하량은 <표 3-164>~<표 3-165>와 같으며, 주요내용은 아래와 같다.

생활계 BOD 발생부하량은 2010년 6,666.1kg/day에서 2013년 6,955.6kg/day로 4.3%(289.5kg/day) 감소하였으며, T-P 발생부하량은 2010년 182.5kg/day에서 2013년 195.3kg/day로 7.0%(12.8kg/day) 증가하였다. 축산계 BOD 발생부하량은 2010년 31,760.1kg/day에서 2013년 38,952.2kg/day으로 22.6%(7,192.1kg/day) 증가하였다.

생활계 BOD 배출부하량은 2010년 2,136.9kg/day에서 2013년 2,603.0kg/day로 21.8%(466.1kg/day)가 증가하였으며, T-P 배출부하량은 2010년 107.6kg/day에서 2013년 103.5kg/day로 3.8%(4.1kg/day)가 감소하였다. 축산계 BOD 배출부하량은 2010년 2,643.9kg/day에서 2013년 3,041.3kg/day로 15.0%(397.4kg/day) 증가하는 것으로 나타났다.

토지계 BOD 배출부하량은 대지면적 증가로 인하여 2010년 대비 10.2% 증가하였으며, 양식계와 매립계 배출부하량은 없는 것으로 나타났다.

<표 3-167> 금호강 유역 발생부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	6,666.1	6,952.3	7,120.4	6,955.6	4.3
	축산계	31,760.1	31,136.4	37,273.4	38,952.2	22.6
	산업계	1,262.4	2,855.9	2,808.0	1,059.9	-16.0
	토지계	4,391.2	4,425.8	4,564.5	4,832.2	10.0
	양식계	13.3	0.8	0.3	2.5	-81.4
	매립계	1.8	2.4	2.7	3.5	92.5
	소계	44,094.9	45,373.5	51,769.3	51,805.9	32.1
T-N (kg/day)	생활계	1,664.6	1,793.2	1,848.4	1,798.9	8.1
	축산계	7,400.5	7,253.9	8,753.8	9,081.1	22.7
	산업계	213.9	263.0	249.1	168.6	-21.2
	토지계	3,285.2	3,282.2	3,290.2	3,323.3	1.2
	양식계	2.6	0.2	0.1	0.5	-81.0
	매립계	1.8	1.2	1.3	0.9	-48.9
	소계	12,568.6	12,593.7	14,142.9	14,373.3	-119.2
T-P (kg/day)	생활계	182.5	195.1	200.3	195.3	7.0
	축산계	2,701.3	2,648.5	3,287.3	3,406.1	26.1
	산업계	25.1	30.3	33.2	52.0	107.5
	토지계	246.9	247.0	249.6	255.5	3.5
	양식계	0.7	0.0	0.0	0.1	-82.1
	매립계	0.1	0.0	0.0	0.1	31.4
	소계	3,156.6	3,121.0	3,770.4	3,909.1	93.3

<표 3-168> 금호강 유역 배출부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	2,136.9	1,636.8	1,763.7	2,603.0	21.8
	축산계	2,643.9	2,617.0	3,313.2	3,041.3	15.0
	산업계	34.2	40.9	36.4	27.1	-20.9
	토지계	4,343.2	4,424.5	4,565.6	4,787.6	10.2
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	9,158.2	8,719.2	9,678.9	10,459.0	14.2
T-N (kg/day)	생활계	1,033.8	964.6	1,059.9	1,080.3	4.5
	축산계	1,433.8	1,616.0	2,085.7	2,080.1	45.1
	산업계	42.9	49.0	20.7	27.7	-35.5
	토지계	3,265.5	3,289.2	3,294.5	3,292.7	0.8
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	5,776.0	5,918.8	6,460.9	6,480.7	12.2
T-P (kg/day)	생활계	107.6	91.3	99.5	103.5	-3.8
	축산계	161.9	192.6	252.2	209.4	29.3
	산업계	4.4	5.6	2.1	6.6	49.8
	토지계	245.1	247.6	250.0	253.1	3.3
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	519.0	537.2	603.8	572.6	10.3

(다) 섬강 유역 발생부하량 및 배출부하량

섬강 유역의 2010년~2013년까지의 발생부하량 및 배출부하량은 <표 3-169>~<표 3-170>과 같으며, 주요내용은 아래와 같다.

생활계 BOD 발생부하량은 2010년 23,244.4kg/day에서 2013년 24,149.5kg/day로 3.9%(905.1kg/day) 증가하였으며, T-P 발생부하량은 2010년 634.3kg/day에서 2013년 654.2kg/day로 3.1%(19.9kg/day) 증가하였다. 축산계 BOD 발생부하량은 2010년 46,299.3kg/day에서 2013년 48,684.4kg/day으로 5.2%(2,385.1kg/day) 증가하였다.

생활계 BOD 배출부하량은 2010년 5,422.1kg/day에서 2013년 2,821.8kg/day로 48.0%(2,600.3kg/day)가 감소하였으며, T-P 배출부하량은 2010년 192.4kg/day에서 2013년 66.5kg/day로 65.4%(125.9kg/day)가 감소하였다. 축산계 BOD 배출부하량은 2010년 4,047.3kg/day에서 2013년 5,654.4kg/day로 39.7%(1,607.1kg/day) 증가하는 것으로 나타났다.

토지계 BOD 배출부하량은 대지면적 증가로 인하여 2010년 대비 9.0% 증가하였으며, 양식계와 매립계 배출부하량은 없는 것으로 나타났다.

<표 3-169> 섬강 유역 발생부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	23,244.4	24,230.4	24,498.8	24,149.5	3.9
	축산계	46,299.3	47,888.4	51,880.7	48,684.4	5.2
	산업계	2,694.0	2,434.6	6,888.2	4,618.5	71.4
	토지계	7,942.0	8,137.0	8,464.8	8,641.4	8.8
	양식계	693.6	14.1	60.8	104.6	-84.9
	매립계	87.3	77.5	98.3	69.4	-20.5
	소계	80,960.5	82,781.9	91,891.6	86,267.9	-16.1
T-N (kg/day)	생활계	5,755.7	6,059.9	6,116.7	5,933.3	3.1
	축산계	10,965.1	11,081.9	11,912.6	11,275.5	2.8
	산업계	243.7	288.1	356.0	371.1	52.3
	토지계	5,104.1	5,095.0	5,124.4	5,168.0	1.3
	양식계	135.3	2.8	11.9	20.6	-84.8
	매립계	439.7	261.1	166.9	628.3	42.9
	소계	22,643.6	22,788.7	23,688.4	23,396.8	17.6
T-P (kg/day)	생활계	634.3	665.2	671.6	654.2	3.1
	축산계	3,949.8	3,871.6	4,113.1	3,918.5	-0.8
	산업계	63.1	72.2	109.2	70.4	11.5
	토지계	397.5	399.7	406.2	411.0	3.4
	양식계	37.5	0.7	3.2	5.6	-85.1
	매립계	0.9	1.2	1.0	1.5	62.8
	소계	5,083.1	5,010.6	5,304.2	5,061.2	-5.1

<표 3-170> 섬강 유역 배출부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	5,422.1	4,120.9	2,787.4	2,821.8	-48.0
	축산계	4,047.3	6,486.1	6,998.5	5,654.4	39.7
	산업계	34.5	23.0	25.1	42.6	23.4
	토지계	7,875.6	7,962.6	8,424.8	8,585.7	9.0
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	17,379.5	18,592.5	18,235.9	17,104.5	-1.6
T-N (kg/day)	생활계	1,723.9	1,926.7	1,262.7	908.7	-47.3
	축산계	2,536.4	3,540.3	3,694.7	3,009.6	18.7
	산업계	27.3	20.0	27.8	54.6	100.0
	토지계	5,155.0	5,151.7	5,174.3	5,133.6	-0.4
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	9,442.6	10,638.7	10,159.5	9,106.5	-3.6
T-P (kg/day)	생활계	192.4	203.5	108.1	66.5	-65.4
	축산계	299.7	428.4	422.2	318.1	6.1
	산업계	3.4	2.8	5.4	5.0	48.1
	토지계	397.6	402.1	409.1	408.3	2.7
	양식계	-	-	-	-	-
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	893.0	1,036.9	944.9	797.9	-10.6

(라) 동진강 유역 발생부하량 및 배출부하량

동진강 유역의 2010년~2013년까지의 발생부하량 및 배출부하량은 <표 3-171>~<표 3-172>와 같으며, 주요내용은 아래와 같다.

생활계 BOD 발생부하량은 2010년 21,438.7kg/day에서 2013년 20,340.4kg/day로 5.1%(1,098.3kg/day) 감소하였으며, T-P 발생부하량은 2010년 580.7kg/day에서 2013년 557.4kg/day로 4.0%(23.3kg/day) 감소하였다. 축산계 BOD 발생부하량은 2010년 203,344.9kg/day에서 2013년 220,972.4kg/day으로 8.7%(17,627.5kg/day) 증가하였다.

생활계 BOD 배출부하량은 2010년 1,178.4kg/day에서 2013년 971.3kg/day로 17.6%(207.1kg/day)가 감소하였으며, T-P 배출부하량은 2010년 80.6kg/day에서 2013년 44.9kg/day로 44.2%(35.7kg/day)가 감소하였다. 축산계 BOD 배출부하량은 2010년 5,296.7kg/day에서 2013년 5,905.8kg/day로 11.5%(609.1kg/day) 증가하는 것으로 나타났다.

토지계 BOD 배출부하량은 대지면적 증가로 인하여 2010년 대비 5.4% 증가하였으며, 양식계와 매립계 배출부하량은 없는 것으로 나타났다.

<표 3-171> 동진강 유역 발생부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	21,438.7	20,915.0	21,112.5	20,340.4	-5.1
	축산계	203,344.9	221,085.6	217,415.8	220,972.4	8.7
	산업계	28,019.3	26,588.6	22,231.1	14,308.7	-48.9
	토지계	12,843.5	12,963.5	13,401.6	13,658.8	6.3
	양식계	1,064.2	875.4	1,407.9	676.0	-
	매립계	19.6	413.7	4,950.3	7,149.4	-
	소계	266,730.3	282,841.8	280,519.3	277,105.7	3.9
T-N (kg/day)	생활계	5,228.6	5,180.9	5,250.6	5,019.1	-4.0
	축산계	47,063.5	51,143.6	50,348.7	51,123.0	8.6
	산업계	11,714.6	11,797.9	3,202.4	3,131.8	-73.3
	토지계	7,843.8	7,866.6	7,903.1	7,922.1	1.0
	양식계	212.8	175.1	281.4	135.2	-
	매립계	0.0	62.9	427.4	458.9	-
	소계	72,063.2	76,226.9	67,413.5	67,790.1	-5.9
T-P (kg/day)	생활계	580.7	574.3	580.7	557.4	-4.0
	축산계	16,954.3	18,072.2	17,874.2	18,137.2	7.0
	산업계	5,867.5	5,877.8	390.4	345.1	-94.1
	토지계	672.1	674.3	682.4	687.4	2.3
	양식계	55.3	45.5	73.3	35.2	-
	매립계	3.5	6.3	52.8	67.6	-
	소계	24,133.3	25,250.5	19,653.8	19,829.9	-17.8

<표 3-172> 동진강 유역 배출부하량

오염원	오염원	2010년	2011년	2012년	2013년	증감률(%)
BOD (kg/day)	생활계	1,178.4	1,238.7	952.1	971.3	-17.6
	축산계	5,296.7	5,880.0	5,873.4	5,905.8	11.5
	산업계	101.7	67.2	42.1	32.8	-67.7
	토지계	4,012.4	4,066.2	4,158.6	4,230.7	5.4
	양식계	294.4	251.8	404.2	203.1	-31.0
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	10,883.6	11,503.9	11,430.4	11,343.7	4.2
T-N (kg/day)	생활계	759.3	638.2	550.7	592.0	-22.0
	축산계	3,229.2	3,626.6	3,634.6	3,646.9	12.9
	산업계	143.0	138.2	91.0	74.9	-47.6
	토지계	2,490.1	2,483.0	2,479.7	2,496.0	0.2
	양식계	58.9	50.4	80.8	40.6	-31.0
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	6,680.5	6,936.4	6,836.8	6,850.5	2.5
T-P (kg/day)	생활계	80.6	63.7	52.0	44.9	-44.2
	축산계	357.7	402.2	403.3	404.4	13.1
	산업계	13.5	14.2	7.5	4.0	-70.6
	토지계	215.3	214.6	215.1	210.1	-2.4
	양식계	15.3	13.1	21.0	10.6	-31.0
	매립계	-	-	-	-	-
	소계	682.4	707.8	698.9	674.0	-1.2

마. 유달부하량 및 비점오염원 반영방법

(1) 유달을 산정 및 적용방법

유달율은 임의 유역의 배출부하량이 해당유역의 말단에 도달하는 비를 말하며 해당 유역의 오염물질 유출특성 지표가 된다. 유량과 수질의 측정자료가 없는 유역의 경우 측정자료가 있는 인근지점의 무차원 유달율에 배출부하량을 곱하여 유달부하량을 산정하는 것이 관례적으로 이어지고 있다.

지형적 특성에 의한 강우유출 저감능력은 오염물질의 유출에 대한 저감능력에도 영향을 미친다. 오염원 또는 유역 전체에서 발생한 오염물질의 양(부하량)과 유역의 출구(outlet)나 수질관측지점에서 관측된 부하량의 차이는 이러한 저감능력의 차이에 따라 다르다. 즉, 동일한 양의 오염물질이 발생하였다 하더라도 유출경로, 지표상태, 토양특성 등에 따라 하천에 유입되는 부하량이 달라진다. 실측자료를 이용하는 방법은 실측한 유량과 수질자료를 이용하여 아래 식과 같이 유역에서의 배출부하량에 대한 유달부하량의 비로 산정한다.

$$R = \frac{L'}{L}$$

여기서, L' : 관측지점에서의 유달부하량(kg/일)

L : 유역에서 발생한 총 배출부하량(kg/일)

R : 유달율, 상수

유달율 R 값에 영향을 주는 인자는 강우유출에 영향을 주는 인자와 유사하다. 대표적 강우유출 특성인자는 강우형태, 강우강도, 강우량, 강우시간 등과 같은 기상적인 인자와 토지이용, 식물, 토양 종류, 유역면적, 경사 등의 유역의 물리적 인자로 구분된다.

전통적으로 사용되고 있는 이러한 무차원 유달율은 유량의 변동에 대한 영향을 반영하지 못한다. 또한 환경기초시설은 대체로 소유역의 말단에 위치하여 말단부 수질 보정지점의 수질에 직접적인 영향을 미치는데 이 경우 유달율은 커질 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 오염부하를 유출형태에 따라 세 가지 유형으로 구분하고 강우유출고를 고려한 유달관계식을 고안하여 적용성을 검토한 후 모델에 반영하였다.

$$L_d = L_t + R \left(L_p + a L_{nm} q_n^b \right)$$

$$q_n = 1000(Q - Q_p - Q) / A \quad q = 1000(Q - Q_t) / A$$

$$R = \alpha q^\beta$$

여기서,

L_d : Delivery load (kg/d)

L_t : Effluent load from treatment plants (kg/d)

R : Delivery ratio

L_p : Individual discharge load (kg/d)

L_{nm} : Annual average discharge load from non-point source (kg/d)

q_n : Efflux height from non-point source with base flow (mm/d)

Q : Flowrate of streams (m³/d)

Q_p : Individual discharge flowrate (m³/d)

Q_t : Flowrate from treatment plants (m³/d)

A : Area of watershed (m²)

q : Efflux height (mm/d)

유달을 산정에 필요한 배출부하량은 수질오염총량관리지침에 의해 산정된 2010년~2013년 배출부하량을 적용하였으며, 유달을 산정을 위해서는 실측수질 뿐만 아니라 유량 실측자료도 필요하다. 하지만, 본 연구유역에서 관측되고 있는 유량의 경우 실측수질측정지점과 동일한 측정지점이 존재하지 않거나 실측유량 값의 결측이나 오류가 심해 유달부하량 산정에 활용할 수 없었다. 따라서 본 연구에서는 실측수질과 보정된 HSPF 모델에서 계산된 유량을 이용하여 유달을 산정하였다.

모델에 적용된 유달 부하량은 HSPF 모델의 경우 토지계를 고려하여 모의하기 때문에 수질오염총량관리지침에 의거하여 산정된 2010년~2013년의 점오염 배출부하량중 토지계 배출부하량과 하수처리부하를 제외한 부하량을 유달의 곱으로 산정하여 반영하였다. 또한 하수처리부하는 유달을 반영하지 않고 방류량과 방류수질을 일별로 구축하여 모델에 입력하였다.

(2) 축산비점 및 시비량 적용방법

(가) 축산 퇴·액비량 산정 및 적용

점오염원의 경우 상기와 같은 방법으로 반영하였으며, 축산비점의 경우 전국오염원조사자료의 축산 사육두수를 축종별로 분류한 다음 축종별 분뇨발생량 원단위(고형물, 폐수 등)를 적용하여, 처리경로별로 분류하고 축산에 의해 자원화되는 퇴·액비량으로 산정하여 HSPF 모델에 Special-actions 모듈을 이용하여 반영하였다<그림 3-314>. 각 기관별 대상유역의 연도별 퇴·액비량 산정 결과는 아래 <표 3-173>과 같다.

```

SPEC-ACTIONS
***oper<f><-l><> <yr><m><d><h><m><><> <vari><1><2><3><a><-value--> <> <> <> >
*** Nitrogen fertilizer application.
  DISTRB 1 10 DY 1 SHIFT 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
  DISTRB 2 10 DY 1 SHIFT 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
***kwr<d> <unam>< > <vari><1><2><3> <frc> < > <vari><1><2><3> <frc> < >
  UVNAME FERTN1 4 SAMSU 0.25 QUAN UAMSU 0.25 QUAN
           SNO3 0.25 QUAN UNO3 0.25 QUAN
  UVNAME FERTP1 4 SORGP 0.00 QUAN UORGP 0.00 QUAN
           SP4SU 0.1 QUAN UP4SU 0.9 QUAN
  UVNAME FERTP2 2 SP4SU 0.2 QUAN UP4SU 0.8 QUAN
***oper<f><-l><> <yr><m><d><h><m><><> <vari><1><2><3><a><-value--> <> <> <> >

*** liquefied fertilizer
  PERLND 12 2010 1 1 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 1 11 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 1 21 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 2 1 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 2 11 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 2 21 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 12 1 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 12 11 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  PERLND 12 2010 12 21 12 1 FERTN1 += 1.15 YR 1 1
  
```

<그림 3-314> 퇴·액비량 Special-action 적용방법

<표 3-173> 대상유역별 퇴·액비량 산정결과

유역	자원화	연 도	BOD (lb/ac/yr)	T-N (lb/ac/yr)	T-P (lb/ac/yr)
청미천 유역	퇴비	2010	1,512.3	528.1	310.2
		2011	952.5	332.6	195.3
		2012	1,792.5	626.0	367.6
		2013-2015	1,419.1	495.6	291.0
	액비	2010	10.8	10.3	1.8
		2011	5.2	5.0	0.9
		2012	14.4	13.8	2.4
		2013-2015	10.1	9.7	1.7
금호강 유역	퇴비	2010	561.0	195.9	115.1
		2011	519.7	181.5	106.6
		2012	662.4	231.3	135.9
		2013-2015	581.0	202.9	119.2
	액비	2010	9.6	9.3	1.6
		2011	7.9	7.6	1.3
		2012	13.6	13.1	2.2
		2013-2015	10.4	10.0	1.7
섬강 유역	퇴비	2010	542.1	189.3	111.2
		2011	383.5	133.9	78.7
		2012	429.7	150.1	88.1
		2013-2015	451.8	157.8	92.7
	액비	2010	20.2	19.4	3.3
		2011	8.1	7.8	1.3
		2012	8.1	7.8	1.3
		2013-2015	12.2	11.7	2.0
동진강 유역	퇴비	2010	530.0	185.1	108.7
		2011	776.5	271.2	159.2
		2012	806.4	281.6	165.4
		2013-2015	704.3	245.9	144.4
	액비	2010	16.7	16.1	2.7
		2011	19.7	18.9	3.2
		2012	19.7	18.9	3.2
		2013-2015	18.7	18.0	3.1

(나) 비료사용량 적용

일반적으로 시비량을 적용하기 위해 농업과학기술원의 표준시비량을 적용하나, 본 연구에서는 농경지 배출부하량을 합리적으로 산정하기 위해 국가통계포털 사이트(2007~2013, <http://kosis.kr>)의 시군별 비료공급 통계연보 자료를 기준으로 질소 및 인의 실측 시비량을 적용하였으며, HSPF 모델에 Special-actions 모듈을 이용하여 반영하였다<그림 3-315>.

각 기관별 대상구역의 연도별 퇴·액비량 산정 결과는 아래 <표 3-174>과 같다.

```

SPEC-ACTIONS
***oper<f><-1><>< ><yr><m><d><h><m><>< ><vari><1><2><3><a><-value-->< >< >< >
*** Nitrogen fertilizer application.
  DISTRB 1 10 DY 1 SHIFT 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
  DISTRB 2 10 DY 1 SHIFT 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10 0.10
***kwrd <unam>< > <vari><1><2><3> <frc>< > <vari><1><2><3> <frc>< >
  UVNAME FERTN1 4 SAMSU 0.25 QUAN UAMSU 0.25 QUAN
           SNO3 0.25 QUAN UNO3 0.25 QUAN
  UVNAME FERTP1 4 SORGP 0.00 QUAN UORGP 0.00 QUAN
           SP4SU 0.1 QUAN UP4SU 0.9 QUAN
  UVNAME FERTP2 2 SP4SU 0.2 QUAN UP4SU 0.8 QUAN
***oper<f><-1><>< ><yr><m><d><h><m><>< ><vari><1><2><3><a><-value-->< >< >< >

*** fertilization
  PERLND 12 2007 5 20 12 1 FERTN1 += 67.96 YR 1 9
  PERLND 12 2007 5 30 12 1 FERTP2 += 31.16 YR 1 9
  PERLND 12 2007 6 15 12 1 FERTN1 += 19.42 YR 1 9
  PERLND 12 2007 7 20 12 1 FERTN1 += 9.71 YR 1 9
  
```

<그림 3-315> 시비량 Special-action 적용방법

<표 3-174> 대상구역별 시비량 산정결과

구역	구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	평균
청미천구역 (용인시)	질소 (lb/ac)	47.5	53.2	48.7	41.8	41.9	40.7	39.3	44.7
	인 (lb/ac)	5.4	21.5	20.7	15.2	16.1	13.4	14.2	15.2
금호강구역 (영천시)	질소 (lb/ac)	70.7	74.7	102.1	109.9	83.7	81.0	77.6	85.7
	인 (lb/ac)	35.4	34.8	48.1	53.5	41.8	37.7	36.4	41.1
섬강구역 (횡성군)	질소 (lb/ac)	87.5	92.6	80.3	88.2	93.5	96.1	81.4	88.5
	인 (lb/ac)	25.5	34.1	25.3	25.2	25.0	24.9	21.3	25.9
동진강구역 (정읍시)	질소 (lb/ac)	78.7	85.3	78.2	67.7	79.6	82.8	78.7	97.1
	인 (lb/ac)	22.4	36.2	24.9	14.8	18.4	17.5	22.4	31.0

바. 모델 평가방법

모델의 보정은 모델의 초기조건과 매개변수를 허용범위 내에서 변화시키면서 모의값을 측정값에 일치시키기 위한 과정으로 초기조건 및 매개변수 조정하는 작업이다. 유량 및 수질 모의에 적절한 매개변수를 선정하여 변화시키면서 단순시행착오법에 의해 유량, BOD, Chl-a, 질소계열 및 인계열 순으로 보정하였다.

HSPF 유량에 비교적 큰 영향을 미치는 인자로는 PERLND 모듈의 LZSN, INFILT, KVARY, AGWRC 등과 같으며, HSPF 수질의 주요 보정계수 KBOD20, MALGR, ALR20 등이다. 본 연구에서 사용된 주요 매개변수의 범위는 HSPF Technical note (US EPA, 2000)와 HSPF Version 12 User's Manual (Bicknell, 2001)에 제시된 범위를 사용하여 보정하였으며, HSPF 모델의 유량과 수질의 주요 보정계수는 아래 <표 3-175>와 같다.

<표 3-175> HSPF 모델의 주요 보정 계수(유량관련)

보정계수	단위	정의	청미천 유역	금호강 유역	섬강 유역	동진강 유역
MON-CEPSC	inches	월별 차단층 저류용량	0.1	0.1	0.1	0.1~0.5
UZSN	inches	토양 상층 가상 저류용량	1.128	1.128	1.128	1.128
LZSN	inches	토양 하층 가상 저류용량	3.0~6.5	3.0~6.5	3.0~6.5	3.0~6.5
INFILT	in/hr	침투 속도	0.10	0.08	0.08	0.005~0.10
AGWRC	none	지하수 유출계수	0.988~0.990	0.980	0.990	0.980~0.990
KVARY	1/in.	지하수 비선형 유출인자	1.0	1.0	1.0	1.0~1.3
DEEPPFR	none	지하수 손실율	0.03	0.03	0.03	0.03
INTFW	none	중간 저류 유입 인자	1.25	0.75	0.75	1.0
IRC	none	중간 유출 계수	0.5	0.5	0.5	0.5
MON-LZETP	none	월별 토양하층 증발산 계수	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4	0.2~0.4

<표 3-176> HSPF 모델의 주요 보정 계수(수질관련)

보정계수	단위	정의	청미천 유역	금호강 유역	섬강 유역	동진강 유역
KBOD20	1/hr	BOD 분해계수	0.003~0.010	0.010~0.030	0.020	0.001~0.015
MALGR	hr-1	조류 최대성장률	0.18~0.25	0.02~0.30	0.02~0.45	0.050~0.155
ALR20	hr-1	호흡율	0.002~0.003	0.001~0.003	0.001~0.005	0.001~0.002
CMMN	mg/L	질소반포화상수	0.025	0.025	0.025	0.025
CMMNP	mg/L	인반포화상수	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
PHYSET	ft/hr	조류 침강속도	0.0005	0.0005~0.001	0.0002~0.0005	0.0005
REFSET	ft/hr	난분해유기물 침강속도	0.050	0.000~0.100	0.010	0.000

실측유량과 모의유량 및 실측수질과 모의수질의 적합성을 평가하기 위해 NSE(Nash-Sutcliffe efficiency), RMSE(Root mean square error) 및 상대오차(Dv)를 검토하였으며, 그 산정 방법은 아래와 같다.

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

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

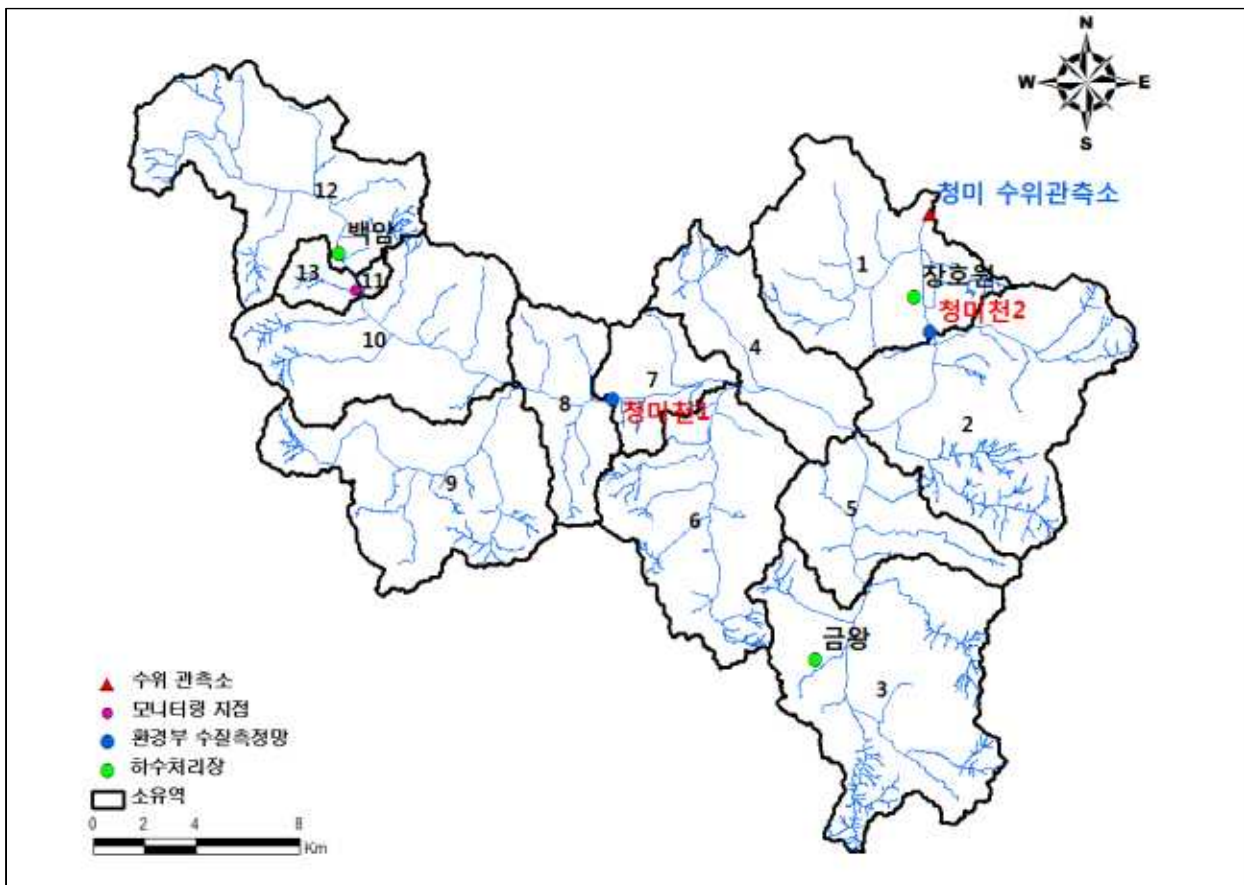
$$D_V(\%) = \frac{\left| \sum_{i=1}^N O_i - \sum_{i=1}^N S_i \right|}{\sum_{i=1}^N O_i} \times 100$$

2. 유역 모델의 보·검정 결과

가. 청미천 유역 모델구축결과

모델을 구축한 후 유량 보정이 가장 우선시 되어야 하기 때문에 유량 자료를 확보할 수 있는 수위-유량 관측소가 위치한 청미 수위관측소까지 13개의 소유역으로 모델을 구축하였으며, 청미천 유역의 총 면적은 519.3km²이다. 대상유역내 수질 보정을 위한 환경부 수질 측정망 지점은 청미천1, 청미천2 지점이 있으며, 서울대학교 모니터링 지점인 PW-3지점의 강우시 시단위 정밀조사 측정자료를 바탕으로 시단위 보정결과를 반영하여 모델을 상세보정하였다.

청미천 유역의 환경기초시설은 이천시 장호원읍 노탑리에 위치한 장호원하수종말처리장(시설용량:10,000m³/day), 충북 음성군 금왕읍 각회리에 위치한 금왕하수종말처리장(6,000 m³/day), 용인시 처인구 백암면 근삼리에 위치한 백암공공하수처리장(3,000m³/day) 등 3개 하수종말처리장이 위치하고 있으며, 모든 지점에 대하여 방류량과 방류수질을 일별로 구축하여 모델에 입력하였다.



<그림 3-316> 청미천 유역현황

(1) 국가관측망을 이용한 유량 보·검정결과

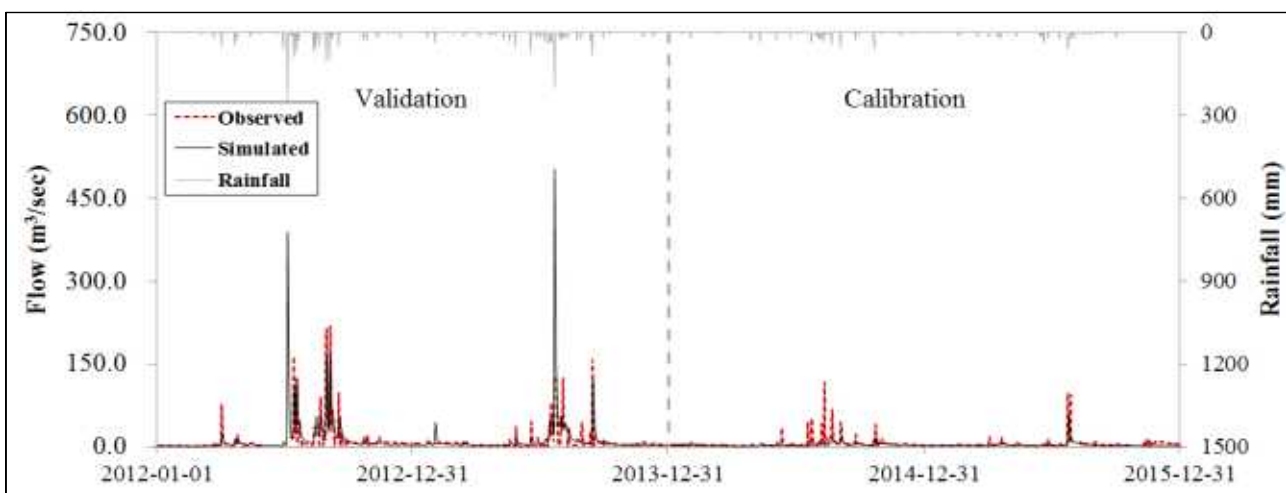
청미천 유역의 유량 보·검정을 위하여 청미 수위 관측소의 2012~2015년까지의 일유량 자료를 이용하였으며, 유량 데이터의 0값은 이상치로 판단되어 제외하여 상관성 분석을 실시하였다. 청미천 유역의 유량 보·검정 결과 저유량시 전반적으로 유량 모의 결과가 실측치를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났으나, 100m³/sec 이상의 고유량시 모의결과와 실측치의 값이 다소 차이를 나타내고 있는 것으로 분석되었다.

실측유량과 모의유량의 상관성을 평가하기 위해 실측값인 수위관측소의 유량자료와 HSPF의 모의결과는 %difference, NSE(Nash-Sutcliffe efficiency) 및 RMSE(Root mean square error)를 산정하여 비교하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

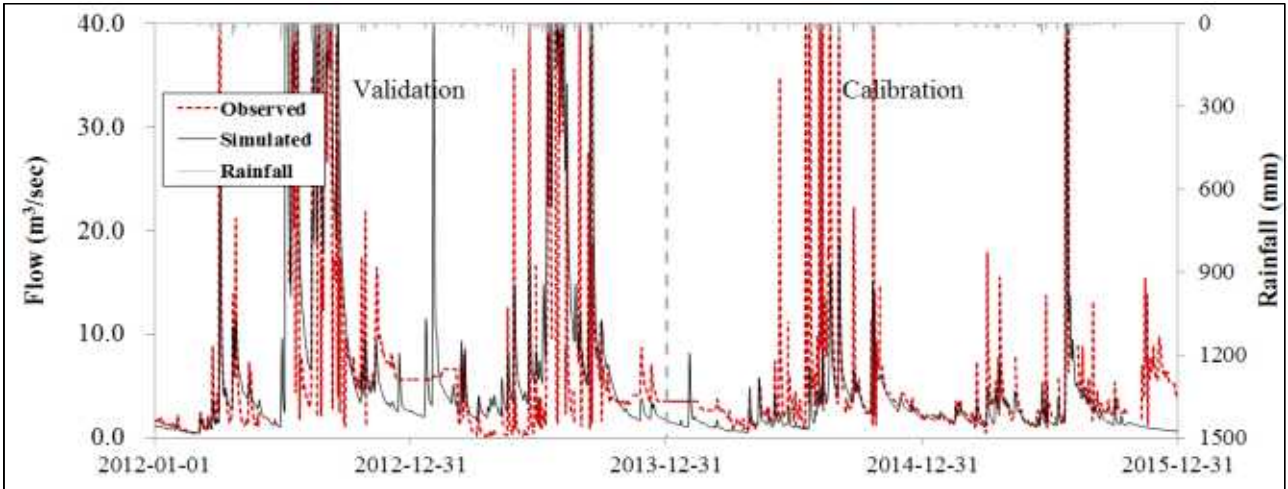
보정기간인 2014~2015년의 NSE는 -7.020~-1.528로 나타났으며, 검정기간인 2012~2013년의 NSE는 0.454~0.538로 분석되었다. 또한, 보정기간의 RMSE는 7.32~11.23로 나타났으며, 검정기간의 RMSE는 11.40~16.14로 분석되었다.

<표 3-177> 청미천 유량 보·검정결과 (청미지점)

Content	Validation		Calibration	
	2012	2013	2014	2015
OBS	10.33	7.42	5.83	4.14
SIM	11.25	9.36	2.81	2.63
O/S	0.92	0.79	2.08	1.57
%Diff.	8.86	26.22	51.83	36.37
NSE	0.454	0.538	-7.020	-1.528
RMSE	16.14	11.40	11.23	7.32



<그림 3-317> 청미지점 유량 보·검정결과



<그림 3-318> 청미천 유량 보·검정결과 (저유량시)

(2) 국가관측망을 이용한 수질 보·검정결과

청미천 유역의 HSPF 모의에 대한 수질 보·검정은 8일간격의 환경부 하천수 수질측정망 측정자료를 이용하였으며, 모델의 일단위의 모델값을 비교하여 수온, Chl-a, DO, BOD, T-N, T-P 순으로 매개변수를 조절하여 보정하였다.

2012년~2015년까지 보·검정 기간으로 하였으며, 청미천 유역의 환경부 하천수 수질 측정망은 청미천1, 청미천2 지점으로 두 지점에 대하여 BOD, T-N, T-P, NO₃-N, NH₄-N, PO₄-P, Chl-a 등의 항목에 대하여 수질 보·검정을 실시하였다. 그 결과는 아래 <표 3-178>~<표 3-179>, <그림 3-319>~<그림 3-320>과 같다.

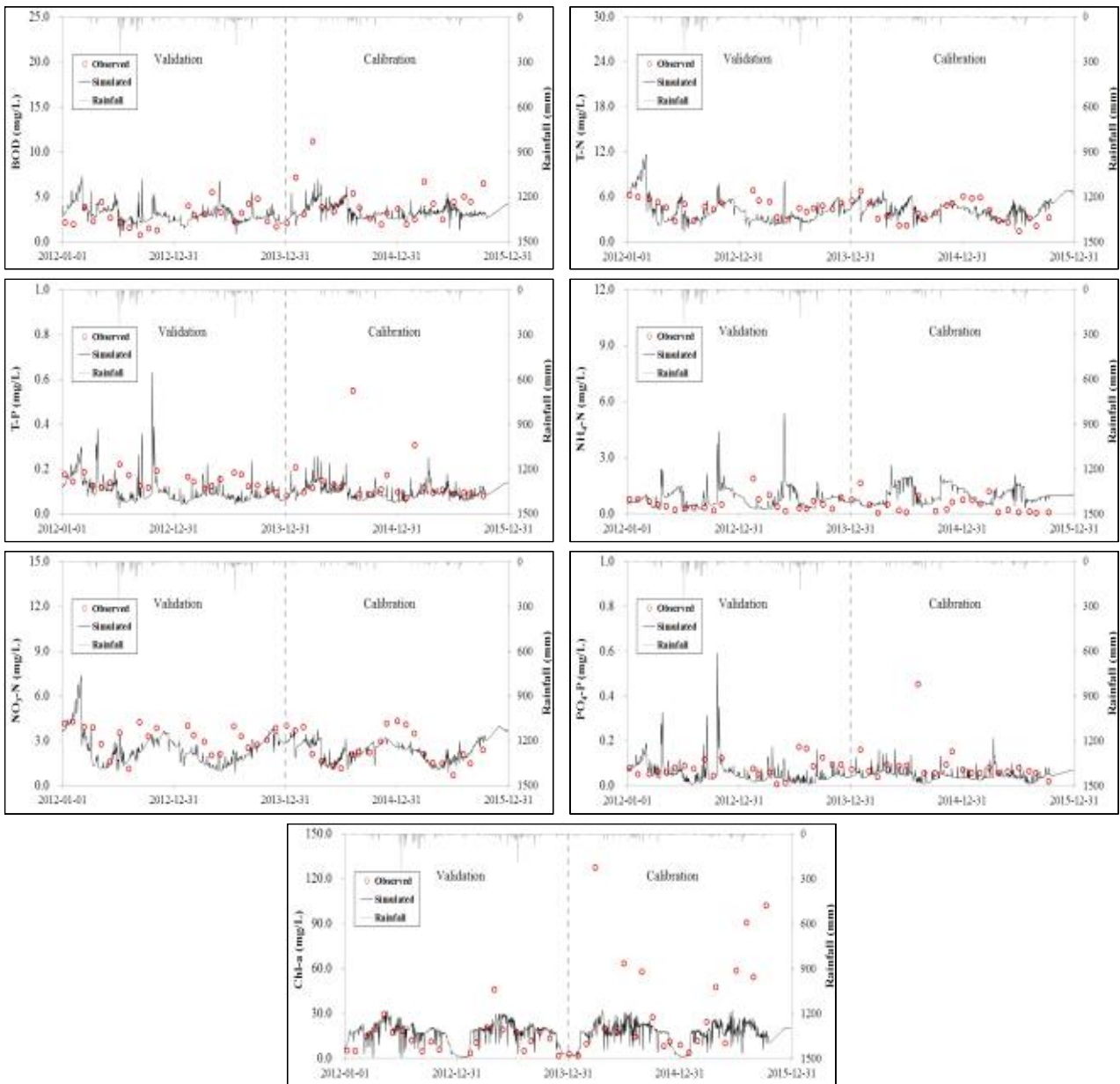
청미천1 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 평균 관측값은 4.205mg/L, 3.844mg/L, 0.137mg/L이며 검정기간의 관측값은 2.741mg/L, 4.638mg/L, 0.144mg/L로 나타났다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.58, -0.20, -0.33이며, 검정기간의 NSE는 -0.26, -1.35, -3.54로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 2.65, 1.63, 0.12이며, 검정기간의 RMSE는 1.36, 1.64, 0.07로 나타났다.

청미천2 지점의 BOD, T-N, T-P의 보정기간 평균 관측값은 4.180mg/L, 3.296mg/L, 0.105mg/L이며 검정기간의 관측값은 2.438mg/L, 4.120mg/L, 0.105mg/L로 나타났다.

보정기간의 NSE는 BOD, T-N, T-P가 -0.03, -0.68, -0.37이며, 검정기간의 NSE는 0.16, 0.16, -0.88로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 2.81, 2.16, 0.06이며, 검정기간의 RMSE는 1.85, 1.21, 0.05로 나타났다. %difference와 RMSE 분석결과, 청미천 1지점 및 청미천 2지점 모두 몇 개의 수질 항목을 제외하고 전반적으로 보정기간(2014~2015년)보다 검정기간(2012~2013년)이 모델결과와 실측치의 상관성이 더 큰 것으로 분석되었다.

<표 3-178> 청미천1 지점 수질 보·검정결과

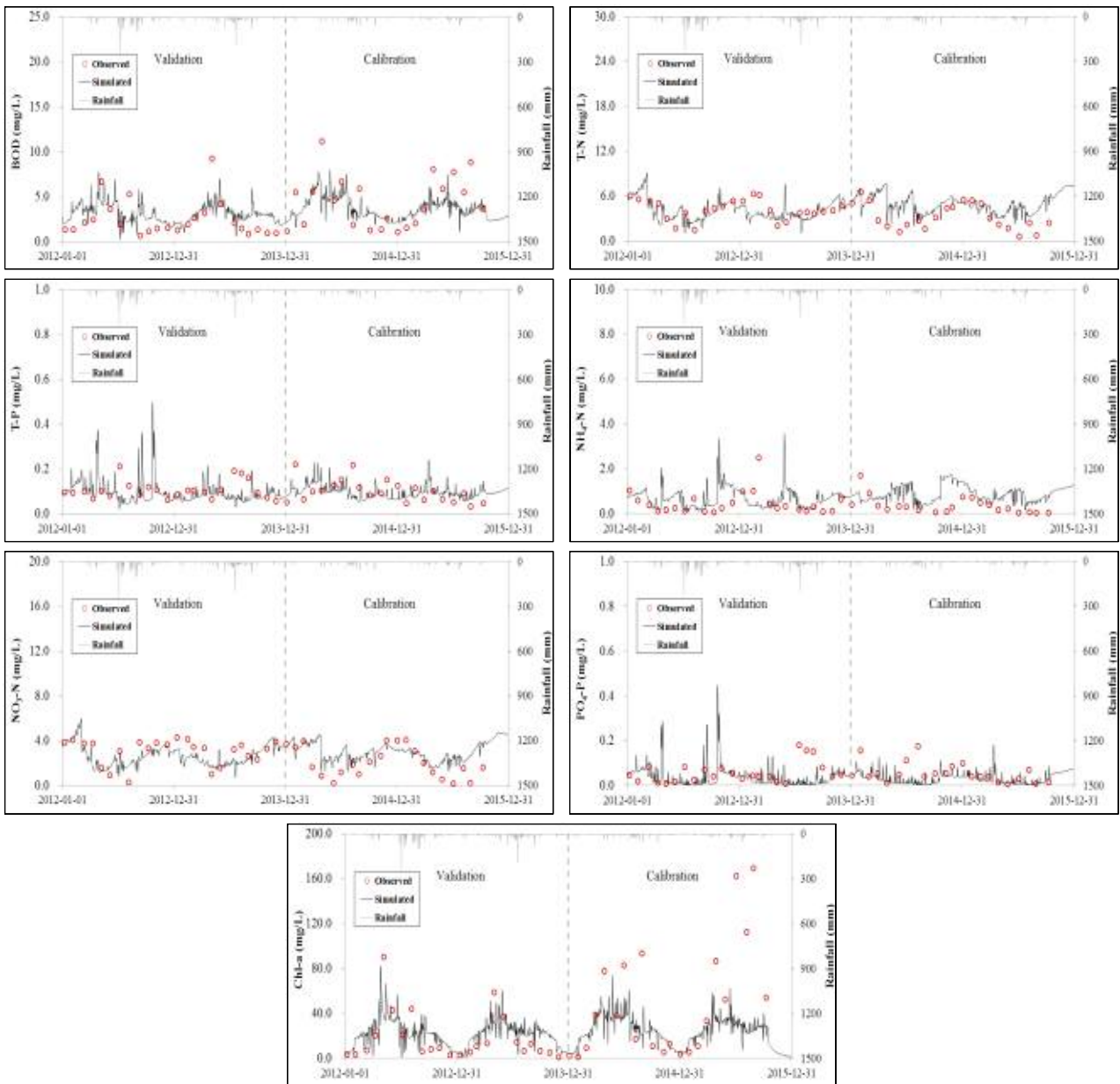
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation (2012~2013)	Observed	2.741	4.638	0.144	3.173	0.508	0.077	13.673
	Simulated	2.936	3.884	0.091	2.365	0.646	0.039	19.404
	NSE	-0.13	-1.35	-3.54	-0.74	-1.96	-1.47	-0.07
	RMSE	1.29	1.64	0.07	1.15	0.65	0.06	10.11
	%difference	39.63	27.57	39.41	28.75	91.50	64.82	59.74
Calibration (2014~2015)	Observed	3.876	3.885	0.138	2.488	0.434	0.092	30.371
	Simulated	3.166	4.020	0.087	2.243	1.004	0.040	15.876
	NSE	-0.27	-0.09	-0.33	0.41	-3.54	-0.48	0.00
	RMSE	1.70	1.57	0.12	0.86	0.88	0.10	29.05
	%difference	33.02	28.92	43.31	28.17	174.69	59.47	61.82



<그림 3-319> 청미천1 지점 수질 보·검정결과

<표 3-179> 청미천2 지점 수질 보·검정결과

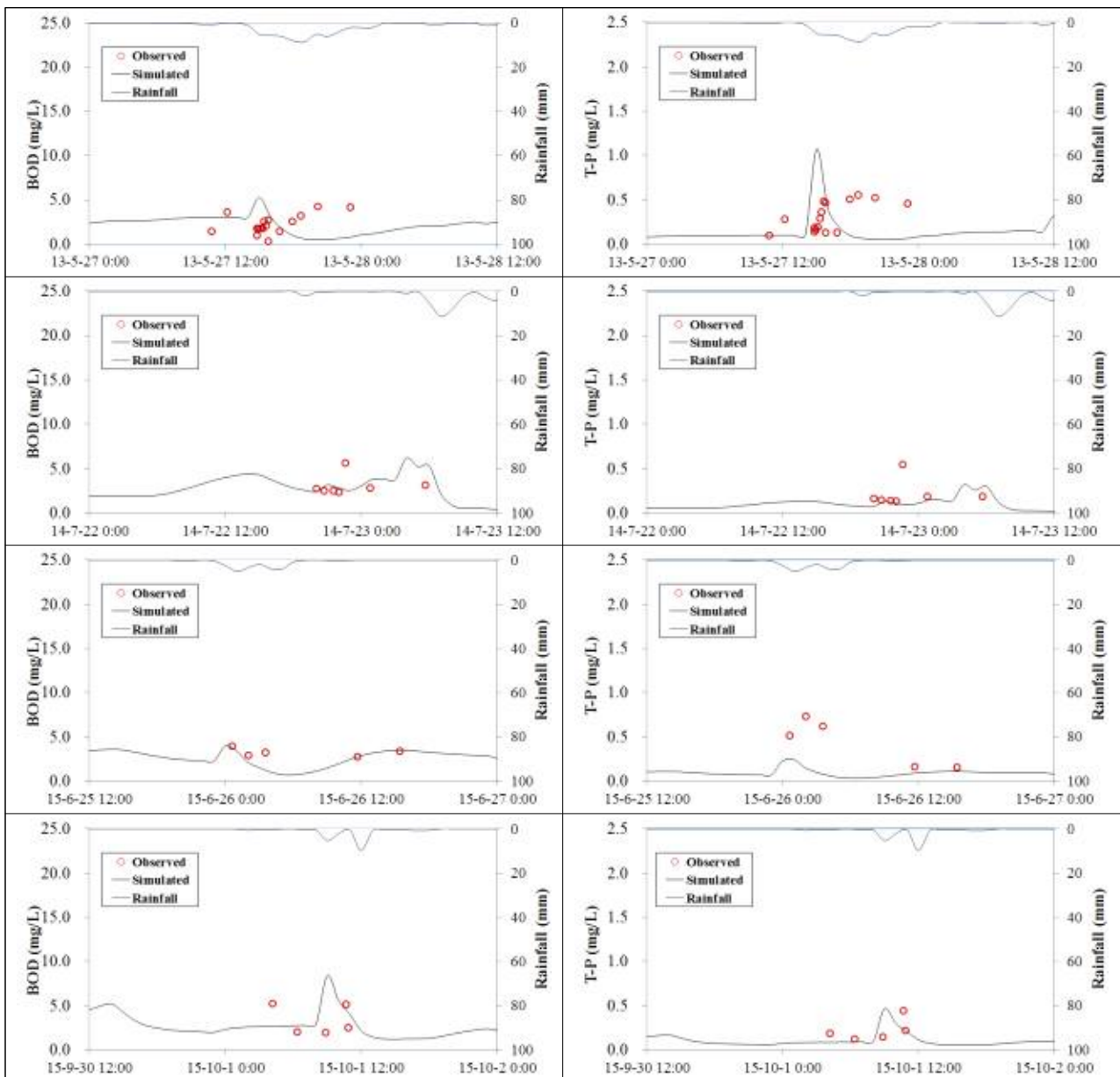
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation (2012~2013)	Observed	2.438	4.120	0.105	2.991	0.440	0.054	17.521
	Simulated	3.073	4.000	0.083	2.641	0.604	0.025	22.560
	NSE	0.14	0.16	-0.88	0.25	-0.61	-0.86	0.28
	RMSE	1.87	1.21	0.05	0.96	0.65	0.06	18.04
	%difference	62.18	22.70	37.19	25.37	103.66	73.38	83.39
Calibration (2014~2015)	Observed	3.816	3.373	0.105	2.187	0.384	0.061	40.516
	Simulated	3.589	4.625	0.090	2.850	0.870	0.026	24.098
	NSE	0.26	-0.63	-0.37	0.09	-2.40	-0.71	0.07
	RMSE	2.00	2.14	0.06	1.26	0.71	0.06	43.08
	%difference	44.36	50.34	42.42	46.89	163.03	62.24	64.39



<그림 3-320> 청미천2 지점 수질 보·검정결과

(3) 모니터링 자료를 이용한 보·검정결과

청미천 유역의 서울대학교 모니터링 지점인 PW-3지점에 대한 모델 보·검증 결과를 나타내고 있다<그림 3-321>. 유역에서 발생하는 오염물질중 비점오염원의 경우 강우에 따라 발생하는 특징을 갖고 있으며, 강우시 정밀조사데이터를 활용하여 검정한 결과 관측값을 어느정도 재현하고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 유역의 복잡하고 다양한 배출구조 형태를 본 과업에서 구축한 HSPF모델이 재현하고 있으며, 유역에 대한 설명력을 갖고 있음을 의미한다.



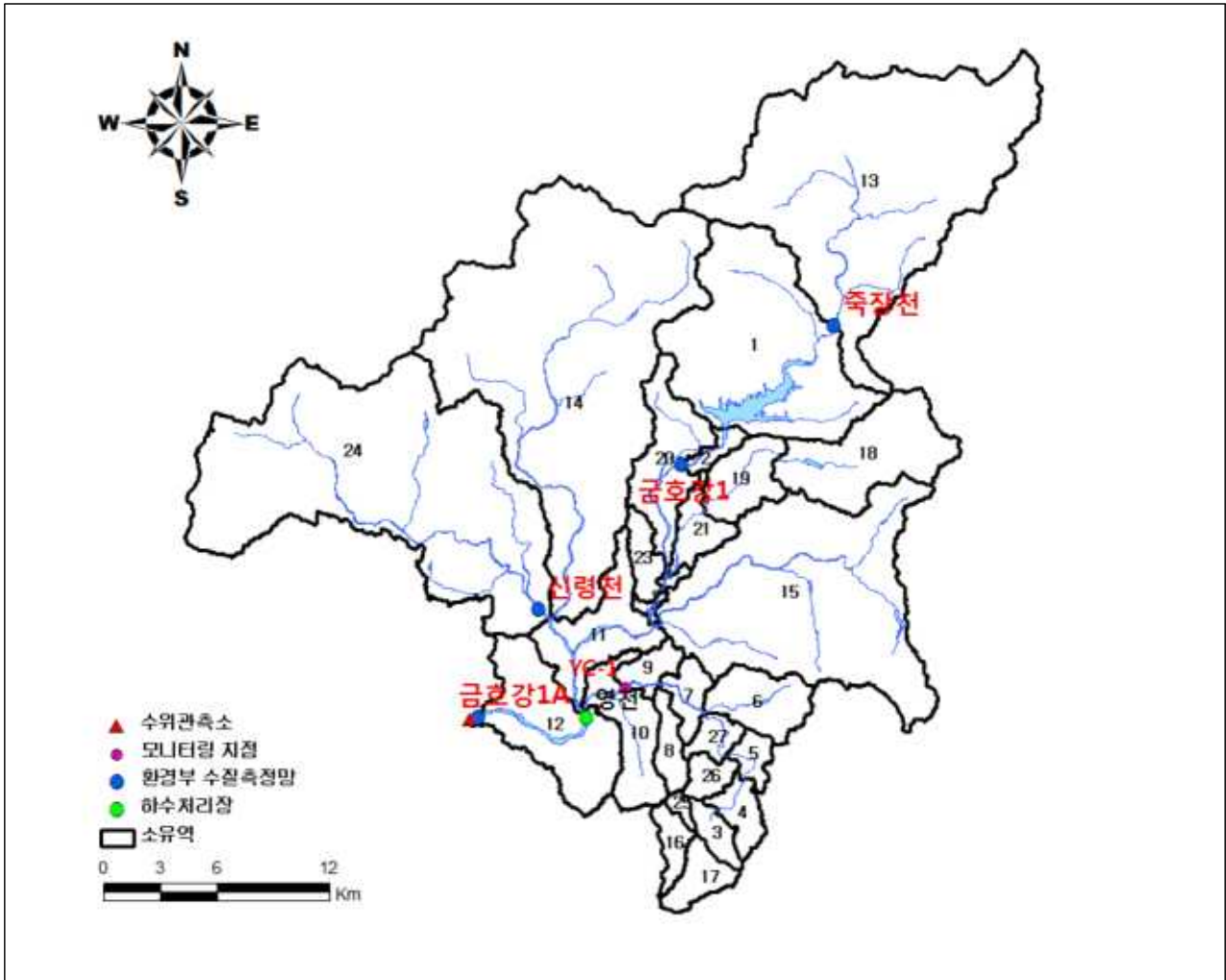
<그림 3-321> PW-3 모니터링 지점의 수질 보·검정결과

나. 금호강 유역 모델구축 결과(북안천)

금호강 유역의 수위-유량 관측소는 국토부의 금호, 단포교, 완산의 3개 수위-유량 관측소가 있으나, 결측 또는 0값의 유량자료가 많아 총량측정지점인 금호A 지점의 유량을 이용하여 보정을 실시하였다. 금호강 유역은 27개의 소유역으로 모델을 구축하였으며, 금호강 유역의 총 면적은 935.2km²이다.

대상유역내 수질 보정을 위한 환경부 수질 측정망 지점은 금호강1, 신령천, 죽장천, 금호강1A 지점이 있으며, 강원대학교 모니터링 지점인 YC-1지점의 강우시 시단위 정밀조사 측정자료를 바탕으로 시단위 보정결과를 반영하여 모델을 상세보정 하였다.

금호강 유역의 환경기초시설은 경북 영천시 도남동에 위치한 영천하수종말처리장(시설용량:25,000m³/day)이 위치하고 있으며, 하수종말처리장의 방류량과 방류수질을 일별로 구축하여 모델에 입력하였다.



<그림 3-322> 금호강 유역현황

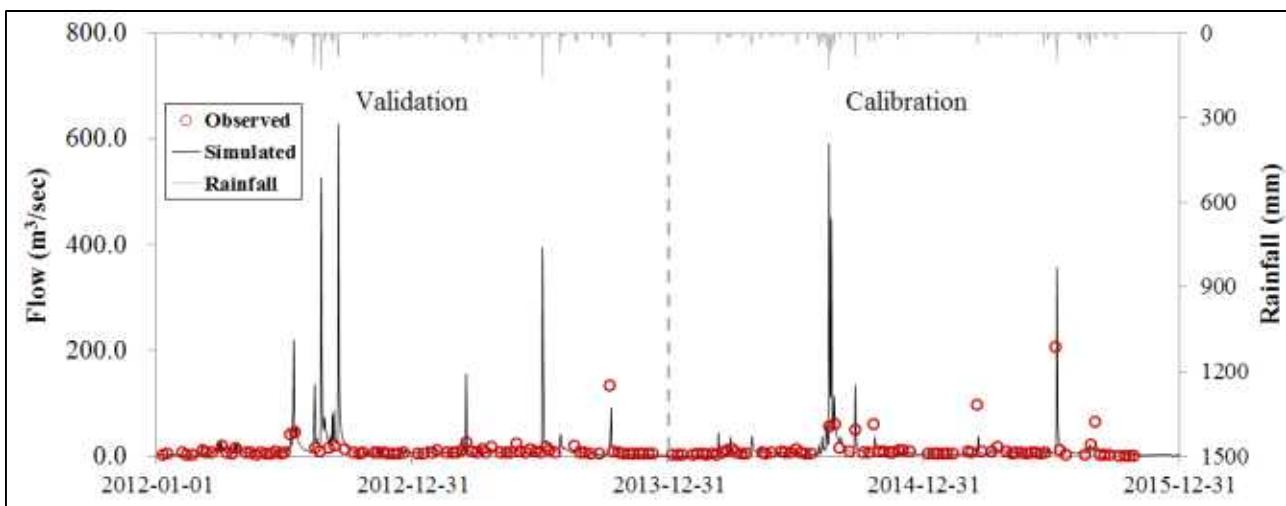
(1) 국가관측망을 이용한 유량 보·검정결과

금호강 유역의 유량 보·검정은 앞서 언급한 바와 같이 국토부의 수위-유량 관측소의 측정 결측 및 0값의 측정자료가 많아 모의결과와 실측치의 상관성을 분석하기 어려워 수질오염 총량지점인 금호A 지점의 8일간격의 유량 자료를 이용하였으며, 금호강 유역의 유량 보·검정 결과 전반적으로 저유량 모의 결과가 실측치를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났으나 200m³/sec 이상의 고유량시 모의결과와 실측치의 값이 다소 차이를 나타내고 있는 것으로 분석되었다. 이는 8일 간격의 유량자료로는 강우시 첨두유량 및 유출 특성을 반영하기가 어려워 통계값의 차이가 크게 나타나는 것으로 판단된다.

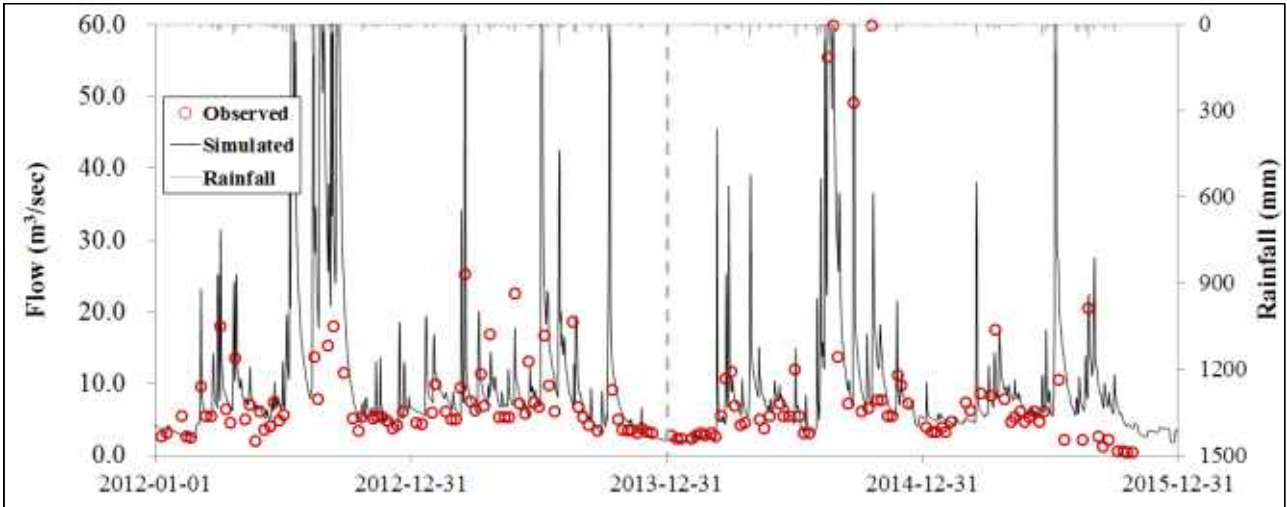
금호A 지점 2014~2015년(보정기간)의 NSE는 -2.157~0.701로 나타났으며, 2012~2013년(검정기간)의 NSE는 0.455~0.710로 분석되었다. 또한, 보정기간의 RMSE는 11.49~12.30으로 나타났으며, 검정기간의 RMSE는 7.22~8.22로 분석되었다.

<표 3-180> 금호강 유량 보·검정결과(금호A 지점)

Content	Validation		Calibration	
	2012	2013	2014	2015
OBS	8.34	10.65	10.74	9.62
SIM	11.28	10.09	13.56	19.00
O/S	0.74	1.06	0.79	0.51
%Diff.	35.27	5.30	26.22	97.38
NSE	0.455	0.710	0.701	-2.157
RMSE	8.22	7.22	11.49	12.30



<그림 3-323> 금호A 지점 유량 보·검정결과



<그림 3-324> 금호A 지점 유량 보·검정결과(저유량시)

(2) 국가관측망을 이용한 수질 보·검정결과

금호강 유역의 HSPF 모의에 대한 수질 보·검정은 환경부 수질 측정망 측정자료를 이용하였으며, 측정지점으로는 죽장천, 금호강1, 신령천, 금호강1A 4개 지점 중 죽장천 지점은 영천댐 상류에 위치하고 있어 본 연구에서는 보·검정 지점에서 제외하여 3개 지점으로 보·검정을 실시하였다. 그 결과는 아래 표 및 그림과 같다.

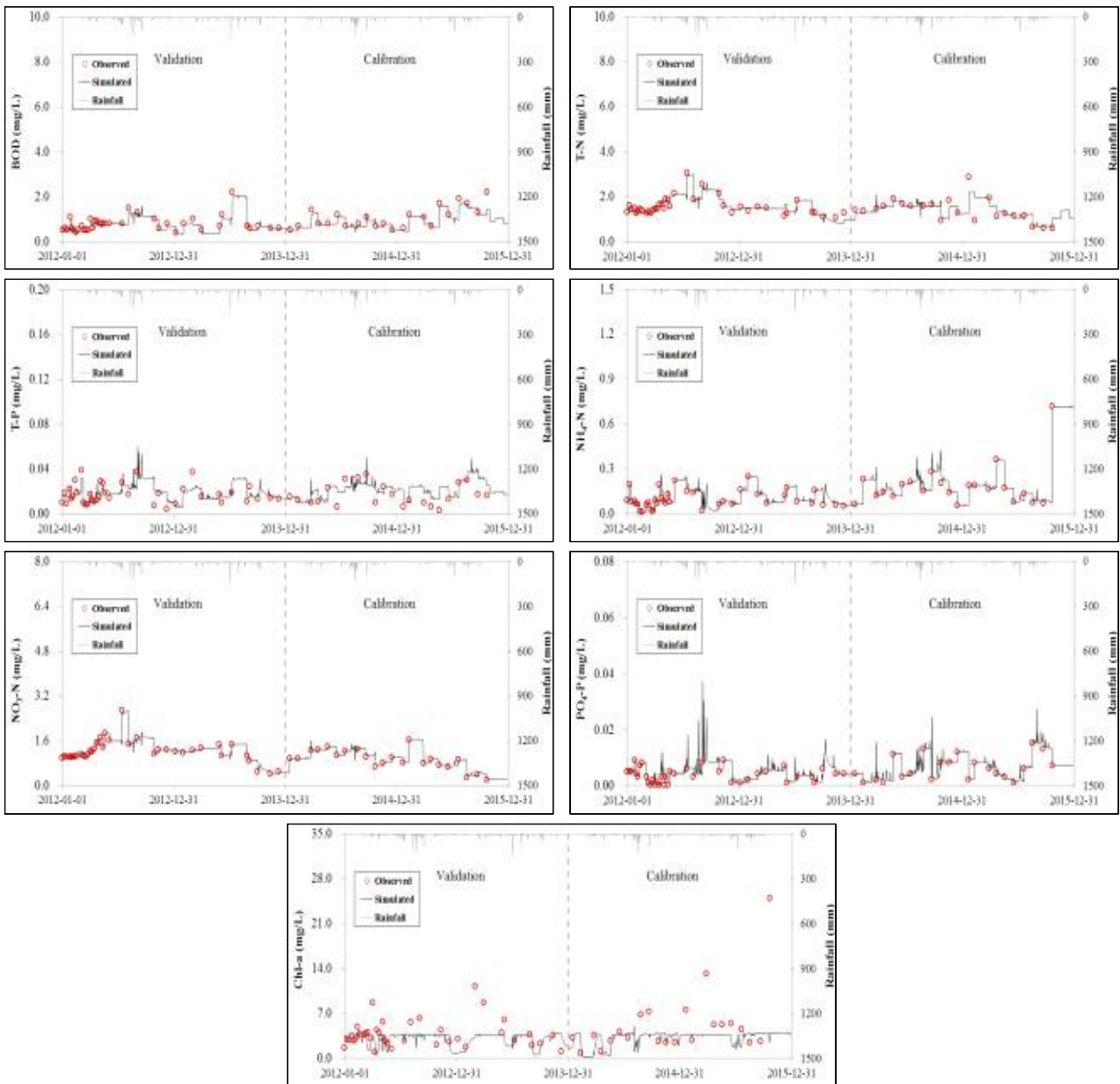
금호강1 지점 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 평균관측값은 1.073mg/L, 1.387 mg/L, 0.017mg/L이며, 검정기간의 관측값은 2.741mg/L, 4.638mg/L, 0.144mg/L로 나타났다. 보정기간의 BOD, T-N, T-P에 대한 NSE는 0.79, 0.63, 0.08이며, 검정기간의 NSE는 0.92, 0.82, 0.60으로 분석되었다. 보정기간의 BOD, T-N, T-P에 대한 RMSE는 0.21, 0.31 0.01이며, 검정기간의 RMSE는 0.10, 0.17, 0.01로 분석되었다.

신령천 지점 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.50, -0.95, -0.11이며, 검정기간의 NSE는 -0.10, -0.53, -0.33으로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 1.00, 2.43, 0.08이며, 검정기간의 RMSE는 0.65, 2.12, 0.07로 나타났다.

금호강1 지점 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 평균 관측값은 1.788mg/L, 3.362 mg/L, 0.058mg/L이며, 검정기간의 관측값은 1.748mg/L, 3.399mg/L, 0.062mg/L로 나타났다. 보정기간의 BOD, T-N, T-P에 대한 NSE는 -0.58, -0.18, -0.03이며, 검정기간의 NSE는 -0.49, 0.16, -0.51로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 1.17, 1.13, 0.04이며, 검정기간의 RMSE는 1.16, 0.98, 0.05로 나타났다.

<표 3-181> 금호강1 지점 수질 보·검정결과

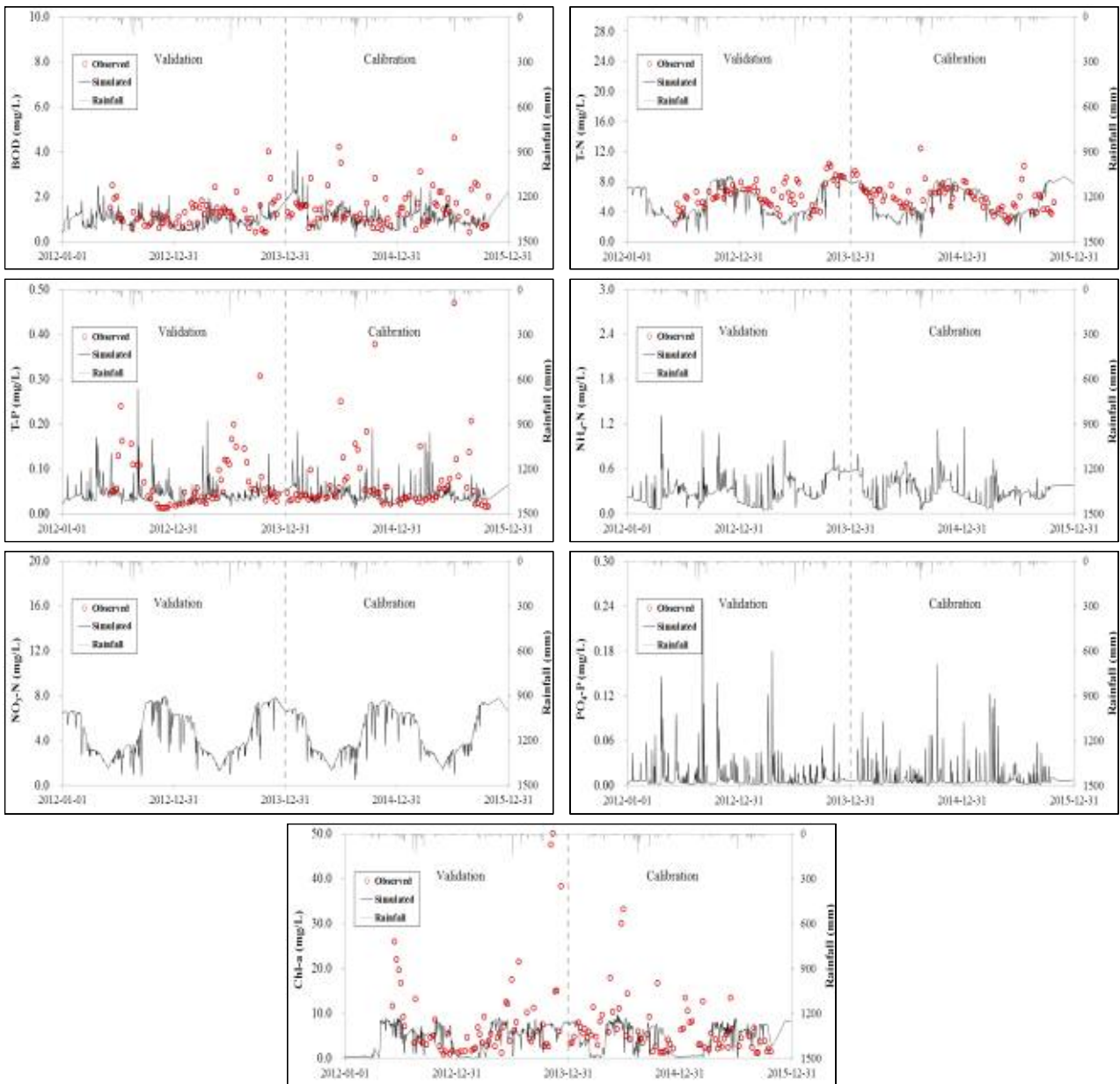
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation (2012~2013)	Observed	0.777	1.550	0.017	1.220	0.094	0.004	3.728
	Simulated	0.709	1.525	0.018	1.234	0.100	0.005	3.001
	NSE	0.92	0.82	0.60	1.00	0.97	0.90	-0.16
	RMSE	0.10	0.17	0.01	0.02	0.01	0.00	2.26
	%difference	9.12	7.67	23.65	1.35	7.07	10.43	42.39
Calibration (2014~2015)	Observed	1.073	1.387	0.017	0.924	0.184	0.006	5.164
	Simulated	0.947	1.405	0.022	0.951	0.190	0.007	3.142
	NSE	0.79	0.63	0.08	0.98	0.99	0.94	-0.11
	RMSE	0.21	0.31	0.01	0.05	0.02	0.00	5.32
	%difference	12.87	13.78	46.02	3.00	4.28	9.85	59.07



<그림 3-325> 금호강1 지점 수질 보·검정결과

<표 3-182> 신령천 지점 수질 보·검정결과

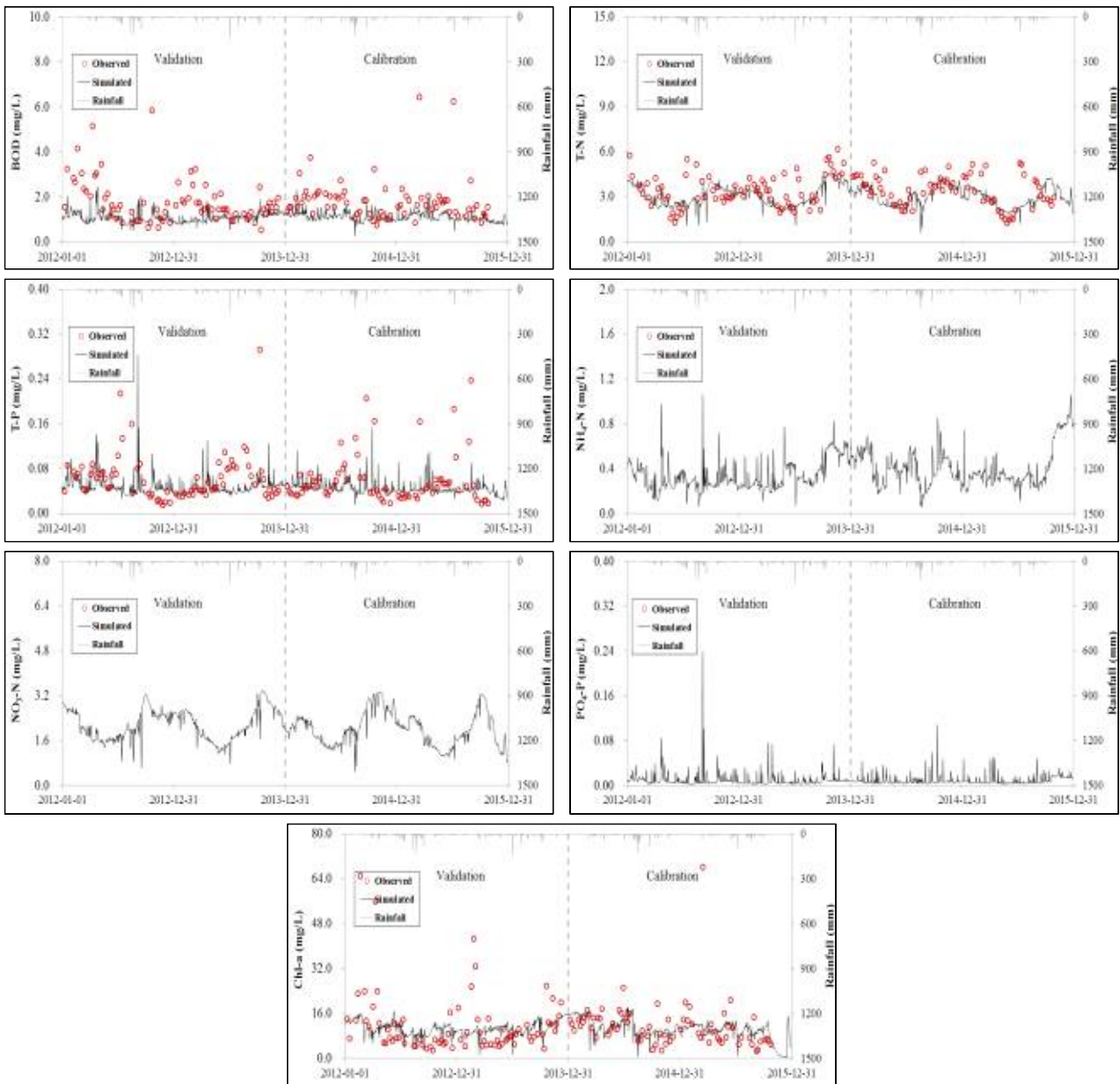
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.278	6.271	0.068	-	-	-	8.644
	Simulated	1.004	5.489	0.048	-	-	-	5.106
	NSE	-0.10	-0.53	-0.33	-	-	-	-0.03
	RMSE	0.65	2.12	0.07	-	-	-	10.20
	%difference	37.83	26.69	62.39	-	-	-	69.60
Calibration	Observed	1.496	5.887	0.067	-	-	-	6.884
	Simulated	1.138	5.193	0.045	-	-	-	4.398
	NSE	-0.50	-0.95	-0.11	-	-	-	-0.33
	RMSE	1.00	2.43	0.08	-	-	-	9.75
	%difference	45.45	30.40	57.04	-	-	-	80.10



<그림 3-326> 신령천 지점 수질 보·검정결과

<표 3-183> 신령천 지점 수질 보·검정결과

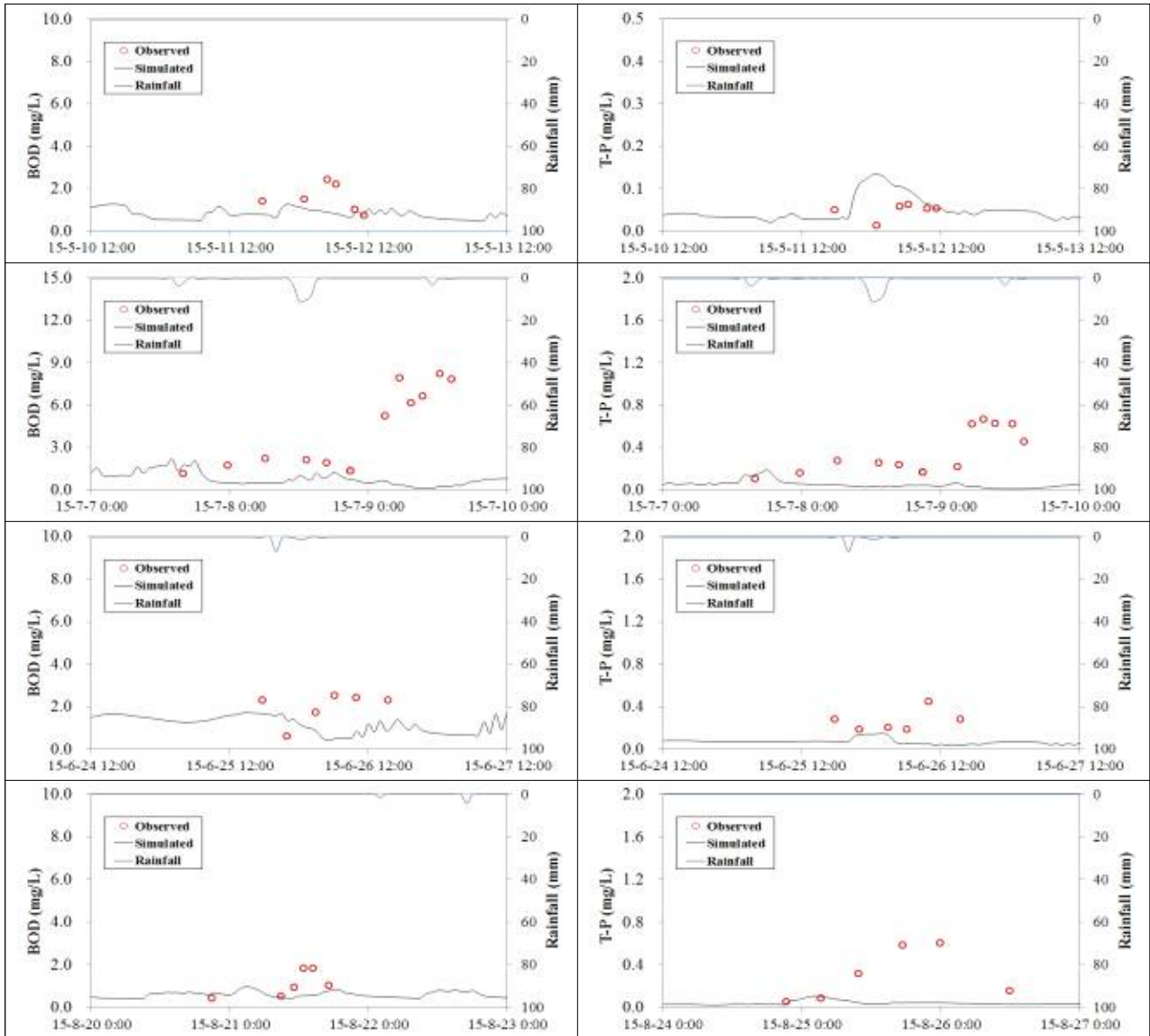
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.748	3.399	0.062	-	-	-	11.544
	Simulated	1.081	3.069	0.051	-	-	-	10.705
	NSE	-0.49	0.16	-0.51	-	-	-	0.05
	RMSE	1.16	0.98	0.05	-	-	-	10.36
	%difference	44.43	21.43	49.03	-	-	-	55.07
Calibration	Observed	1.788	3.362	0.058	-	-	-	12.350
	Simulated	1.118	3.005	0.047	-	-	-	10.717
	NSE	-0.58	-0.18	0.03	-	-	-	-0.21
	RMSE	1.17	1.13	0.04	-	-	-	13.85
	%difference	39.45	24.97	45.54	-	-	-	46.43



<그림 3-327> 금호강1A 지점 수질 보·검정결과

(3) 모니터링 자료를 이용한 보·검정결과

영천유역의 강원대학교 모니터링 지점중 말단지점인 YC-1지점에 대한 모델 보검증 결과를 나타내고 있다<그림 3-328>. 유역에서 발생하는 오염물질중 비점오염원의 경우 강우에 따라 발생하는 특징을 갖고 있으며, 강우시 정밀조사데이터를 활용하여 검정한 결과 관측값을 재현하고 있는 강우도 있으나, 전체적으로 강우이후에 급격하게 수질이 증가하는 형태는 재현하지 못하였다. 이는 유역의 복잡하고 다양한 배출구조형태와 기상자료의 오류등에 의한 영향뿐만 아니라, 모니터링 유역에 많이 위치하고 있는 축산오염원의 영향으로 평가할 수 있다. 이는 강우가 발생할 경우 일부 축산농가의 축산분뇨무단방류가 유량이 감소하는 강우 후 반부에 농도가 높아지는데 영향을 미친 것으로 보인다. 하지만, HSPF모델에서는 유역에서 무단방류되는 부분이 반영되지 않았기 때문에 모의결과와 차이를 보인 것으로 판단된다.



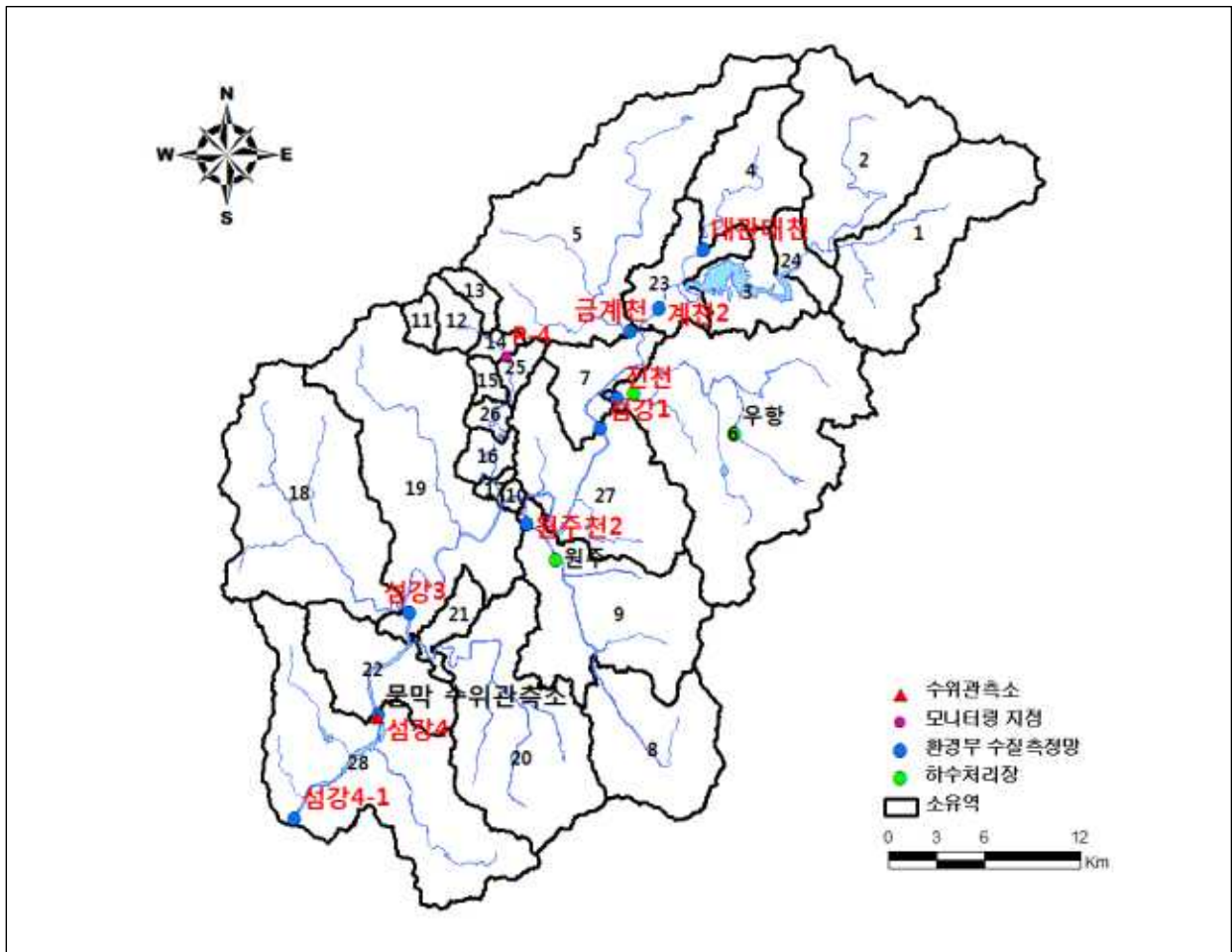
<그림 3-328> YC-1 모니터링 지점의 수질 보·검정결과

다. 섬강 유역 모델 구축 결과(일리천)

섬강 유역의 수위-유량 관측소는 국토부의 횡성, 전천, 원주, 장현, 간현, 문막 등 5개 수위-유량 관측소가 있으며, 적용 가능한 수위-유량 관측소의 유량은 반영하여 보정하였다. 섬강 유역은 28개의 소유역으로 모델을 구축하였으며, 섬강 유역의 총 면적은 1,483.1km²이다.

대상유역내 수질 보정을 위한 환경부 수질 측정망 지점은 금호강1, 신령천, 죽장천, 금호강1A 지점이 있으며, 강원대학교 모니터링 지점인 YC-1지점의 강우시 시단위 정밀조사 측정자료를 바탕으로 시단위 보정결과를 반영하여 모델을 상세보정 하였다.

섬강 유역의 환경기초시설은 강원도 원주시 가현동에 원주하수종말처리장(시설용량: 130,000m³/day), 강원도 횡성군 횡성읍 읍상리에 횡성군하수종말처리장(시설용량:7,200m³/day), 강원도 횡성군 우천면 우항리에 우항하수종말처리장(시설용량:600m³/day)이 위치하고 있으며, 하수종말처리장의 방류량과 방류수질을 일별로 구축하여 모델에 입력하였다.



<그림 3-329> 일리천 유역 유역현황

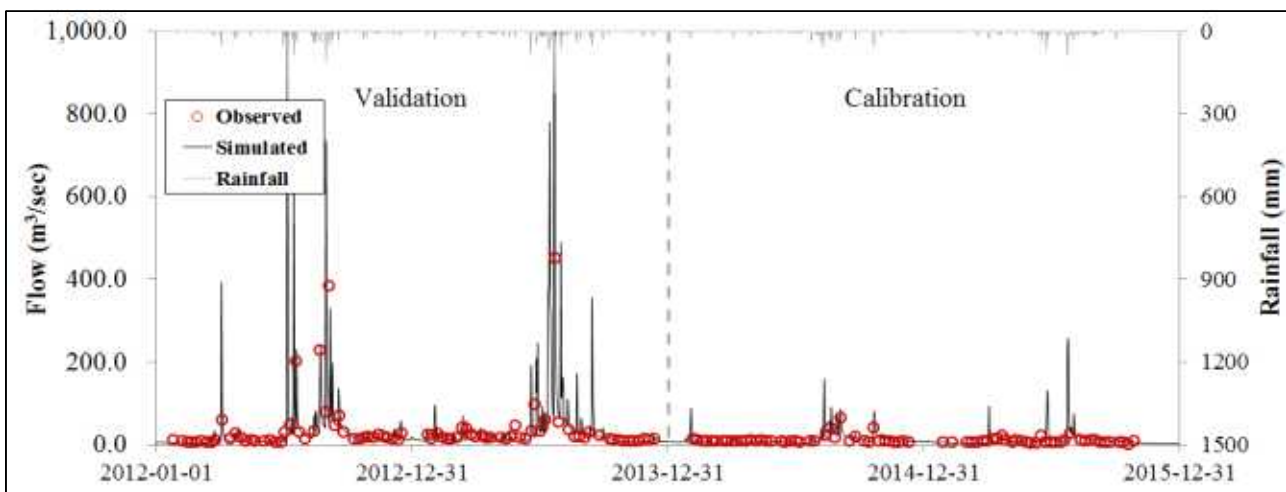
(1) 국가측정망을 이용한 유량 보·검정결과

섬강 유역의 말단 지점의 유량 보·검정을 위하여 국토부의 문막 관측소의 자료를 활용하고자 하였으나, 결측치가 많아 수질오염총량지점인 섬강B 지점의 유량 자료를 이용하여 보정하고 상관성 분석을 실시하였다. 일리천 유역도 유량 보·검정 결과 전반적으로 저유량 모의 결과가 실측치를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났다. 8일간격의 유량자료로는 강우시 첨두유량 및 유출 특성을 반영하지 못해 통계값의 차이가 크게 발생하는 년도가 발생하였다.

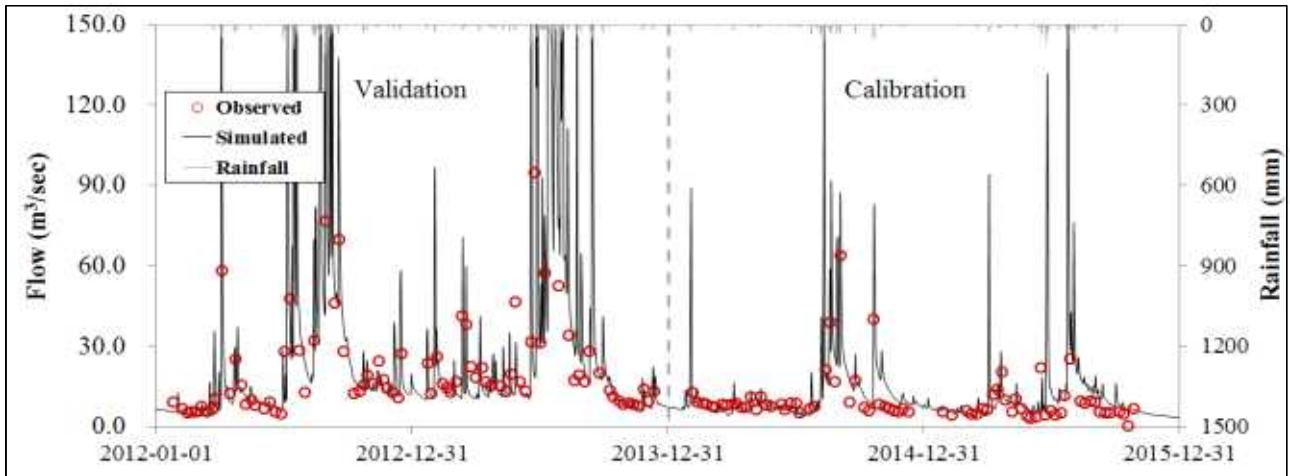
섬강B 지점 2014~2015년(보정기간)의 NSE는 $-0.578 \sim 0.308$ 로 나타났으며, 2012~2013년(검정기간)의 NSE는 $-1.336 \sim -0.630$ 로 분석되었다. 보정기간의 RMSE는 7.77~10.59로 나타났으며, 검정기간의 RMSE는 21.04~37.60로 분석되었다.

<표 3-184> 섬강B 지점 유량 보·검정결과

Content	Validation		Calibration	
	2012	2013	2014	2015
OBS	28.34	22.21	10.44	7.50
SIM	16.47	10.90	12.79	9.39
O/S	1.72	2.04	0.82	0.80
%Diff.	41.89	50.90	22.57	25.17
NSE	-1.336	-0.630	0.308	-0.578
RMSE	37.60	21.04	10.59	7.77



<그림 3-330> 섬강B 지점 유량 보·검정결과



<그림 3-331> 섬강B 지점 유량 보·검정결과(저유량시)

(2) 국가측정망을 이용한 수질 보·검정결과

횡성의 일리천 유역의 환경부 하천수 수질 측정망 중 대표지점으로 계천2, 전천, 원주천 2, 섬강4, 섬강 4-1 등의 5개 지점이며, 각 지점에 대하여 수질 보·검정을 실시하였다.

계천2지점은 횡성댐의 아래 지점으로 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.64, 0.24, -3.32이며, 검정기간의 NSE는 0.36, 0.46, -0.64로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 0.33, 0.31, 0.01이며, 검정기간의 RMSE는 0.26, 0.24, 0.01로 나타났다.

전천 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.49, -1.34, -3.56이며, 검정기간의 NSE는 -0.86, -0.56, -0.19으로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 0.61, 0.93, 0.03이며, 검정기간의 RMSE는 0.54, 0.79, 0.03으로 나타났다.

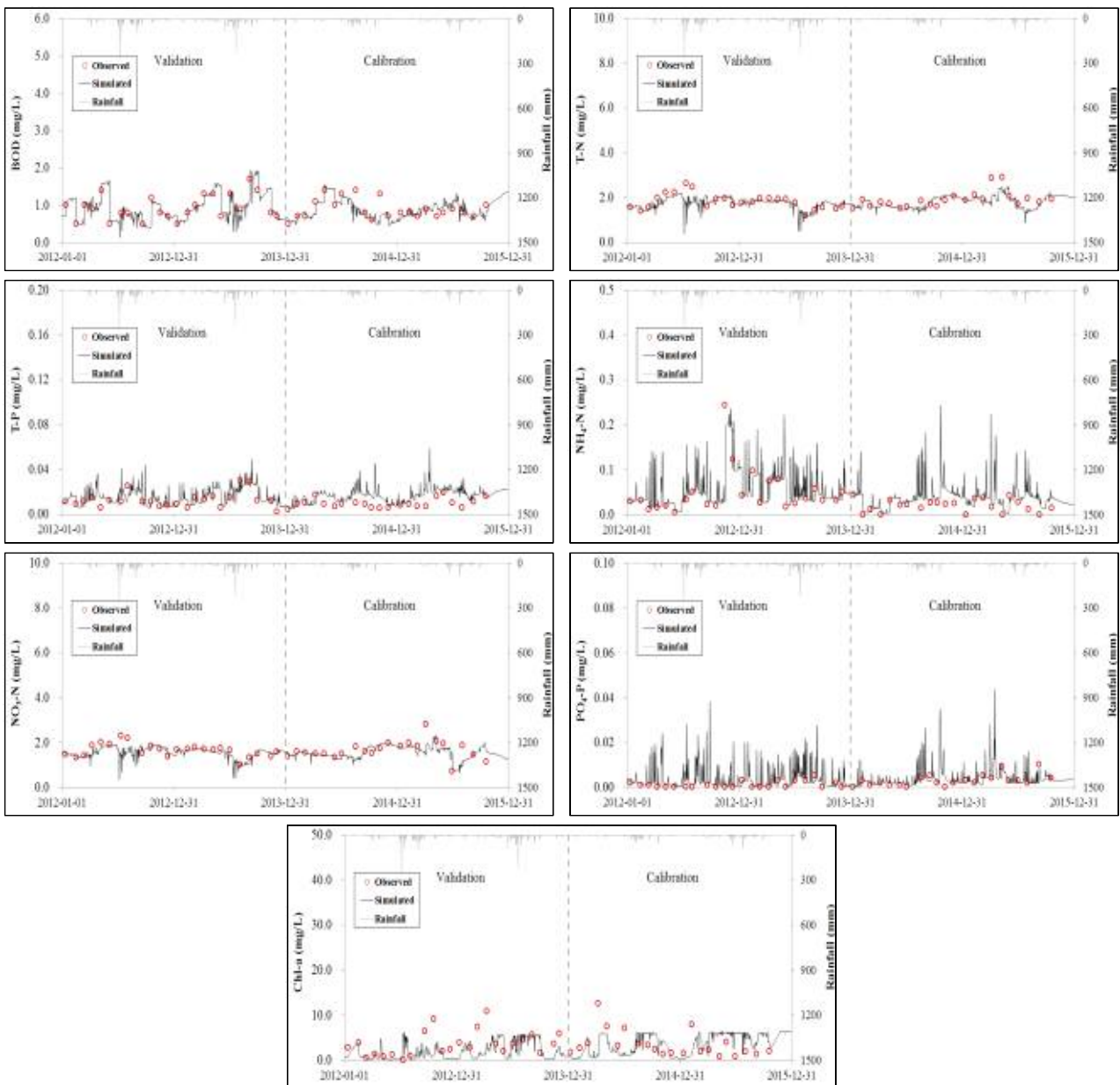
원주천2 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.71, -2.51, -0.06이며, 검정기간의 NSE는 -0.07, 0.34, 0.05로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 2.26, 4.37, 0.30이며, 검정기간의 RMSE는 5.10, 4.64, 0.27로 나타났다.

섬강4 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 0.15, -0.48, -0.28이며, 검정기간의 NSE는 0.04, -0.01, -0.02로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 0.87, 1.74, 0.07이며, 검정기간의 RMSE는 1.01, 2.42, 0.07로 나타났다.

일리천 유역의 제일 말단 지점인 섬강4-1 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 0.33, -0.60, -0.12이며, 검정기간의 NSE는 0.07, 0.51, -0.11로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 0.82, 1.85, 0.06이며, 검정기간의 RMSE는 1.03, 0.84, 0.08로 나타났다.

<표 3-185> 계천2 지점 수질 보·검정결과

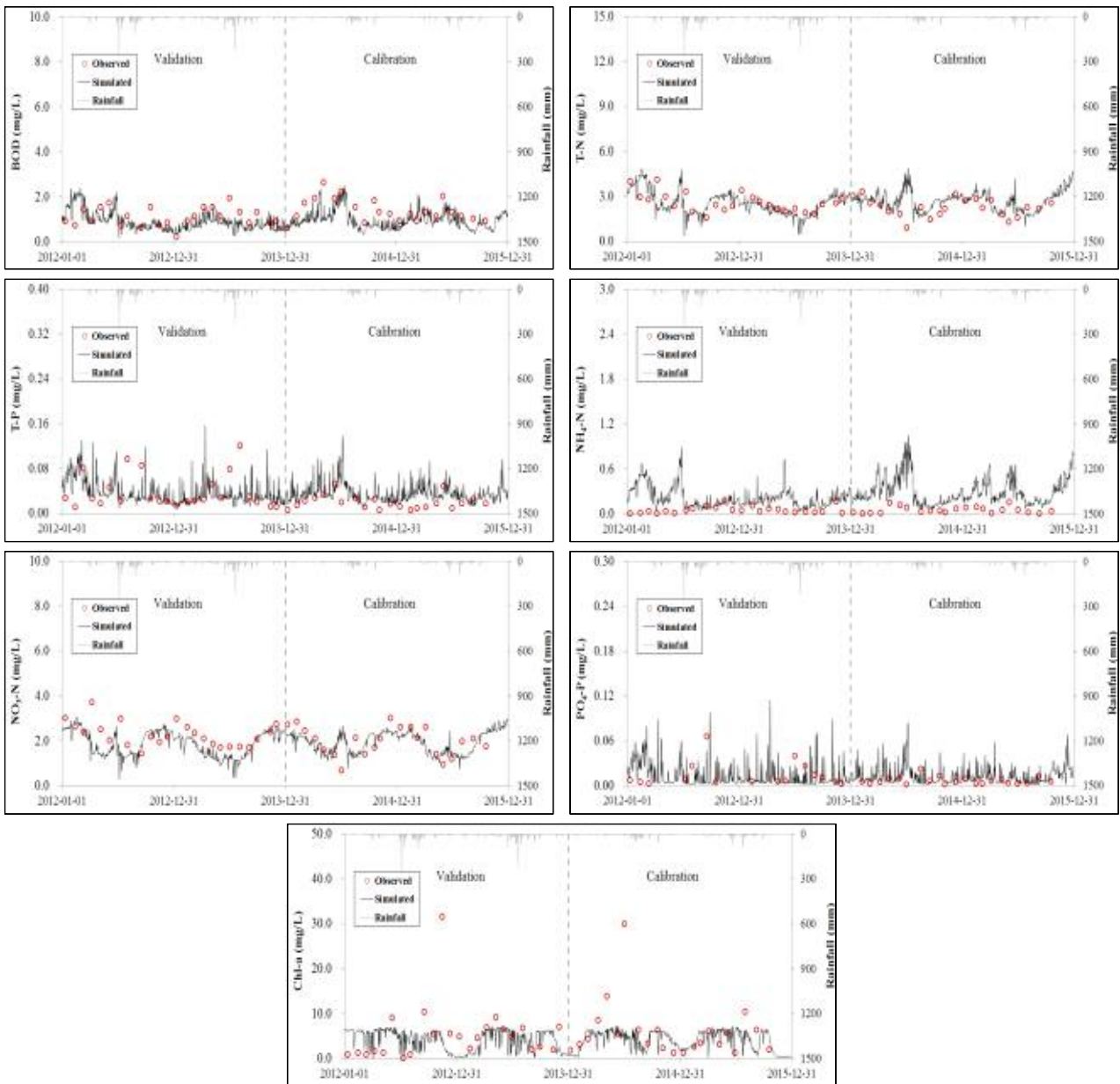
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	0.938	1.811	0.013	1.650	0.049	0.002	3.713
	Simulated	0.988	1.756	0.016	1.573	0.056	0.004	2.136
	NSE	0.78	0.46	-0.64	0.32	0.62	-0.97	-0.39
	RMSE	0.15	0.24	0.01	0.23	0.03	0.00	3.20
	%difference	11.39	8.21	45.66	8.01	32.50	105.42	64.03
Calibration	Observed	0.891	1.898	0.010	1.662	0.025	0.003	3.350
	Simulated	0.859	1.782	0.016	1.551	0.037	0.003	3.796
	NSE	0.28	0.24	-3.32	0.24	-0.03	0.41	-0.97
	RMSE	0.21	0.31	0.01	0.34	0.02	0.00	3.99
	%difference	17.83	11.44	72.95	13.71	50.79	42.27	96.91



<그림 3-332> 계천2 지점 수질 보·검정결과

<표 3-186> 계천2 지점 수질 보·검정결과

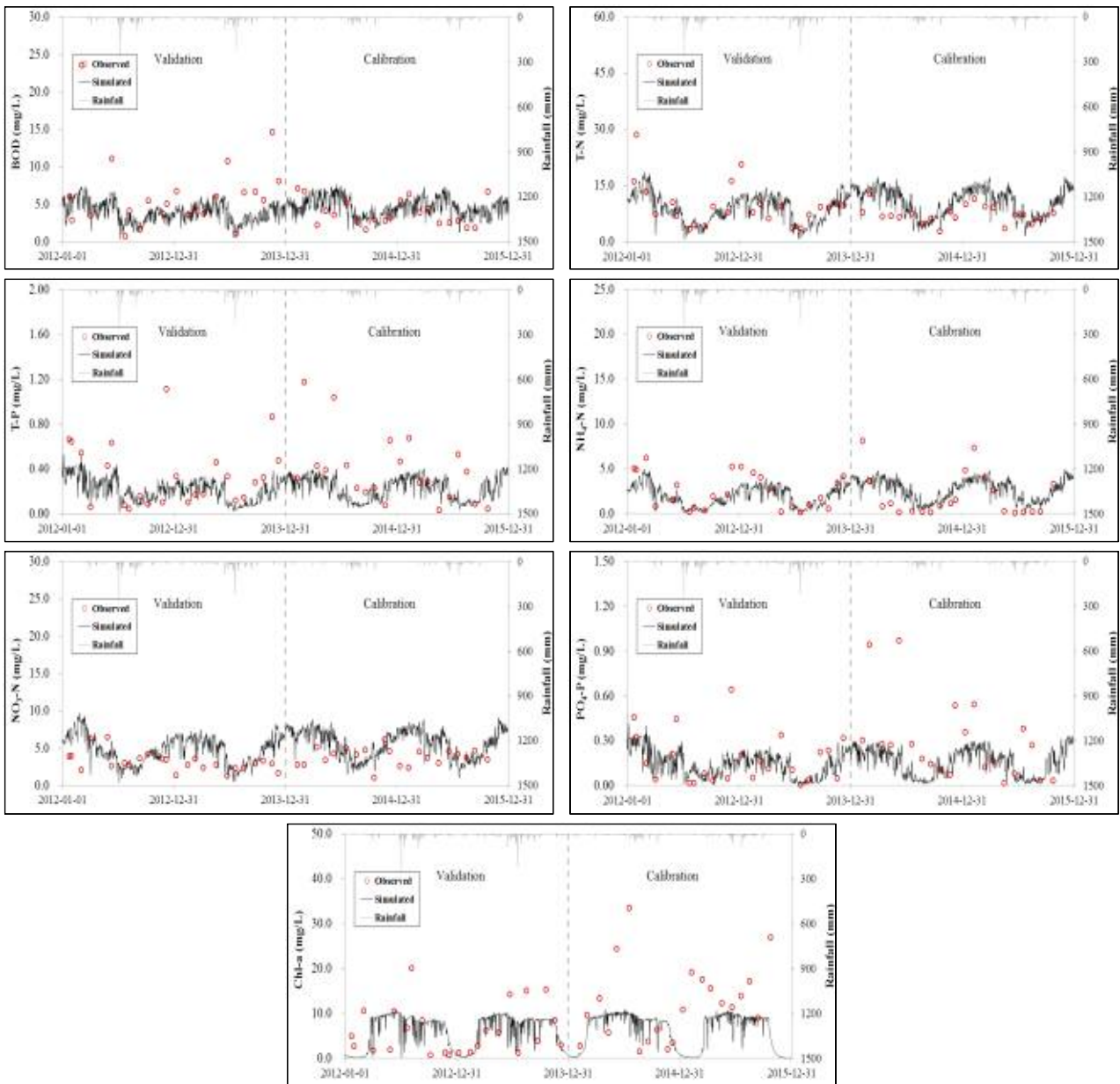
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.075	2.571	0.038	2.260	0.049	0.014	5.457
	Simulated	0.886	2.559	0.035	1.891	0.196	0.013	4.590
	NSE	-0.86	-0.56	-0.19	-0.93	-17.42	-0.49	-0.14
	RMSE	0.54	0.79	0.03	0.74	0.20	0.02	6.66
	%difference	40.88	24.01	59.41	24.53	304.04	125.75	79.49
Calibration	Observed	1.377	2.208	0.019	1.954	0.052	0.006	5.750
	Simulated	0.899	2.563	0.037	1.840	0.288	0.014	4.212
	NSE	-0.49	-1.34	-3.56	0.01	-39.09	-11.20	0.01
	RMSE	0.61	0.93	0.03	0.62	0.28	0.02	6.11
	%difference	35.97	28.32	104.54	25.22	457.18	196.22	61.75



<그림 3-333> 전천 지점 수질 보·검정결과

<표 3-187> 원주천2 지점 수질 보·검정결과

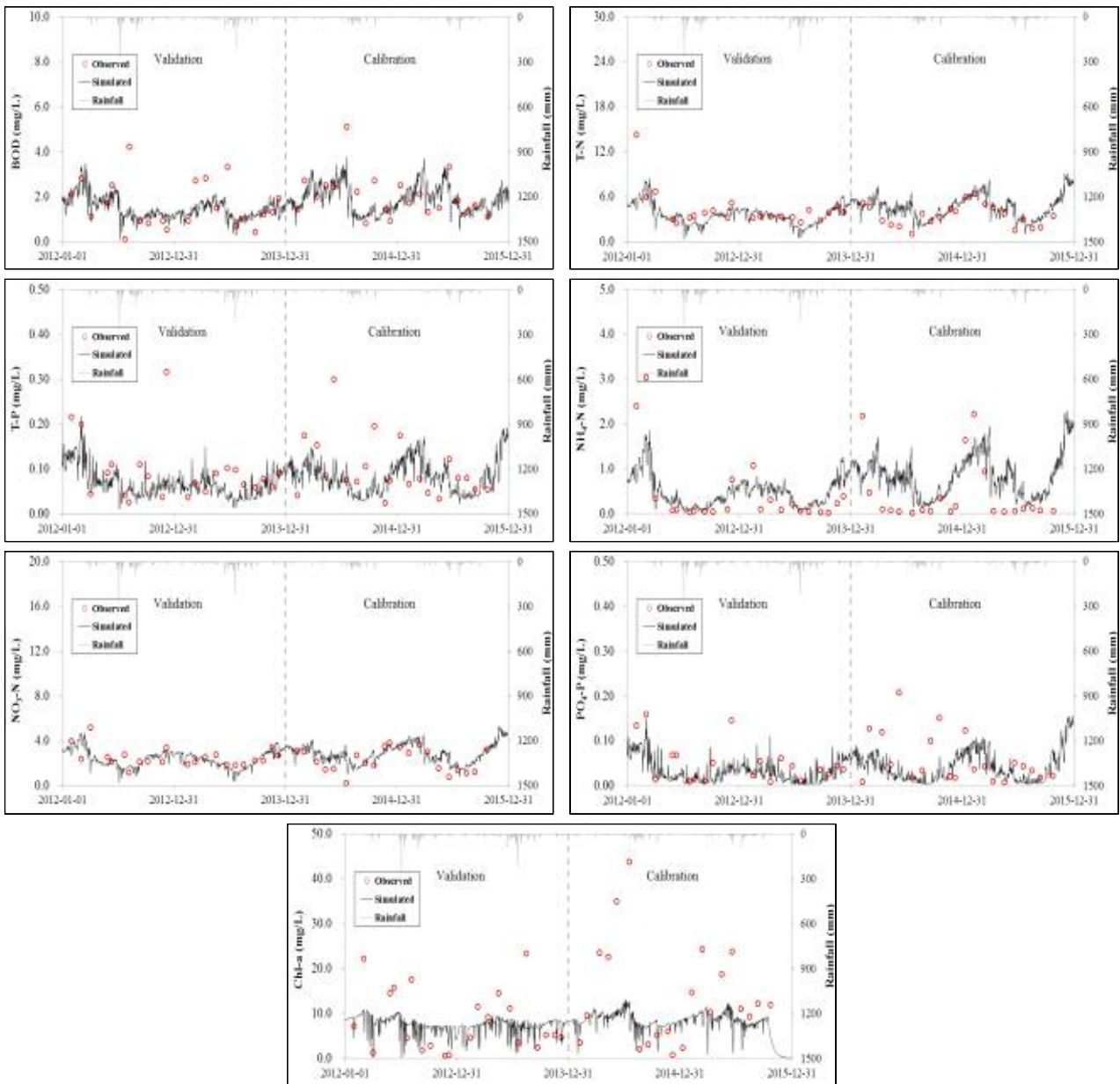
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	6.283	9.648	0.344	3.095	2.468	0.176	6.079
	Simulated	3.564	8.492	0.227	4.645	1.879	0.154	5.742
	NSE	-0.07	0.34	0.05	-3.62	0.50	0.13	-0.02
	RMSE	5.10	4.64	0.27	2.67	1.36	0.15	5.48
	%difference	51.81	31.18	56.87	72.37	40.15	62.91	70.85
Calibration	Observed	3.776	7.163	0.382	3.798	1.893	0.286	12.262
	Simulated	4.564	10.509	0.239	5.566	2.670	0.162	6.521
	NSE	-0.71	-2.51	-0.06	-5.03	0.18	-0.06	-0.56
	RMSE	2.26	4.37	0.30	2.75	2.13	0.27	10.51
	%difference	53.19	47.85	56.89	59.86	92.41	64.88	64.08



<그림 3-334> 원주천2 지점 수질 보·검정결과

<표 3-188> 섬강4 지점 수질 보·검정결과

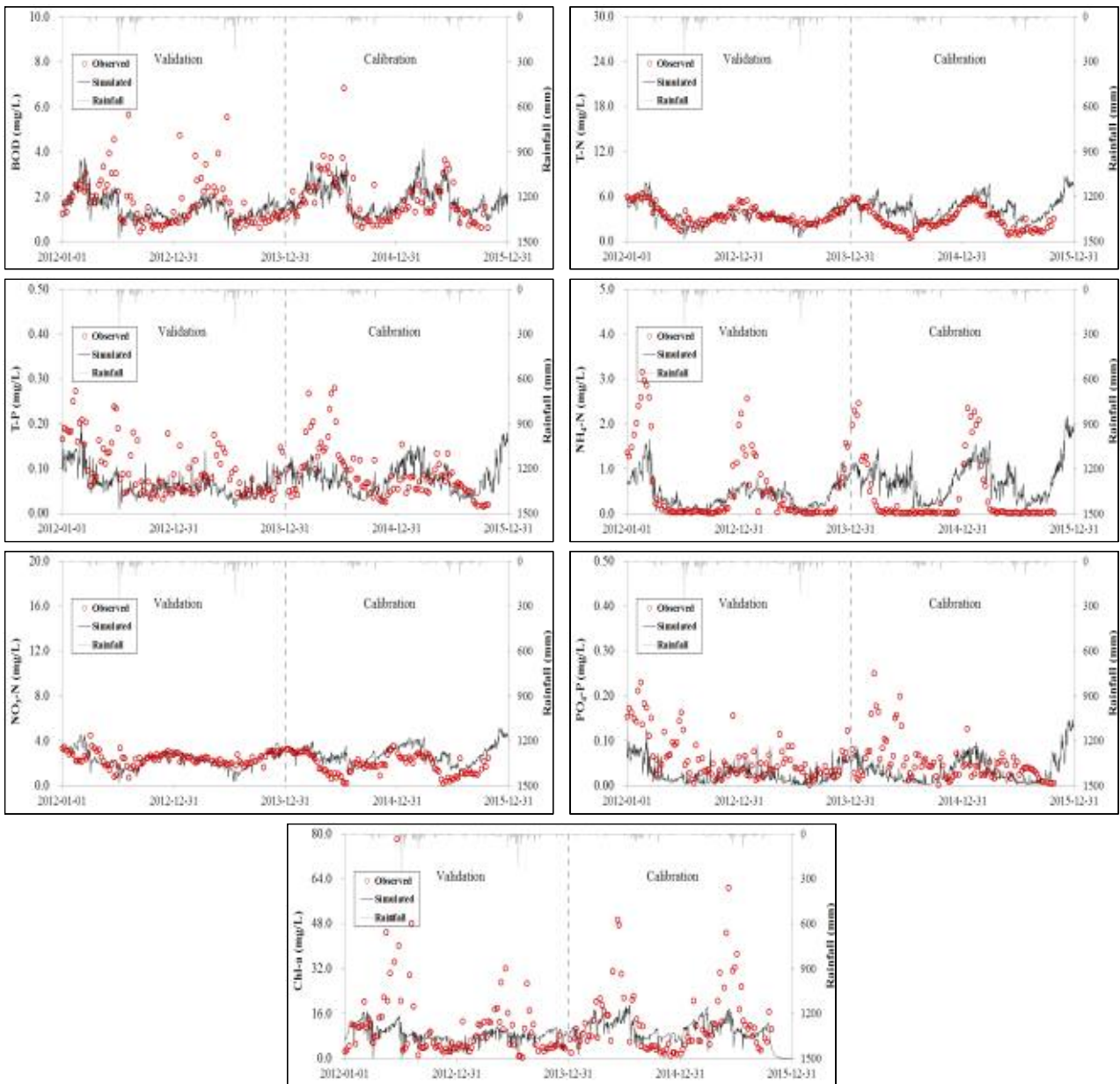
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.605	4.212	0.093	2.470	0.420	0.050	8.227
	Simulated	1.363	3.360	0.064	2.270	0.417	0.030	6.696
	NSE	0.04	-0.01	-0.02	-0.24	0.38	0.36	-0.03
	RMSE	1.01	2.42	0.07	0.94	0.61	0.04	6.92
	%difference	43.43	30.99	46.22	28.03	92.71	55.40	66.70
Calibration	Observed	2.014	3.430	0.098	2.211	0.409	0.057	13.833
	Simulated	1.895	4.472	0.084	2.773	0.795	0.041	8.241
	NSE	0.15	-0.48	-0.28	0.01	-0.09	-0.36	-0.06
	RMSE	0.87	1.74	0.07	1.02	0.72	0.06	11.48
	%difference	31.25	39.06	60.43	33.66	155.57	90.32	60.56



<그림 3-335> 섬강4 지점 수질 보·검정결과

<표 3-189> 섬강4-1 지점 수질 보·검정결과

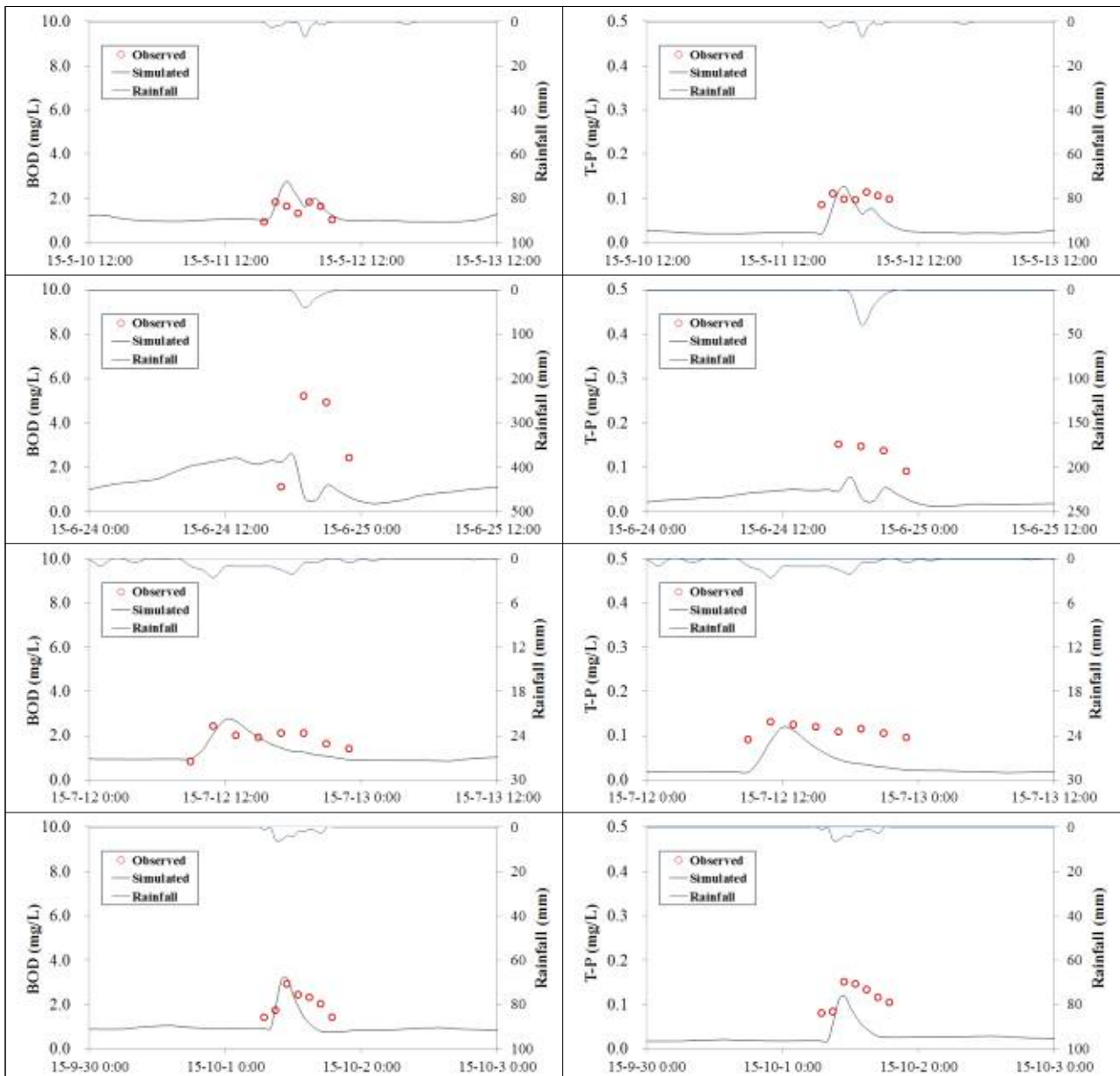
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.722	3.513	0.103	2.365	0.573	0.062	11.081
	Simulated	1.458	3.497	0.063	2.340	0.432	0.025	8.480
	NSE	0.07	0.51	-0.11	-0.41	0.41	-0.23	0.09
	RMSE	1.03	0.84	0.08	0.70	0.63	0.06	11.65
	%difference	37.25	18.63	46.39	20.53	73.06	65.74	62.50
Calibration	Observed	1.795	2.784	0.087	1.798	0.378	0.050	16.135
	Simulated	1.928	4.247	0.076	2.662	0.676	0.029	10.653
	NSE	0.33	-0.60	-0.12	-0.65	0.16	-0.50	0.03
	RMSE	0.82	1.85	0.06	1.13	0.64	0.06	20.16
	%difference	34.32	55.34	51.33	52.61	149.41	79.10	67.23



<그림 3-336> 섬강4-1 지점 수질 보·검정결과

(3) 모니터링 자료를 이용한 보·검정결과

일리천 유역의 건국대학교 모니터링 지점중 P-4지점에 대한 모델 보·검증 결과를 나타내고 있다<그림 3-337>. 유역에서 발생하는 오염물질중 비점오염원의 경우 강우에 따라 발생하는 특징을 갖고 있으며, 강우시 정밀조사데이터를 활용하여 검정한 결과 관측값을 재현하고 있는 경우도 있으나, 전체적으로 T-P의 농도는 모델결과가 관측값에 비해 낮게 평가되었다. 모니터링 기간인 2015년의 경우 강우가 매우 적었으며 모니터링 시기에 큰 비가 발생하지 않는 상황의 모니터링 결과이기 때문에 전체적인 유역 비점오염특성을 파악하는데 한계를 갖고 있다. 하지만, 축산이 다른 유역에 비해 상대적으로 밀집되어 있는 지역으로 축산의 영향으로 T-P농도가 BOD등 타 항목에 비해 높게 측정된 것으로 판단할 수 있다.



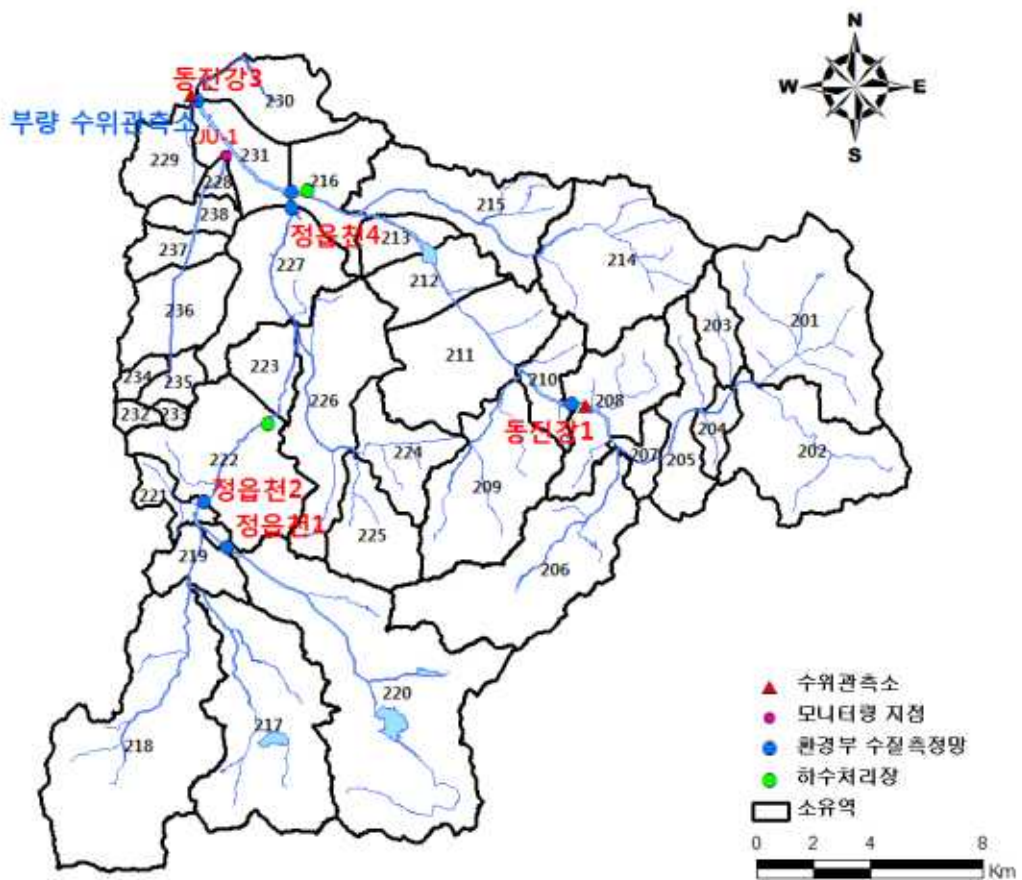
<그림 3-337> P-4 모니터링 지점의 수질 보·검정결과

라. 동진강 유역 모델 구축 결과(덕천천)

동진강 유역 수위-유량 관측소는 국토부의 부량, 신태인, 태인, 용동, 정읍, 공평, 연지 등 7개의 수위-유량 관측소가 있으며, 적용 가능한 수위-유량 관측소는 용동, 태인의 유량을 반영하여 보정하였다. 동진강 유역은 38개의 소유역으로 모델을 구축하였으며, 유역의 총 면적은 493.4km²이다.

대상유역내 수질 보정을 위한 환경부 수질 측정망 지점은 동진강1, 동진강2, 동진강3, 정읍천1, 정읍천2, 정읍천3, 정읍천4, 천원천 등 8개의 지점이 있으며, 건국대학교 모니터링 지점인 JU-1지점의 강우시 시단위 정밀조사 측정자료를 바탕으로 시단위 보정결과를 반영하여 모델을 상세보정 하였다.

동진강 유역의 환경기초시설은 전북 정읍시 영과동에 정읍하수종말처리장(시설용량: 58,600m³/day), 전북 정읍시 신태인읍 우령리에 신태인하수종말처리장(시설용량:2,600m³/day)이 위치하고 있으며, 하수종말처리장의 방류량과 방류수질을 일별로 구축하여 모델에 입력하였다.



<그림 3-338> 동진강 유역현황

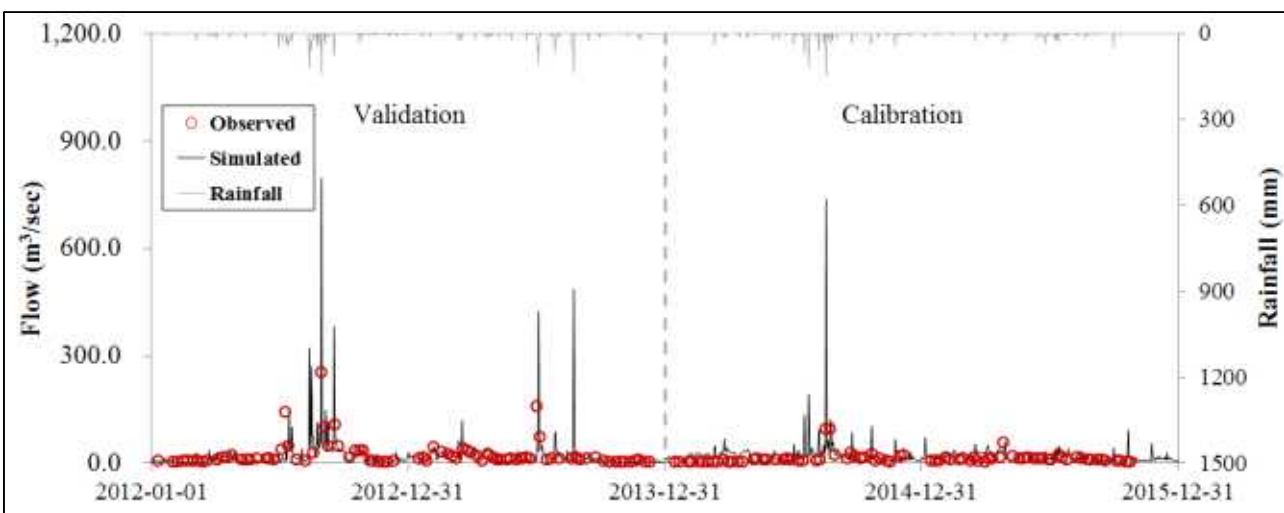
(1) 국가측정망을 이용한 유량 보·검정결과

덕천천 유역의 유량 보·검정을 위하여 국토부에서 측정한 2012~2015년까지의 부량 수위 관측소 자료를 이용하려 하였으나, 부량수위관측소의 데이터에 결측자료가 많아 적용하기 어려워, 수질오염총량지점인 동진A 지점의 유량 자료를 이용하여 보정하였으며, 동진강 유역의 유량 보·검정 결과 전반적으로 저유량 모의 결과가 실측치를 잘 반영하고 있는 것으로 나타났으나 300m³/sec 이상의 고유량시 모의결과와 실측치의 값이 다소 차이를 나타내고 있는 것으로 분석되었다.

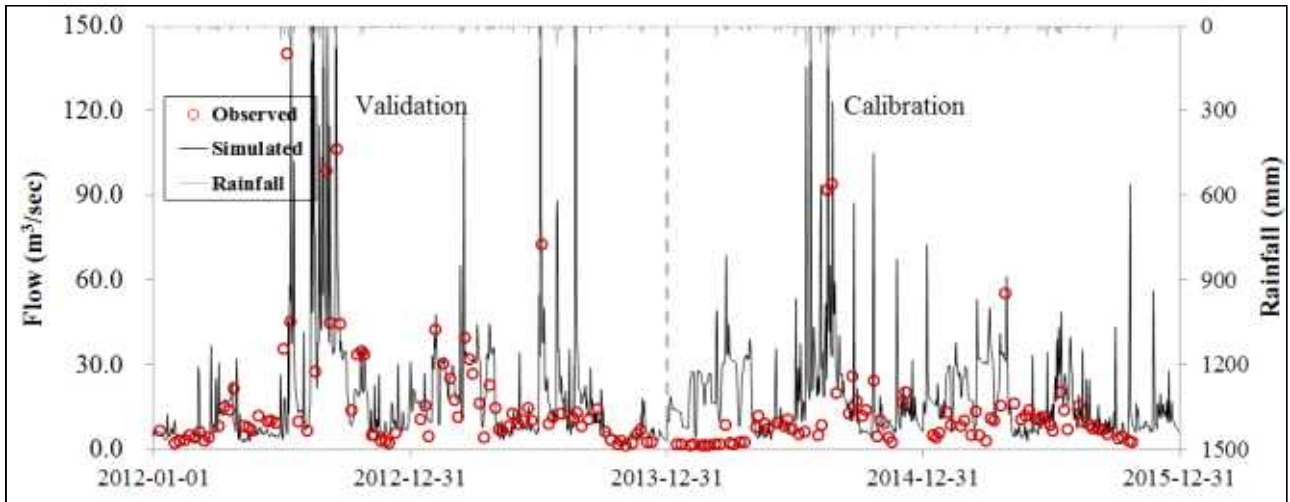
금호A 지점 2014~2015년(보정기간)의 NSE는 -1.692~0.763로 나타났으며, 2012~2013년(검정기간)의 NSE는 -5.736~-0.068로 분석되었다. 또한, 보정기간의 RMSE는 8.22~14.00으로 나타났으며, 검정기간의 RMSE는 19.89~23.78로 분석되었다.

<표 3-190> 동진강 유역 말단지점 유량 보·검정결과(동진A 지점)

Content	Validation		Calibration	
	2012	2013	2014	2015
OBS	21.14	17.07	11.85	9.88
SIM	15.18	8.20	15.03	8.16
O/S	1.39	2.08	0.79	1.21
%Diff.	28.18	51.97	26.81	17.47
NSE	-0.068	-5.769	0.763	-1.692
RMSE	19.89	23.78	14.00	8.22



<그림 3-339> 동진A 유량 보·검정결과



<그림 3-340> 동진A 유량 보·검정결과(저유량시)

(2) 국가측정망을 이용한 수질 보·검정결과

덕천천 유역의 환경부 하천수 수질 측정망 중 대표지점으로 동진강1지점, 동진강3, 정읍천1, 정읍천4 등의 4개 지점을 선정하였으며, 각 지점에 대하여 수질 보·검정을 실시하였다. 그 결과는 아래와 같다.

운암수갱, 칠보발전소 등 섬진담의 외부용수 공급원 유입부 아래에 위치하고 있는 동진강 1지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간 NSE는 -0.03 , -0.91 , -1.87 이며, 검정기간의 NSE는 0.59 , -0.44 , 0.08 로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간 RMSE는 0.77 , 0.58 , 0.02 이며, 검정기간의 RMSE는 0.36 , 0.47 , 0.05 로 나타났다.

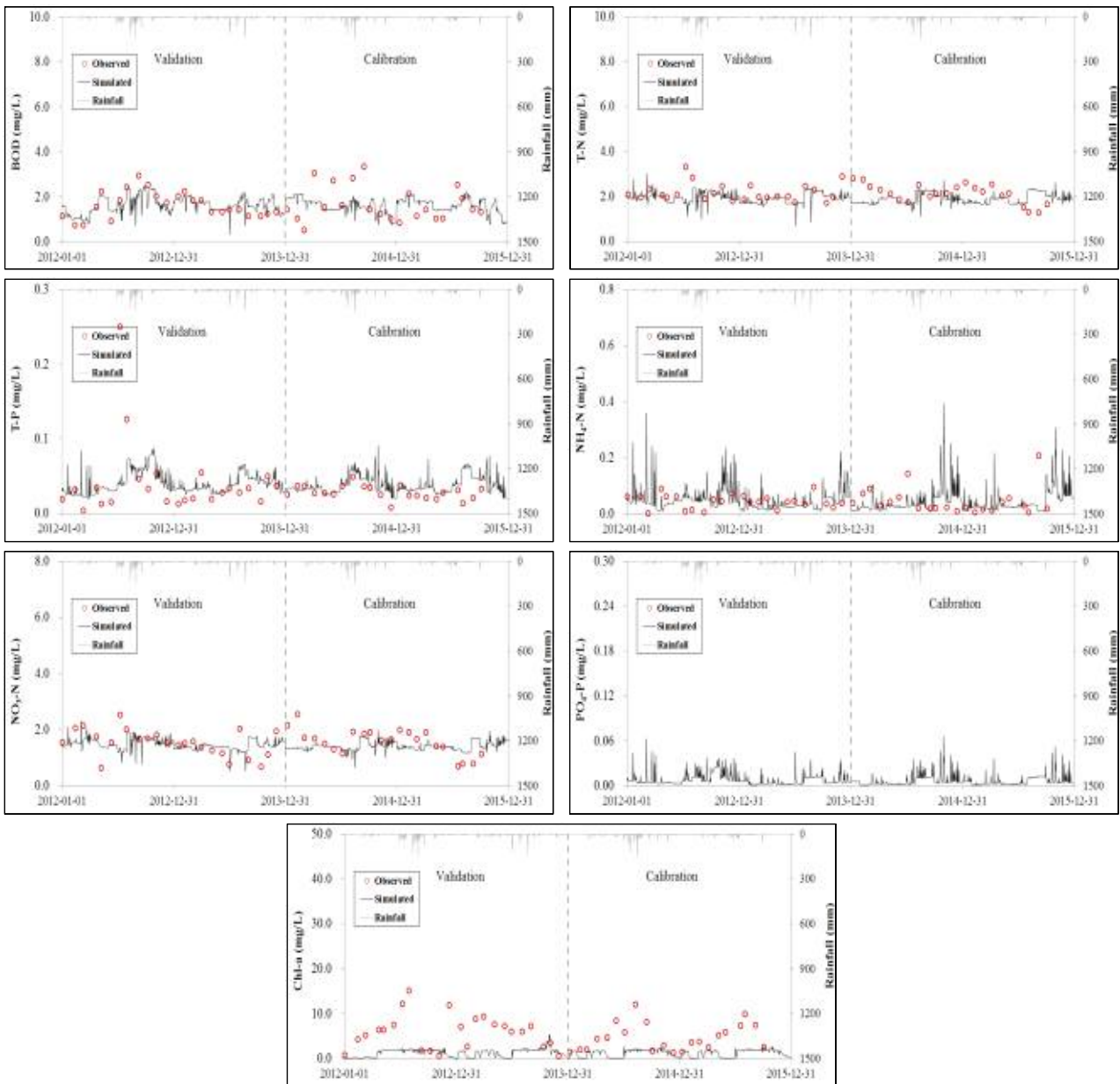
동진강의 제일 말단 지점인 동진강3 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간 평균관측값은 2.891mg/L , 3.455mg/L , 0.096mg/L 이며, 검정기간의 관측값은 2.293mg/L , 3.223mg/L , 0.104mg/L 로 나타났다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.20 , -0.56 , -0.49 이며, 검정기간의 NSE는 0.24 , -0.06 , -0.19 으로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 1.53 , 2.12 , 0.05 이며, 검정기간의 RMSE는 1.05 , 0.98 , 0.06 으로 나타났다.

정읍천1 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.17 , -0.38 , -0.51 이며, 검정기간의 NSE는 -0.85 , -0.70 , -1.74 로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 0.59 , 0.92 , 0.02 이며, 검정기간의 RMSE는 0.48 , 1.10 , 0.02 로 나타났다.

정읍천 제일말단 지점인 정읍천4 지점의 BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 NSE는 -0.33 , 0.31 , -6.76 이며, 검정기간의 NSE는 -0.35 , 0.07 , 0.04 로 분석되었다. BOD, T-N, T-P에 대한 보정기간의 RMSE는 1.31 , 1.97 , 0.12 이며, 검정기간의 RMSE는 1.46 , 1.65 , 0.08 로 나타났다.

<표 3-191> 동진강1 지점 수질 보·검정결과

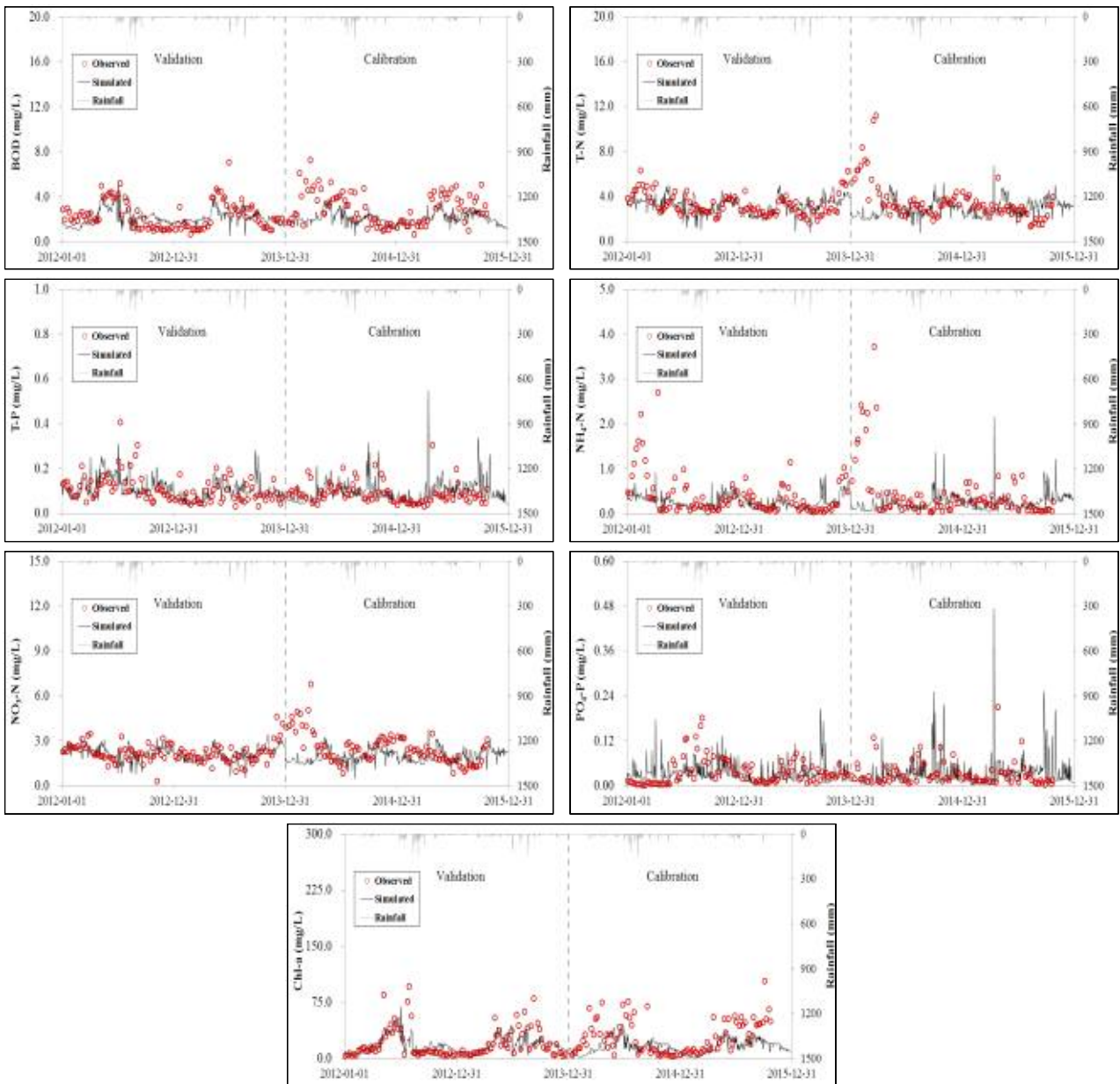
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	1.596	2.147	0.041	1.504	0.044	-	5.771
	Simulated	1.670	1.939	0.039	1.463	0.039	-	1.197
	NSE	0.59	-0.44	0.08	-0.04	-1.23	-	-1.47
	RMSE	0.36	0.47	0.05	0.48	0.04	-	5.90
	%difference	18.06	13.40	61.05	24.18	68.79	-	82.80
Calibration	Observed	1.632	2.103	0.027	1.554	0.043	-	4.586
	Simulated	1.655	1.901	0.037	1.398	0.032	-	1.271
	NSE	-0.03	-0.91	-1.87	-0.20	-0.48	-	-1.22
	RMSE	0.77	0.58	0.02	0.50	0.06	-	4.45
	%difference	37.18	22.26	40.67	24.85	87.63	-	73.82



<그림 3-341> 동진강1 지점 수질 보·검정결과

<표 3-192> 동진강3 지점 수질 보·검정결과

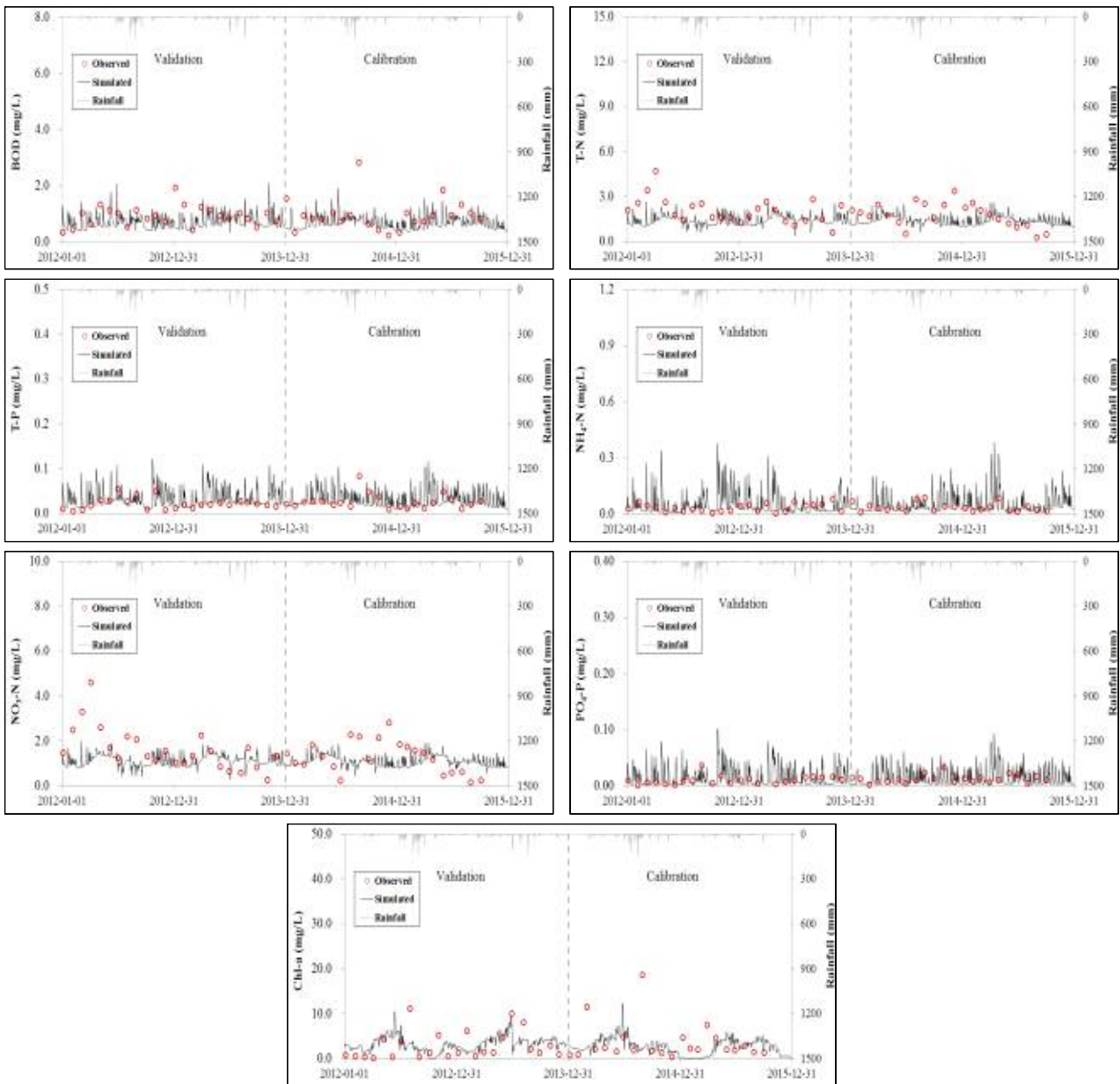
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	2.283	3.223	0.104	2.138	0.387	0.035	18.989
	Simulated	2.155	3.177	0.108	2.140	0.255	0.031	18.341
	NSE	0.24	-0.06	-0.19	-0.17	-0.02	-0.34	0.43
	RMSE	1.05	0.98	0.06	0.68	0.46	0.04	14.85
	%difference	35.35	24.44	42.75	23.62	68.06	76.75	49.73
Calibration	Observed	2.891	3.455	0.086	2.435	0.440	0.030	27.697
	Simulated	2.119	2.939	0.096	1.981	0.235	0.032	16.613
	NSE	-0.20	-0.56	-0.49	-0.53	-0.26	-0.35	-0.12
	RMSE	1.53	2.12	0.05	1.28	0.70	0.04	23.55
	%difference	38.20	40.52	47.00	39.29	83.17	81.91	62.32



<그림 3-342> 동진강3 지점 수질 보·검정결과

<표 3-193> 정읍천1 지점 수질 보·검정결과

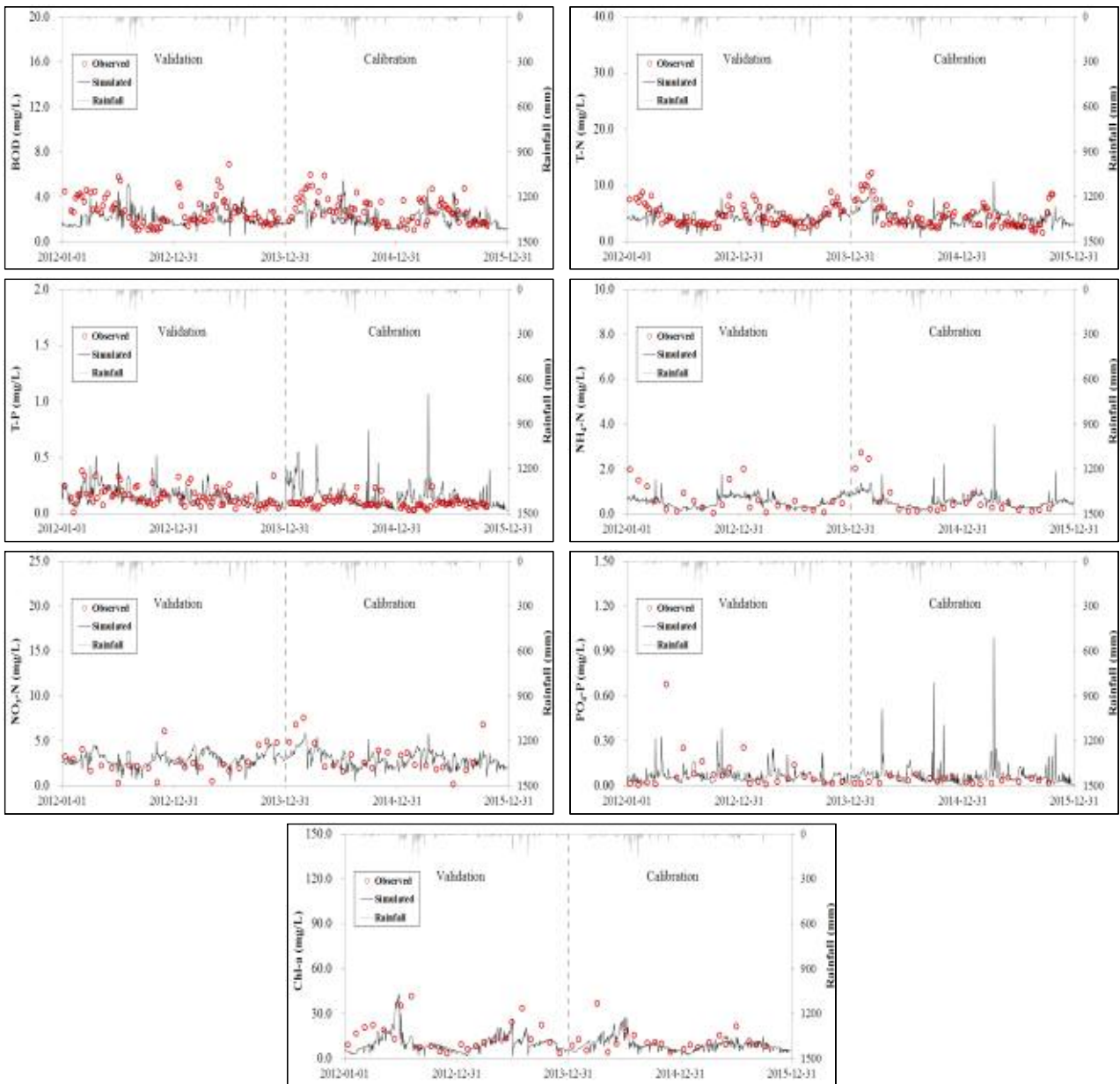
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	0.888	2.009	0.020	1.591	0.030	0.009	2.870
	Simulated	0.660	1.430	0.029	1.134	0.044	0.013	3.302
	NSE	-0.85	-0.70	-1.74	-0.36	-8.97	-3.94	-0.05
	RMSE	0.48	1.10	0.02	1.09	0.06	0.02	3.19
	%difference	42.71	40.40	75.90	47.95	128.09	127.16	96.19
Calibration	Observed	0.923	1.710	0.025	1.244	0.032	0.011	3.395
	Simulated	0.636	1.365	0.028	1.074	0.040	0.011	2.936
	NSE	-0.17	-0.38	-0.51	-0.20	-1.58	-2.80	-0.34
	RMSE	0.59	0.92	0.02	0.78	0.04	0.01	4.75
	%difference	42.17	46.10	53.67	52.46	80.23	83.77	96.52



<그림 3-343> 정읍천1 지점 수질 보·검정결과

<표 3-194> 정읍천4 지점 수질 보·검정결과

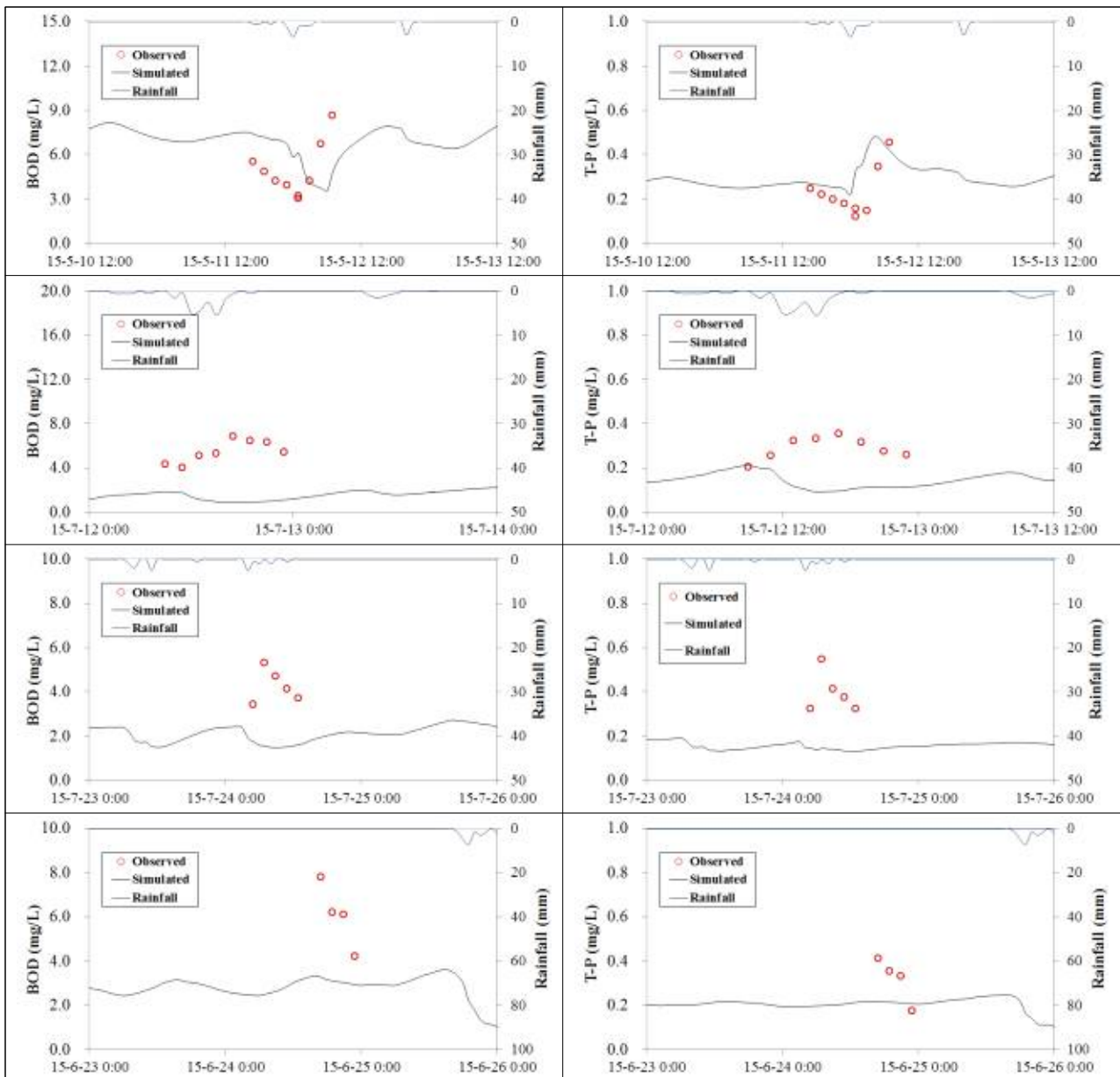
Content		BOD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	Chl-a
Validation	Observed	2.675	4.584	0.146	2.525	0.599	0.089	15.021
	Simulated	2.209	4.406	0.155	2.871	0.517	0.057	10.525
	NSE	-0.35	0.07	0.04	0.87	0.77	0.48	0.83
	RMSE	1.46	1.65	0.08	0.80	0.29	0.08	5.75
	%difference	39.78	27.53	42.21	48.05	67.81	83.00	51.86
Calibration	Observed	2.741	4.517	0.090	3.220	0.592	0.031	11.236
	Simulated	2.224	4.471	0.152	3.187	0.597	0.071	9.753
	NSE	-0.33	0.31	-6.76	0.90	0.79	-0.04	0.89
	RMSE	1.31	1.97	0.12	0.90	0.29	0.03	3.45
	%difference	36.19	34.36	92.18	43.81	66.32	147.51	38.57



<그림 3-344> 정읍천4 지점 수질 보·검정결과

(3) 모니터링 자료를 이용한 보·검정결과

덕천천 유역의 건국대학교 모니터링 지점말단인 JU-1지점에 대한 모델 보·검증 결과를 나타내고 있다<그림 3-345>. 강우시 정밀조사데이터를 활용하여 검정한 결과 관측값을 재현하고 있는 경우도 있으나, BOD, T-P의 농도는 모델결과가 관측값에 비해 낮게 평가되었다. 덕천천 유역은 다른 유역의 모니터링 지점보다 축산밀집도가 가장 높으며, 유역내 축산폐수관리에 문제가 있기 때문에 평상시 하천 농도도 높은 유역이다. 축산오염원의 적절한 관리가 이루어지지 않으면 축산의 밀집도가 높은 유역에 수질문제가 발생할 수 있기 때문에 축산에 대한 관리가 철저하게 이루어져야 할 것으로 판단된다.



<그림 3-345> JU-1 모니터링 지점의 수질 보·검정결과

3. 국내 축산비점오염원의 유역환경영향 분석

대상유역(청미천 유역, 금호강 유역, 일리천 유역, 덕천천 유역)의 오염원별 기여도 분석을 통해 농업(경종, 축산) 비점오염원이 유역에 대한 영향에 얼마나 영향을 미치는지 정량적으로 분석하였다.

유역·수질 모델인 HSPF 모델에서 점 및 비점오염원을 순차적으로 제거하여, 각 오염원이 수질에 미치는 영향을 분석하였으며, 전국오염원조사자료를 바탕으로 수질오염총량관리제도의 배출부하량을 산정한 결과를 활용하여 기여율을 비교분석 하였다.

HSPF모델과 수질오염총량관리제도의 배출부하량을 이용하여 기여율 분석 방법은 아래와 <표 3-195>~<표 3-196> 같다.

<표 3-195> HSPF모델을 이용한 기여율 정의 방법

구분		정의	추출방법
점오염원	환경기초시설	· 하수처리장 등 하천 직유입부하	· {보정모델 - 점오염원제거 후 모델}/보정모델
	개별배출	· 점 배출부하량 × 유달율	
배경부하		· 기저유출과 함께 유출되는 부하	· 보정모델 - [점오염원 + 비점오염원(시비량, 축산계, 토지계)]
비점오염원(시비량)		· 논,밭의 시비량에 의한 부하	· {보정모델 - 시비량제거 후 모델}/보정모델
비점오염원(축산계)		· 퇴·액비 시비에 의한 부하	· {보정모델 - 축산시비량 제거 후 모델}/보정모델
비점오염원(토지계)		· 표면·기저유출에 의한 부하	· {보정모델 - 표면·기저유출제거 모델}/보정모델

<표 3-196> 배출부하량을 이용한 기여율 정의 방법

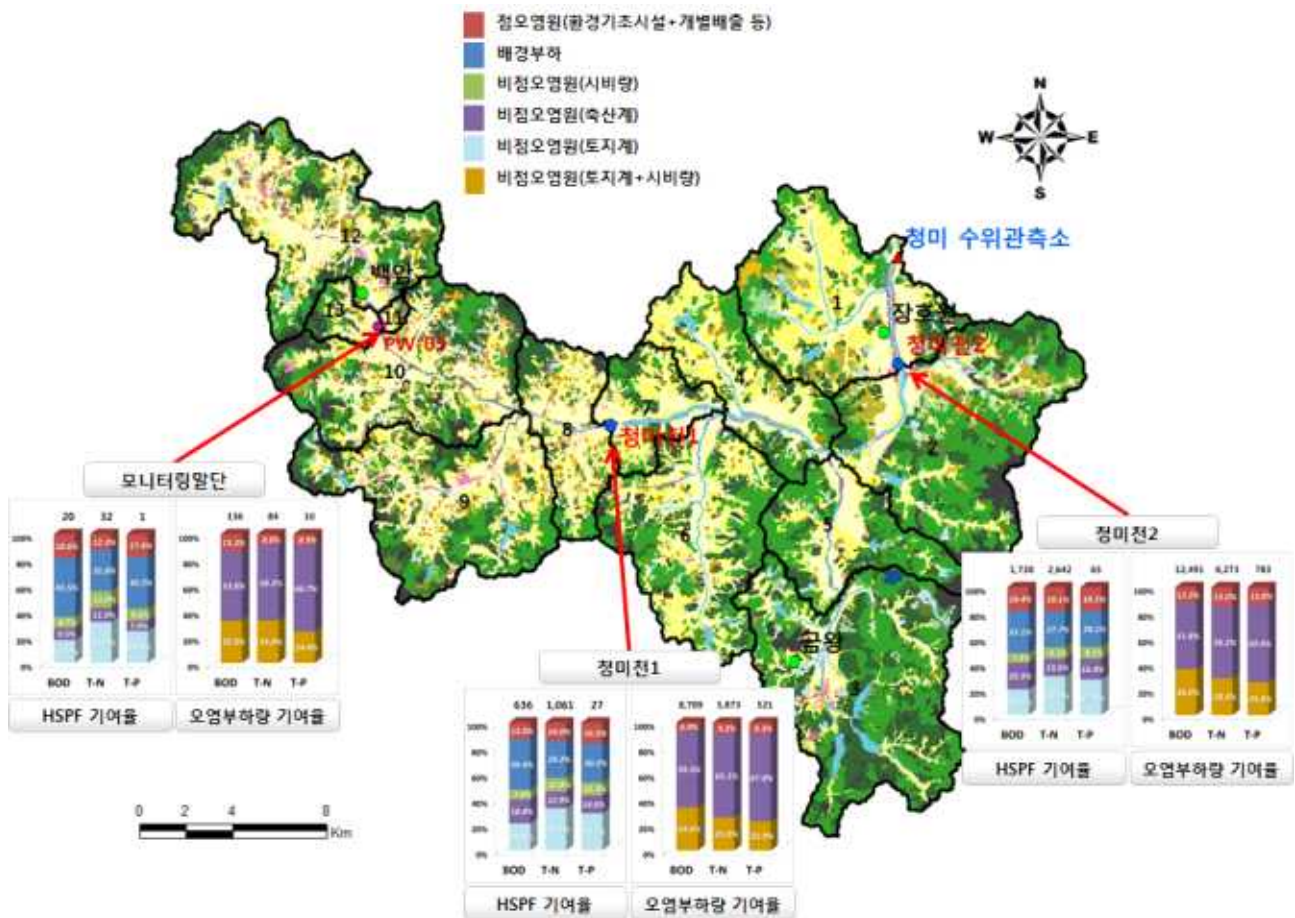
구분	정의	추출방법
점오염원	· 생활계, 축산계, 토지계, 산업계, 양식계, 매립계 점오염원	· 점오염원/총배출부하량
비점오염원(축산계)	· 축산계 비점오염원	· 비점오염원(축산계)/ 총배출부하량
비점오염원(축산계제외)	· 생활계, 토지계, 산업계, 양식계, 매립계 비점오염원	· 총배출부하-[점오염원+비점오염원(축산계)]

가. 청미천 유역 오염원별 기여도 분석

- 수질오염총량관리제도상의 배출부하량은 발생원에서 배출되는 양을 의미하며, 실제 하천으로 유입되는 양은 상대적으로 적은 양이며, 본 연구의 모델구축에도 수질오염총량관리도상에서 계산된 부하량중 하천으로 직유입되는 하수처리장을 제외한 점오염부하량의 경우 유달율을 고려하여 평가하였다.
- <표 3-197>에서 보는것과 같이 HSPF모의 결과 부하량과 배출부하량의 차이가 큰 것은 실제 하천으로 도달하는 양의 차이때문인 것을 다시 확인할 수 있다.
- 유역의 말단인 청미천2지점의 수질오염총량관리제도에 의해서 계산된 배출부하 기여율과 HSPF 모델에서 계산된 오염부하 기여율을 비교한 결과, T-P 기준으로 점오염원의 경우 HSPF결과가 18.5%로 수질오염총량관리제도에서 분석된 부하량 13.3% 높게 평가 되었다.
- 특히, 수질오염총량관리제도상의 배출부하량 비율중 가장 높은 비율을 차지하는 축산계비점의 경우 약 60.4%를 차지하였는데, HSPF모델에서는 16.4%로 평가되었다.
- 현재, 배출부하량중 가장 큰 비율을 차지하고 있는 것이 축산계비점으로 평가되고 있는데, 축산계 관리의 한계, 자원화에 의한 농지살포시 관리문제, 살포된 퇴·액비의 하천 도달문제, 축산업자의 무단방류 등 많은 불확실성을 고려하더라도 그 영향이 과대평가 된 것으로 평가할수 있다.
- 또한, 본 연구에서는 HSPF모델을 이용한 배경부하에 대한 기여율을 평가하였다. 하천의 유량에 미치는 항목으로 강우시 발생하는 표면유출, 강우와 함께 시작되어 강우이후에도 일정기간 영향을 미치는 중간유출, 그리고 평상시 하천으로 유입되는 기저유출로 구분할수 있는데, 기저유출로 유입되는 유량에 포함된 오염물질의 농도에 의해 계산된 값이다.
- 이는, 평상시 기저유출로 유입되는 농도가 낮더라도 유입되는 유량이 크기 때문에 차지하는 전체부하의 배경부하가 40.2%로 계산되었다. 이는 모델의 보정단계에서 지하수 농도의 정의에 대한 연구자간의 이견이 있을 수 있지만 유역내에서 제어하기 어려운 배경부하의 개념을 도입하여 정의하였다.
- 본 연구에서 제시한 기여율은 2013년도 강우조건에 한정된 결과이며, 강우조건이 달라질 경우 그 비율이 달라질수 있음을 밝혀둔다.

<표 3-197> 청미천 유역 오염부하 기여도 분석

구분	모니터링유역말단(kg/day)		청미천1(kg/day)		청미천2(kg/day)	
	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량	HSPF결과	배출부하량
점오염원	0.16 (17.4%)	0.86 (8.9%)	4.43 (16.5%)	37.13 (9.3%)	12.08 (18.5%)	108.19 (13.3%)
비점오염원(축산계)	0.07 (7.9%)	6.40 (66.7%)	3.77 (14.0%)	270.29 (67.8%)	10.68 (16.4%)	472.56 (60.4%)
비점오염원(토지계)	0.22 (24.9%)	-	7.83 (29.1%)	-	18.12 (27.8%)	-
비점오염원(시비량)	0.09 (9.6%)	-	2.78 (10.3%)	-	5.96 (9.1%)	-
배경부하	0.36 (40.2%)	-	8.13 (30.2%)	-	18.29 (28.1%)	-
비점오염합계	0.67 (74.6%)	2.34 (24.4%)	18.73 (69.6%)	91.09 (22.9%)	42.37 (65.1%)	202.07 (25.8%)



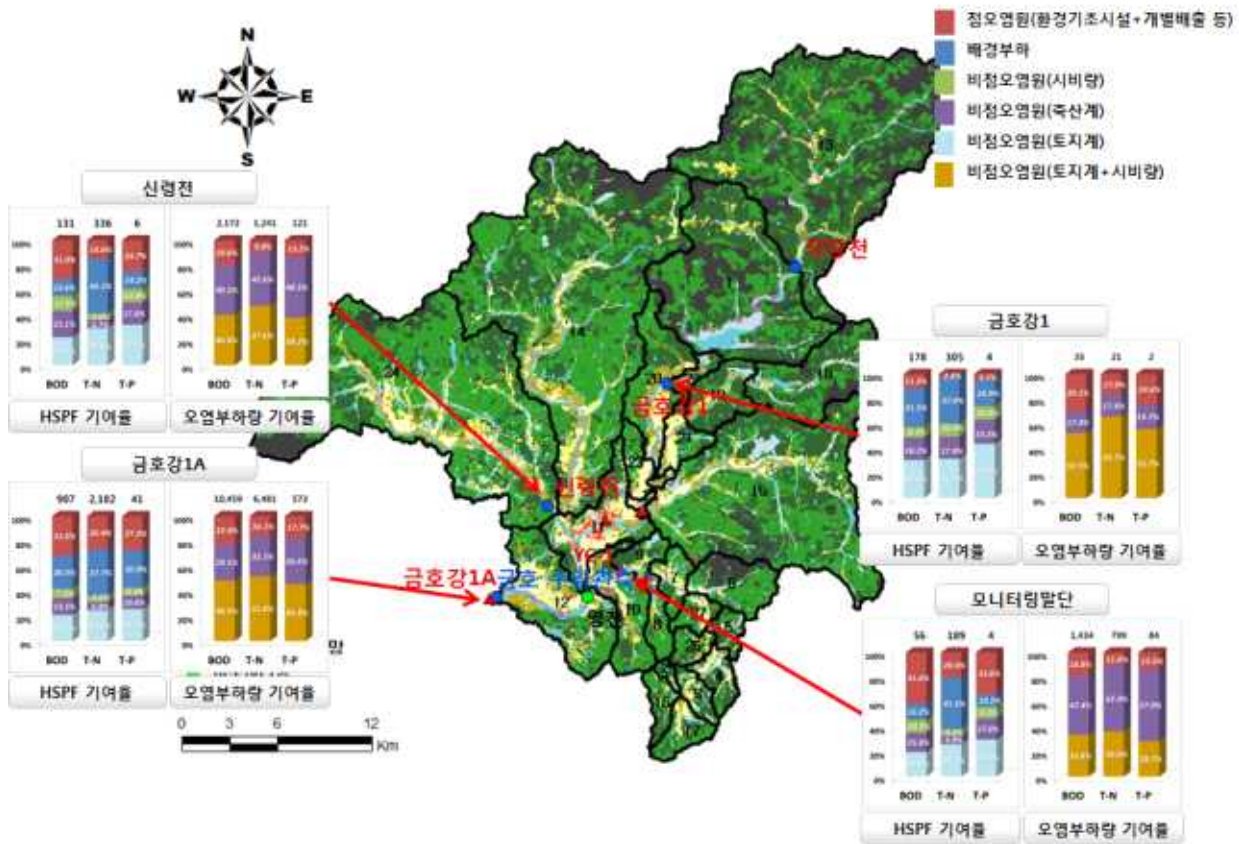
<그림 3-346> 청미천 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)

나. 금호강 유역 오염원별 기여도 분석

- 금호강 말단지점인 금호강1A의 경우에는 배출부하량이 축산비점오염원이 36.6%를 차지하고 있으며, 점오염원은 17.7%, 비점오염 부하량은 45.8%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.
- HSPF 모델을 이용하여 오염부하량을 평가한 결과, 금호강1A지점에서 점오염원이 미치는 영향은 27.3%, 축산계비점오염원의 영향은 10.6%, 배경부하를 포함한 비점오염 합계가 62.1%를 차지하고 있는 것으로 평가되었다.
- 청미천 유역과 마찬가지로 배출부하상 계산되는 오염부하기여율을 살펴보면 모델에서 계산된 부하량보다 월등히 높은 기여율을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

<표 3-198> 금호강 유역 오염부하 기여도 분석

구분	모니터링유역말단 (kg/day)		금호강1 (kg/day)		신령천 (kg/day)		금호강1A (kg/day)	
	HSPF결과	배출 부하량	HSPF결과	배출 부하량	HSPF결과	배출 부하량	HSPF결과	배출 부하량
점오염원	1.22 (33.6%)	11.36 (13.5%)	0.20 (5.1%)	0.43 (24.6%)	1.57 24.7%	15.94 (13.2%)	11.20 27.3%	101.20 (17.7%)
비점오염원(축산계)	0.62 (17.0%)	48.84 (57.9%)	0.74 (19.3%)	0.35 (19.7%)	1.13 17.8%	58.50 (48.5%)	4.36 10.6%	209.42 (36.6%)
비점오염원(토지계)	1.08 (29.9%)		1.69 43.8%		2.06 32.5%		10.59 25.8%	
비점오염원(시비량)	0.34 (9.3%)		0.42 10.9%		0.69 10.8%		2.59 6.3%	
배경부하	0.37 (10.2%)		0.80 20.9%		0.90 14.2%		12.30 30.0%	
비점오염합계	1.79 (49.4%)	24.18 (28.7%)	2.91 (75.6%)	0.98 (55.7%)	3.65 (57.5%)	46.10 (38.2%)	25.48 (62.1%)	262.02 (45.8%)



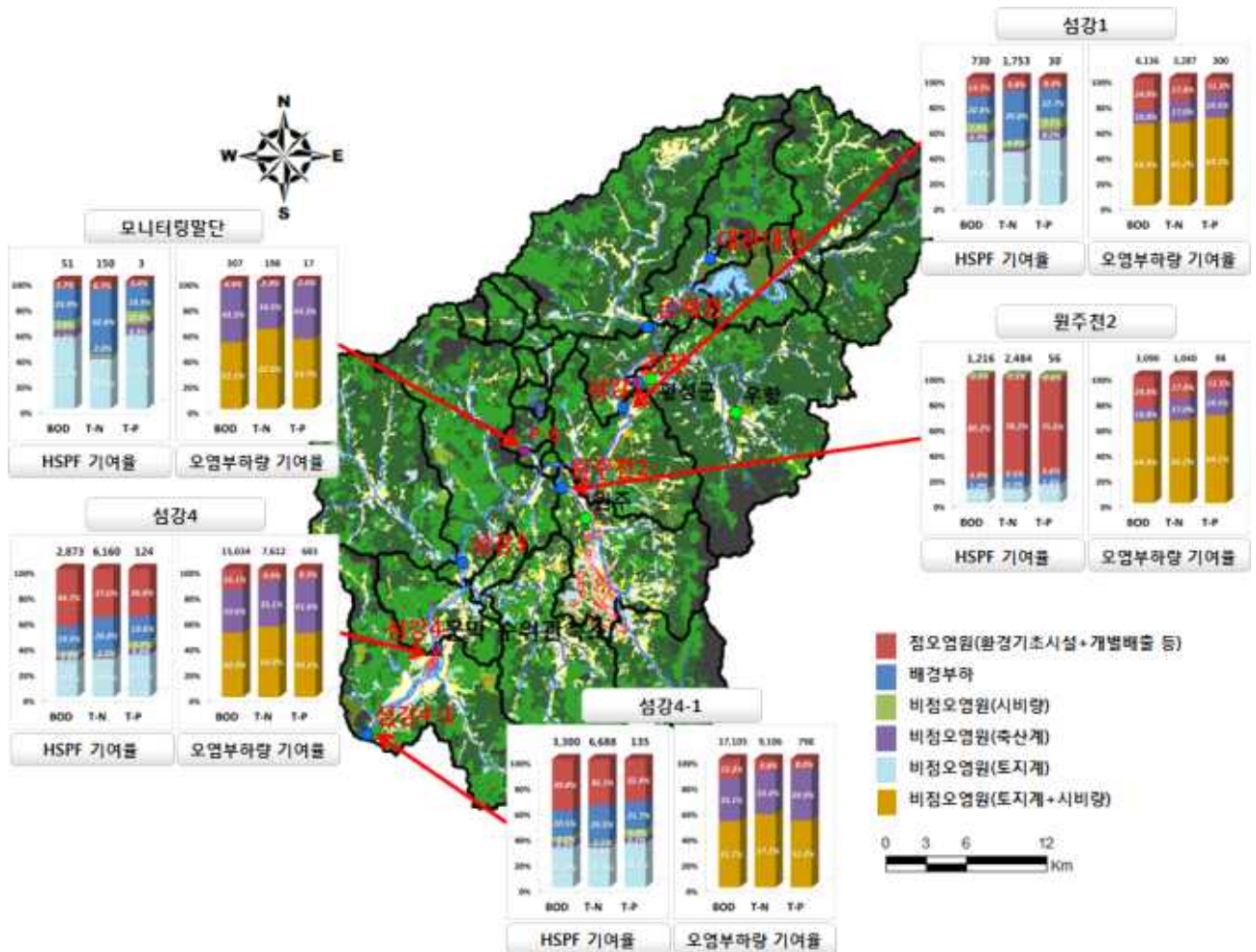
<그림 3-347> 금호강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)

다. 섬강 유역 오염원별 기여도 분석

- 일리천 말단지점인 섬강4-1의 경우에는 배출부하량이 축산비점오염원이 39.9%를 차지하고 있으며, 점오염원은 8.0%, 비점오염 부하량은 52.2%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.
- HSPF 모델을 이용하여 오염부하량을 평가한 결과, 금호강1A지점에서 점오염원이 미치는 영향은 32.9%, 축산비점오염원의 영향은 5.1%, 배경부하를 포함한 비점오염 합계가 62.0%를 차지하고 있는 것으로 평가되었다.
- 청미천, 금호강 유역과 마찬가지로 배출부하상 계산되는 오염부하기여율을 살펴보면 모델에서 계산된 부하량보다 월등히 높은 기여율을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.
- 타 유역에 비해 점오염부하 기여율이 높은 이유는 유달율이 고려되지 않은 원주하수종말처리장(시설용량: 130,000m³/day), 강원도 횡성군 횡성읍 읍상리에 횡성군하수종말처리장(시설용량:7,200m³/day), 강원도 횡성군 우천면 우항리에 우항하수종말처리장(시설용량:600m³/day)의 영향 때문이다.

<표 3-199> 섬강 유역 오염부하 기여도 분석

구 분	모니터링유역말단 (kg/day)		섬강1 (kg/day)		원주천2 (kg/day)		섬강4 (kg/day)		섬강4-1 (kg/day)	
	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량
점오염원	0.10 (3.6%)	0.30 (2.0%)	2.52 (8.4%)	28.42 (9.5%)	42.23 (75.6%)	11.21 (11.5%)	45.56 (36.8%)	56.82 (8.3%)	44.44 (32.9%)	63.58 (8.0%)
비점오염원 (축산계)	0.24 (8.9%)	7.28 (43.3%)	2.46 (8.2%)	154.02 (51.3%)	1.00 (1.8%)	19.02 (19.5%)	6.15 (5.0%)	284.24 (41.6%)	6.90 (5.1%)	317.99 (39.9%)
비점오염원 (토지계)	1.55 (57.7%)	-	15.47 (51.6%)	-	8.28 (14.8%)	-	40.95 (33.1%)	-	46.60 (34.5%)	-
비점오염원 (시비량)	0.27 (10.0%)	-	2.72 (9.1%)	-	1.18 (2.1%)	-	7.01 (5.7%)	-	7.89 (5.8%)	-
배경부하	0.53 (19.9%)	-	6.82 (22.7%)	-	3.14 (5.6%)	-	24.23 (19.6%)	-	29.26 (21.7%)	-
비점오염원합계 (축산계제외)	2.35 (87.6%)	9.21 (54.7%)	25.01 (83.4%)	117.58 (39.2%)	12.60 (22.6%)	67.53 (69.1%)	72.19 (58.3%)	317.99 (50.1%)	83.76 (62.0%)	416.36 (52.2%)



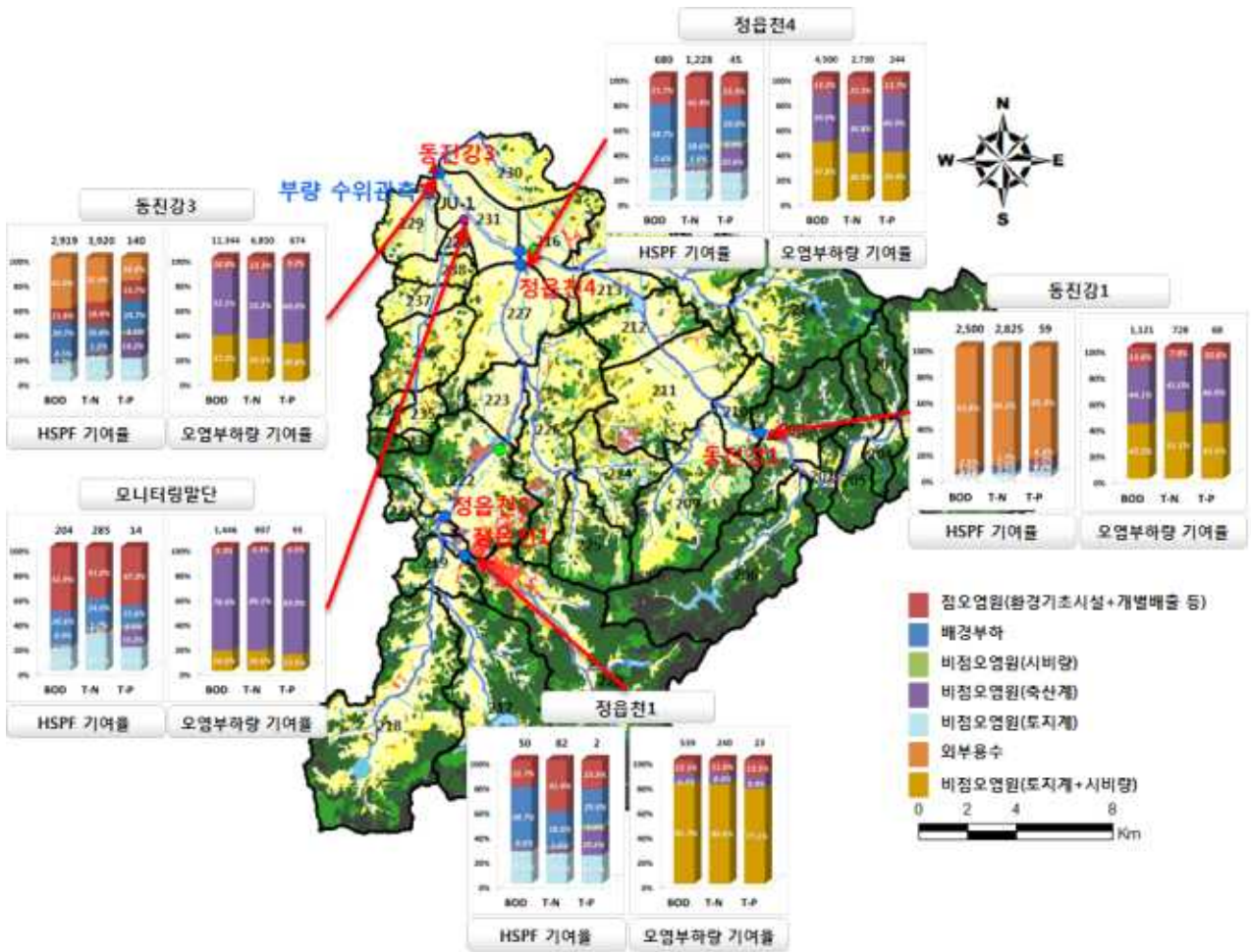
<그림 3-348> 섬강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)

라. 동진강 유역 오염원별 기여도 분석

- 동진강 유역을 해석하기 위해서는 타 유역과 다르게 섬진강에서 농업용수로 활용하기 위해 유입되는 외부용수가 유입되기 때문에 모델 구축단계부터 고려하였으며, 오염부하량 기여도 분석에도 포함하였다.
- 덕천천 말단지점인 모니터링유역말단의 배출부하량이 축산비점오염원이 83.0%를 차지하고 있으며, 점오염원은 3.5%, 비점오염 부하량은 13.5%를 차지하고 있는 것으로 분석되었다.
- HSPF 모델을 이용하여 오염부하량을 평가한 결과, 모니터링유역말단지점에서 점오염원이 미치는 영향은 47.3%, 축산계비점오염원의 영향은 15.0%, 배경부하를 포함한 비점오염합계가 37.7%를 차지하고 있는 것으로 평가되었다.

<표 3-200> 동진강 유역 오염부하 기여도 분석

구 분	모니터링유역말단 (kg/day)		정읍천1 (kg/day)		정읍천4 (kg/day)		동진강1 (kg/day)		동진강3 (kg/day)	
	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량	HSPF 결과	배출 부하량
외부용수	-	-	-	-	-	-	50.55 85.3%	-	25.81 18.4%	-
점오염원	6.87 (47.3%)	3.31 (3.5%)	0.30 (11.2%)	3.08 (13.5%)	10.63 (23.3%)	33.43 (13.7%)	2.54 4.3%	7.15 (10.6%)	22.09 (15.7%)	62.15 (9.2%)
비점오염원 (축산계)	2.18 (15.0%)	79.20 (83.0%)	0.64 (23.7%)	2.14 (9.4%)	9.39 (20.6%)	114.54 (46.9%)	2.28 3.8%	31.69 (46.9%)	26.93 (19.2%)	404.32 (60.0%)
비점오염원 (토지계)	2.84 (19.6%)	-	1.32 (49.2%)	-	10.58 (23.2%)	-	2.66 4.5%	-	26.56 (18.9%)	-
비점오염원 (시비량)	0.36 (2.5%)	-	0.15 (5.4%)	-	1.77 (3.9%)	-	0.42 0.7%	-	4.29 (3.1%)	-
배경부하	2.27 (15.6%)	-	0.28 (10.4%)	-	13.20 (29.0%)	-	0.80 1.3%	-	34.72 (24.7%)	-
비점오염합계 (축산계제외)	5.47 (37.7%)	12.88 (13.5%)	1.75 (65.1%)	17.62 (77.1%)	25.55 (56.1%)	96.26 (39.4%)	3.88 6.5%	28.71 (42.5%)	65.57 (46.7%)	207.55 (30.8%)



<그림 3-349> 동진강 유역 오염부하 기여도 분석(HSPF모델)

4. 경종·축산이 수계에 미치는 영향분석

가. 모델결과와 모니터링 결과 비교분석

1~2차 년도에 조사지점으로 선택한 지점을 보면 단위면적당 축산 사육두수가 상대적으로 낮은 지역으로 개별 돼지 축산농가가 위치하고 있는 유역이지만 수질에 영향을 미치는 정도가 미미한 수준이었다.

3차년도에는 축산의 밀집도가 높은 지역을 대상유역으로 선정하여, 모니터링을 실시하였으며, 모델의 규모도 국가측정망이 위치한 유역을 대상으로 적용하였다. 경종 및 축산계 오염원이 수질에 미치는 영향을 평가하기 위해서 축산계 비점오염 부하량은 현재 국가적으로 취합되는 형태를 보면 자원화 되는 것으로 평가된다. 따라서, 축산계에서 발생한 자원화 오염원의 경우 퇴·액비의 형태로 유역의 논과 밭에 시비되는 것으로 가정하여 적용하였다. 또한 농업활동에서 발생하는 시비량을 시군별로 조사하여 유역내 시비되는 것으로 가정하여 모델을 구축하여 평가하였다.

평가결과 비교적 유역하구에 있는 국가수질측정망에서 모델의 보정을 실시하여 대부분 관측수질을 잘 재현할 수 있도록 모델을 보정하였다.

하지만, 본 연구에서 상대적으로 축산의 밀집도가 높은 유역에서 모니터링 한 결과와 모델에서 모의된 결과를 비교한 결과 관측값이 높게 측정되었다. 이는 축산 밀집도가 높은 유역의 경우 우리가 오염원 상으로 정의되지 않는 별도의 오염원이 있다는 것을 의미한다. 축산이 밀집된 지역의 경우 강우가 발생할 경우 무단방류하는 경우도 모니터링 시에 확인되었으며, 자체 자원화시설을 운영하더라도 관리에 한계를 갖고 있는 것으로 평가할 수 있다.

나. 수계에 미치는 기여율 평가

수계에 미치는 영향을 평가하기 위해 위에서 언급한 방법으로 기여율을 평가한 결과 현재 국가적으로 계산하여 활용하고 있는 배출부하량에서 축산이 차지하는 비중이 유역별로는 다르지만 청미천, 금호강, 섬강, 동진강유역의 비중이 각각 60.4, 36.6, 39.9, 60.0%로 평가되었으나 모델결과는 월등히 작은 수준이었다. 뿐만 아니라 평상시 하천에 흐르는 유량에 기여하는 배경부하 등을 고려할 때 과도하게 평가되고 있다고 판단된다.

하지만, 축산계 오염원이 수질에 악영향을 미치고 있는 부분은 명확하며, 밀집도가 높지 않고 체계적인 관리가 이루어지고 있는 유역에서는 큰 문제가 되지 않지만, 밀집도가 높은 지역의 수질에 영향을 미치고 있다는 것을 확인하였다.

5. 축산비점오염원 최적관리방안 도출 및 경제성 분석

가. 축산비점오염원 최적관리방안

농림축산식품부에서는 「가축분뇨 자원화 증장기 대책(2013, 농림축산식품부)」으로 가축분뇨처리시설 확충, 고품질 퇴·액비 생산체계 구축, 사후관리 체계 강화, 가축분뇨법 등 제도개선 및 수요자 중심의 R&D 과제확대 등의 대책을 통하여 지속 가능한 친환경 축산업을 구현하기 위한 노력을 기울이고 있으며, 환경부에서는 「가축분뇨관리 선진화 종합대책(2012, 환경부) 가축분뇨관리 제도개선, 가축분뇨공공처리시설 설치사업 개선, 가축분뇨 배출시설 및 처리시설의 지도·점검 강화, 가축분뇨관리 조직 강화 등의 대책으로 가축분뇨 관리 및 규제를 강화하고 발생량을 줄이기 위한 노력을 하고 있다. 농림축산식품부와 환경부의 대책중에서 가축분뇨처리를 위한 가축분뇨 공공처리시설의 신설 및 증설 사업에 대한 생각은 동일하며 이를 다양한 방법으로 추진하고 있다.

본 연구에서는 대상유역중 하나인 동진강 유역을 대상으로 가축분뇨 공공처리시설의 신설 및 증설을 이용한 최적관리방안을 아래 표와 같이 가정하고 수질개선효과 및 경제성 분석을 실시하였다.

최적관리방안 1은 현재 새만금 2단계 수질개선대책의 공공축산분뇨처리장 보강 및 증설 사업에 대한 내용을 반영하였으며, 동진강 유역에서 현재 추진하고 있는 사업(2014~2020년 추진예정)이다. 동진강 유역의 축산계 오염부하량 저감을 위한 목적으로 정읍분뇨처리장의 처리용량을 70톤/일 증설될 예정이며, 정읍지역에서 개별처리되던 부하량을 가축분뇨공공처리장으로 이송처리하는 것으로 변경하여 부하량의 차이로 삭감량을 산정하여 모델에 반영하였다.

최적관리방안 2는 현재 가축분뇨공공처리시설로의 가축분뇨유입비율(새만금기준 27%)이 낮아 공공처리시설 유입비율을 확대하여 관리하는 방안으로 8천두의 돼지를 추가로 반영하여 유입비율을 확대하는 방안 이다. 축산분뇨의 공공처리시설 유입에 따른 소유역별 삭감부하량을 산정하여 모델에 반영하였다.

최적관리방안 3은 동진강 유역의 한우의 우분을 연료화하여 수질을 개선하는 방안으로 우분연료화에 따른 동진강 유역의 삭감부하량을 산정하여 모델에 반영하였다.

<표 3-201> 최적관리방안 선정(동진강유역)

No.	구 분	상세반영내용	비고
최적관리방안 1	정읍분뇨처리장 증설	처리용량 70톤/일 증설	
최적관리방안 2	가축분뇨 유입비율 증대	돼지 8천두 분뇨처리장처리	
최적관리방안 3	우분 연료화	한우 6천두 연료화	

나. 수질개선효과 및 경제성 분석

최적관리기법의 삭감부하량 및 예산은 「새만금 수질개선효과 정량화를 위한 모델 구축(Ⅲ)(2015, 국립환경과학원)」의 보고서를 준용하여 적용하였으며, 최적관리방안별 삭감부하량 및 예산은 아래 <표 3-202>와 같다.

새만금 수질개선효과 정량화를 위한 모델 구축(Ⅲ)(2015, 국립환경과학원)」에서 산정된 정읍분뇨처리장 증설의 예산은 120억 이며, 가축분뇨유입비율 증대사업은 보고서에서는 동진수계 돼지(32만두)에서 발생하는 가축분뇨의 유입비율을 확대하는 사업으로 소요예산은 54억원(안)으로 계획되어 있으나, 본 연구의 대상구역과 규모가 달라 돼지분뇨의 70톤/일 규모로 8천두(1.4억원)으로 산정하였다.

우분 연료화 사업 역시 동진수계 한우 14만두의 우분을 연료화하는 사업으로 472억원(안)으로 예산이 산정되어 있으나, 70톤/일의 규모로 6천두(20.2억원)으로 산정하였다.

「새만금 수질개선효과 정량화를 위한 모델 구축(Ⅲ)(2015, 국립환경과학원)」의 보고서에서는 최적관리방안 1의 정확한 규모 및 삭감량이 산정되어 있으나, 최적관리방안의 2, 최적관리방안 3에서는 대상구역 및 가축의 사육두수가 달라 예산 및 삭감부하량 산정에 있어 일정부분 한계성이 있다.

<표 3-202> 최적관리방안 개요

구분	반영내용	예산(억)	삭감 부하량(g/day)		
			BOD	T-N	T-P
최적관리방안 1	정읍분뇨처리장 증설	120	49,660.0	44,014.0	8,339.0
최적관리방안 2	가축분뇨유입비율 증대(돼지)	1.4	29,388.9	20,525.0	3,496.0
최적관리방안 3	우분 연료화(한우)	20.2	198,974.9	106,560.9	10,292.3

정읍분뇨처리장증설(70톤/일) 최적관리기법의 삭감부하량은 BOD는 49,660.0g/day, T-N는 44,014.0g/day, T-P는 8,339.0g/day 이며, 삭감부하량을 적용한 모델의 2010년~2015년의 평균수질개선효과는 아래 표와 같다.

T-N은 관리방안 적용전 3.116mg/L에서 2.909mg/L로 6.6%(0.207mg/L)의 개선효과가 나타났으며, T-P는 관리방안 적용전 0.111mg/L에서 0.108mg/L로 2.9%(0.003mg/L)의 개선효과를 보이는 것으로 분석되었다.

가축분뇨유입비율증대 최적관리기법의 삭감부하량은 BOD는 29,388.9g/day, T-N는 20,525.0g/day, T-P는 3,496.0g/day 이며, T-N은 관리방안 적용전 3.116mg/L에서

2.934mg/L로 5.8%(0.182mg/L)의 개선효과가 나타났으며, T-P 기준 관리방안 적용전 0.111mg/L에서 0.109mg/L로 1.4%(0.001mg/L)의 개선효과를 보이는 것으로 분석되었다.

우분연료화 최적관리기법의 삭감부하량은 BOD는 198,974.9g/day, T-N는 106,560.9g/day, T-P는 10,292.3g/day이며, T-N은 관리방안 적용전 3.116mg/L에서 2.841mg/L로 8.8%(0.274mg/L)의 개선효과가 나타났으며, T-P 기준 관리방안 적용전 0.111mg/L에서 0.106mg/L로 4.0%(0.004mg/L)의 개선효과를 보이는 것으로 분석되었다.

<표 3-204>에서 보는것과 같이 가축분뇨유입비율 증대하는 대책이 삭감부하량 대비 예산이 가장 적은 것으로 나타났으며, 우분연료화, 정읍분뇨처리장 증설 순으로 나타났다. 우분연료화 사업을 소 8,000두에 적용할 경우 가장 큰 삭감효과가 발생하여 수질개선에 도움을 줄 수 있는 것으로 평가되었다.

하지만, 그간 연구를 분석한 결과 축산비점오염을 감소시키는 대책은 지역별 사업별로 큰 비용차이를 보이고 있기 때문에 본 연구에서는 최근 수행된 「새만금 수질개선효과 정량화를 위한 모델 구축(Ⅲ)(2015, 국립환경과학원)」의 결과를 근거로 분석하였다. 우분연료화 사업의 예산은 당진시의 현대제철에 적용중인 사업안의 비용을 근거로 산정되었는데, 이 사업의 경우 용광로가 기존 가동되고 있는 시설을 활용한다는 측면에서 타 지역에 적용할 경우 큰 비용상승이 발생할 수 있다.

또한 가축분뇨유입비율 증대의 경우에도 미처리되고 있는 축분 및 뇨를 처리시설로 이동하여 추가처리한다는 개념으로 주변에 축산폐수 공공처리시설이 위치하고 여유처리분량이 있을 경우를 가정하여 산정한 비용으로, 만약 처리용량에 문제가 있다면 신설이나 증설을 고려해야 하는 경우에는 추가적인 비용이 발생할 수 있다.

기존, 농림축산식품부에서 적용하고자하는 가축분뇨관리방안을 분석해 보면 가축분뇨 처리시설 확충, 고품질 퇴·액비 생산체계구축, 사후관리 체계 강화, 제도개선, R&D확대 등의 대책을 갖고 있는 상황이다. 이들 대책중에서 적절하게 수질개선효과를 확인할수 있는 대책은 가축분뇨처리시설 확충과 고품질 퇴·액비 생산체계구축에 대해서 실시할수 있는 상황이나, 퇴·액비 생산체계구축의 경우 고품질화에 의한 수질개선효과에 대한 추가적인 연구를 통해 삭감효과에 대한 효율검증이 필요한 상황이다.

기존에 연구되고 평가된 자료를 바탕으로 수질개선효과에 대한 경제성을 분석한 결과 비용당 삭감효과는 가축분뇨 유입비율증대, 우분연료화, 처리장 증설 순으로 평가되었으며, 이 결과를 바탕으로 실제 수질개선대책을 적용할 경우에는 주변 여건을 면밀히 검토하여 적용하여야 한다.

<표 3-203> 정읍분뇨처리장 증설에 따른 연도별 수질개선효과

년도	관리방안 적용전			관리방안 적용후			개선효과		
	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
2010	1.866	3.286	0.125	1.842	2.996	0.121	0.024	0.290	0.003
2011	1.983	3.231	0.134	1.960	2.991	0.130	0.024	0.240	0.003
2012	2.144	3.281	0.126	2.119	3.088	0.122	0.025	0.193	0.004
2013	2.111	3.052	0.093	2.088	2.837	0.090	0.023	0.215	0.003
2014	2.044	2.871	0.091	2.023	2.701	0.088	0.021	0.171	0.003
2015	2.067	2.974	0.097	2.043	2.843	0.094	0.024	0.130	0.003
평균	2.036	3.116	0.111	2.013	2.909	0.108	0.023	0.207	0.003

<표 3-204> 가축분뇨 유입비율 증대에 따른 연도별 수질개선효과

년도	관리방안 적용전			관리방안 적용후			개선효과		
	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
2010	1.866	3.286	0.125	1.851	3.022	0.123	0.015	0.263	0.001
2011	1.983	3.231	0.134	1.968	3.016	0.132	0.016	0.215	0.001
2012	2.144	3.281	0.126	2.129	3.117	0.124	0.015	0.164	0.002
2013	2.111	3.052	0.093	2.097	2.861	0.091	0.015	0.191	0.001
2014	2.044	2.871	0.091	2.031	2.722	0.089	0.013	0.150	0.001
2015	2.067	2.974	0.097	2.051	2.867	0.096	0.016	0.107	0.001
평균	2.036	3.116	0.111	2.021	2.934	0.109	0.015	0.182	0.001

<표 3-205> 우분연료화에 따른 연도별 수질개선효과

년도	관리방안 적용전			관리방안 적용후			개선효과		
	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
2010	1.866	3.286	0.125	1.797	2.924	0.120	0.069	0.361	0.004
2011	1.983	3.231	0.134	1.916	2.923	0.129	0.067	0.308	0.004
2012	2.144	3.281	0.126	2.071	3.009	0.121	0.073	0.272	0.005
2013	2.111	3.052	0.093	2.045	2.769	0.088	0.066	0.283	0.004
2014	2.044	2.871	0.091	1.985	2.644	0.087	0.059	0.228	0.004
2015	2.067	2.974	0.097	2.001	2.779	0.093	0.066	0.195	0.004
평균	2.036	3.116	0.111	1.969	2.841	0.106	0.067	0.274	0.004

제 7 절 국내·외 축산비점오염 관리정책 및 제도분석

1. 국내 수질대책 및 현행수질관리제도

가. 국내 수질대책 개요

과거 국내 수질대책은 전국단위 수질보전대책으로서 1989년 "맑은물 공급종합대책²⁾"을 시초로 볼 수 있다. 하지만, 1991년 낙동강, 영산강 수질악화 및 폐놀오염사고 및 1994년 낙동강 유기용제 사고 등의 수질문제를 계기로 1996년부터 약 10년간 “수질관리개선대책(1994, 총리실)”을 수립하였다. 한편, 1990년대 후반에 들어서도 시화호, 새만금, 4대강 식수원 오염문제 등 다양한 수질 문제가 대두 되어, 정부는 1998년부터 5개년간 총 420여회의 토론회 및 공청회를 거쳐 “4대강 물관리 종합대책”을 수립하였으며, 이에 대한 법적인 근거를 마련하기 위하여 1998년 “한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률”, 2002년 7월 “금강, 낙동강, 영산강 수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률” 등의 특별법을 각각 제정·시행하였다. “4대강 물관리종합대책”은 기존의 수질대책에 대한 분석과 수계의 상·하류 공영정신으로 바탕으로 수립되었으며, 성공적인 목표달성을 위해 수계별 수질오염총량관리제도, 수변구역제도(4대강 유역 총 1,130.58km²), 물이용금부담금제도, 상수원지역 주민 지원 및 토지매수제도 등의 물관리 정책을 도입하였다. 그러나, 그간 추진해온 “4대강 물관리종합대책”은 건강한 생태계를 원하는 국민의 요구를 반영하지 못하는 한계성을 나타내어, 생태적으로 건강하고 하천과 유해물질로부터 안전한 물환경 조성을 목표로 “물환경관리 기본계획”을 수립하였다. 이렇듯 국내 수질대책은 기존의 문제해결 정책에서 적극적인 생태계 관리정책으로 전환되고 있다.

<표 3-206> 국내 수질 정책의 변화(환경부, 2014)

정책	일시	내용
맑은 물 공급 종합대책	1989년 9월	<ul style="list-style-type: none"> 수돗물 수질오염이 사회문제화 되면서 수립 수질보전특별대책지역'지정(팔당호, 대청호)
맑은 물 공급종합대책 수정	1993년 7월	<ul style="list-style-type: none"> 낙동강 폐놀오염사고를 계기로 수정(1991)
수질관리개선대책	1994년 1월	<ul style="list-style-type: none"> 낙동강 유기용제 사고를 계기로 수립(1994) 시화호문제, 새만금 문제, 4대강 식수원 오염문제 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책(1998. 11)
4대강 물 관리종합대책	1998년	<ul style="list-style-type: none"> 시화호문제, 새만금 문제, 4대강 식수원 오염문제 등 한강수계 상수원 수질관리 특별종합대책(1998. 11) 낙동강수계 물관리 종합대책(1999.12) 금강 및 영산강 수계 대책(2000. 10) 특별법 제정·시행(한강 1999. 낙동강·금강·영산강 2002)
물환경관리 기본계획	2006년 9월	<ul style="list-style-type: none"> 4대강 물 관리 종합대책의 보완 필요성 오염물질 관리 위주의 물 관리 정책에서 생태적 건강성을 추구하는 관리대책으로 전환 도모

2) “맑은물 공급종합대책” 사업의 일환으로 1989년부터 1996년까지 2조 1,600억원이 투자되어 하수처리장 등이 건설되었으며, 1990년 7월 팔당호, 대청호 지역이 “수질보전특별대책지역”으로 지정됨(한국의 환경, 2007, 환경부)

나. 현행수질관리제도

(1) 물환경관리 기본계획

“물환경관리 기본계획”은 물환경관리, 수생태계 보전을 위한 정부 최상위 계획으로서 유역별, 지자체별로 수립하는 중·소권역 수질보전계획이며, 수질환경보전법 제24조(대권역 수질보전 기본계획의 수립)규정에 의한 10년 단위 법정계획으로서, 하천, 호소, 연안수계등 전국토의 물환경 개선을 위한 국가기본 방침이다. 계획의 목표는 생태적으로 건강한 하천과 유해물질로부터 안전한 물을 확보하는 것으로서 세부적인 목표는 아래와 같이 크게 3가지로 나눌 수 있다.

- 전국 하천의 85%를 ‘좋은 물’ 이상으로 개선
- 인공적으로 훼손된 전국 하천의 25%를 자연형 하천으로 복원
- 상수원 상류 수변지역의 30%를 수변생태벨트(Riverine Ecobelt)로 조성

“물환경관리 기본계획”의 기본 이념은 첫째, 국민건강 보호와 지속가능성으로서 국민건강과 생태적 안정성에 최우선을 두는 정책이다. 즉, 개발과 보전의 조화를 통한 지속가능한 제도기반을 구축하는 것이다. 둘째, 참여와 통합성으로서 하천 발원지로부터 하구까지 전유역의 특성을 통합적으로 고려하여, 대권역·중권역·소권역별 참여형 유역관리 모델을 정착하는 것이다. 마지막으로, 환경정의와 남·북 및 국제협력으로서, 환경적 약자를 배려하는 물환경 정책을 추진하고, 물 관리와 이용에 있어 사회적 형평성을 제고하며, 탄탄하고 미래지향적인 물환경 기술과 여건을 확충하는 것이다. 이러한 “물환경관리 기본계획”의 주요내용 및 기존 수질대책과의 차이점은 아래와 같다.

물환경 기본계획 주요내용	
<ul style="list-style-type: none"> • 생태적으로 건강한 물환경 조성 • 전체수계의 위해성 관리체계 강화 • 수질환경기준 및 평가기법의 선진화 • 호소·연안·하구지역의 물환경정책 강화 • 수질오염총량관리제도 본격 시행 및 정착 • 비점오염원과 가축분뇨에 대한 체계적 관리시스템 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 물순환구조 개선 및 수요관리 강화 • 환경기초시설 투자 합리화 및 효율 증진 • 물환경정책 관리체계 강화 • 과학적 물환경관리 기반 구축 • 전문인력 양성 및 교육 홍보 강화 • 재정 투자의 효율화(사회적 형평성 증진)

<표 3-207> 물환경관리 기본계획의 특징

기존 수질관리대책	2015 수질관리대책
<ul style="list-style-type: none"> • 안전한 먹는물 확보 • 상수원 중심 • 선진적 제도의 도입 • 비점오염원, 가축분뇨 관리 시작 • 수질관리 중심의 유역관리 체계 	<ul style="list-style-type: none"> • 수생태계의 건강성, 유해물질로부터의 안전 • 하천·호소·연안의 전국토 관리 • 제도의 내실화 및 발전 • 비점오염원, 가축분뇨의 본격적 관리 • 유역통합관리체계 구축

※출처: 물환경관리 기본계획(환경부, 2006)

(2) 물이용부담금제도 및 수계관리기금

“물이용부담금제도”는 4대강 물관리종합대책의 일환으로 오염총량제, 수변구역제도, 상수원지역 지원 및 토지매수제와 함께 시행된 제도이다. 4대강유역의 상·하류지역이 고통과 비용을 분담하는 공영(WIN-WIN)정신에 입각하여 상수원 상류지역에서의 수질개선 및 주민지원사업을 효율적으로 추진하기 위한 재원을 마련하기 위하여 자원으로부터 이익을 얻는 자들은 자원손실비용과 함께 자원 및 이와 관련된 서비스의 완전한 비용을 지불해야 한다는 사용자부담원칙(The User Pays Principle : UPP)에 근거하여 도입 하였으며, 공공수역으로부터 취수된 원수를 직접 또는 정수하여 공급받는 최종수요자에게 물 사용량에 비례하여 부담하고 있다. 물이용부담금의 톤당 요율은 환경부장관과 관계 시·도지사, 수자원공사 사장 등으로 구성되어 있는 수계관리위원회에서 결정되며 징수된 물이용부담금을 재원으로 4대강 수계별 수계관리기금이 설치되었고, 수계관리위원회가 동 기금을 관리하게 되었다.

수계관리위원회
<p>수계관리기금을 관리하는 수계관리위원회는 4대강 유역관리를 위한 대표적 의사결정기구로서 다수의 자치단체가 걸치는 유역을 효율적으로 관리하기 위하여 수계별로 설치되었다. 수계관리위원회는 환경부장관을 위원장으로, 수계별로 관계 시도지사, 한국수자원공사 사장 등 물관련 기관의 장을 위원으로 하여 구성된 공법인으로 수질개선을 위한 <오염물질삭감계획>, 물이용부담금의 부과 및 징수, 기금의 운용·관리, 토지매수, <주민지원사업 계획> 및 민간수질감시활동의 지원에 관한 사항 등에 대한 협의 조정 기능을 수행한다.</p> <p>수계관리위원회는 주요 유역관리정책에 대하여 시·도지사로 하여금 관할지역 주민, 시민단체 등의 의견을 수렴하여 수계관리위원회에 참여함으로써 유역민들의 합리적인 의사가 반영되도록 하고 있다. 위원회는 또한 유역내 물문제 등에 대한 실무적인 검토 조정과 위원회 운영 등에 대한 전문적인 자문을 위하여 관계 시도 실무국장급으로 구성된 '실무위원회' 및 주민, 사회단체, 전문가 및 업체대표들로 구성된 '자문위원회'를 구성 운영하고 있다.</p>

<표 3-208> 물이용부담금 징수실적

(단위 : 백만원)

구분	2004이전	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
총계	1,704,329	551,348	616,549	663,134	717,057	728,391	756,315	810,775	828,160	833,344
한강	1,232,837 (80~120원)	304,326 (130원)	337,907 (140원)	362,800 (150원)	386,266 (160원)	397,652 (160원)	403,584 (160원)	430,860 (170원)	443,187 (170원)	444,701 (170원)
낙동강	277,780 (100~120원)	139,979 (120원)	158,546 (140원)	166,813 (140원)	186,040 (150원)	184,527 (150원)	193,799 (150원)	212,033 (160원)	210,640 (160원)	210,615 (160원)
금강	104,126 (110~130원)	60,270 (140원)	68,725 (150원)	75,972 (160원)	80,820 (160원)	83,729 (160원)	89,748 (160원)	94,637 (160원)	99,184 (160원)	101,932 (160원)
영산강	89,586 (110~130원)	46,773 (140원)	51,371 (150원)	57,549 (160원)	63,931 (170원)	62,483 (170원)	69,184 (170원)	73,245 (170원)	75,149 (170원)	76,096 (170원)

※()는 톤당 부과금액

※출처: 환경백서(환경부, 2014)

수계관리기금은 1999년 8월 한강수계기금 설치를 시작으로 2002년 7월 까지 3대강 수계관리기금 설치가 마무리되었으며, 2003년부터 수계기금에 의한 수질개선사업과 주민지원사업이 본격적으로 시행되었다. 2006년 기준 4대강 수계에서 총 6,427억 원의 기금이 조성되어 주민지원사업에 1,320억 원, 토지매수사업에 1,711억 원, 환경기초시설 설치사업에 1,436억 원, 환경기초시설 운영비에 1,150억 원, 기타수질개선사업에 703억 원, 기금관리비 및 홍보사업비 등으로 107억 원이 사용되었으며, 수계관리기금의 주요사업은 아래와 같다.

- 환경기초시설 설치·운영
- 주민지원사업
- 환경기초조사연구
- 오염하천정화사업
- 퇴적물준설사업
- 수변녹지조성 관리사업
- 오염총량관리사업
- 청정산업의 지원
- 비점오염저감사업
- 민간단체 수질보전활동지원
- 토지등의 매수
- 상수원관리지역 관리

(3) 수질오염총량제

수질오염총량관리제는 과학적 근거를 바탕으로 하천구간별 목표수질을정하고, 그 목표수질을 달성하기 위한 오염물질의 배출총량을 산정하여 유역에 속한 지방자치단체별로 할당함으로써 각 구간내에서 배출되는 오염물질의 총량을 허용총량 이내로 관리하는 제도이다. 수질오염총량제는 기존의 농도중심의 유역관리로는 하천의 환경기준 달성에 한계가 있음에 따라 오염부하총량을 통제하기 위하여 도입되었다. 수질오염총량제는 1998년 ‘팔당호등한강수계상수원 수질관리특별종합대책’을 수립하면서 한강 임의제 오염총량제가 처음 도입된 이후 1999년~2000년 낙동강 등 3대강 종합대책을 통해 3대강의무제 오염총량제가 도입되었으며, 이후 4대강 특별법 제정 등을 통해 제도적인 기반을 구축하였다. 2004년 8월 낙동강 수계의 부산 및 대구광역시를 시작으로 2014년 6월 현재까지 전국 120개 지자체(시행계획·수질개선사업계획 수립 지자체 수)에서 오염총량관리제를 실시하고 있다. 총량관리대상물질로서는 4대강수계는 BOD와 총인을 대상으로 하고 있으며, 진위천 수계는 BOD만을 대상으로 하고 있다.

<표 3-209> 물환경관리 기본계획의 특징

구 분		대상물질
한강수계(2013~2020)		BOD, T-P
낙동강, 금강, 영산·섬진강수계	1단계(2004~2010)	BOD
	2단계(2011~2015)	BOD, T-P
진위천수계(2012~2020)		BOD

※출처: 유역관리정책(환경부, 2013)

<표 3-210> 수질오염총량제 기관별 역할

기관	역할
환경부장관	수계대표지점 관리를 위한 시·도경계지점 목표수질을 설정
특별시장, 특별자치시장, 광역시장, 도지사	시·도 경계지점의 목표수질을 달성하기 위한 관할지역내 목표수질을 설정한 후, 지자체별 할당부하량 및 삭감계획 등을 포함한 기본계획을 수립
특별시장, 특별자치시장, 광역시장, 시장, 군수	기본계획에 따라 개발사업 할당 등을 포함한 연차별 시행계획을 수립
지방환경관서의 장	매년 시장·군수가 전년도 이행사항을 평가하여 제출하는 이행평가 보고서를 검토하여 원활한 제도시행



<그림 3-350> 수질오염총량제 시행절차

(4) 수변구역제도

수변구역제도는 하천으로부터 일정구간을 수변구역((Riparian Buffer Zone)으로 지정하여 관리함으로써, 하천의 인접한 지역에서 발생하는 오염물질을 관리하는 제도이다. 현재 수변구역은 4대강수계에 걸쳐 총 1,196.7km²에 지정되어 있으며, 수계별로는 한강수계 186.9 km², 낙동강수계 338.4km², 금강수계 372.8km², 영산강수계 298.6km²가 수변구역으로 지정되어 있다. 수변구역으로 지정된 지역에서는 음식점, 숙박시설, 목욕탕, 공장, 축사 등 오염부하가 큰 수질오염원에 대하여 신규입지를 제한하여 국민의 안전한 생활용수를 확보하기 위하여 노력하고 있다.

<표 3-211> 수계별 수변구역 지정기준

구 분	범 위	하천으로부터의 거리		
		1km	500m	300m
한 강	남한강, 북한강, 경안천	특별대책지역과 중복지역	특별대책지역과 중복되지 않는 지역	-
낙동강	상수원으로 이용되는 댐 및 그 상류	-	○	-
금 강	상수원으로 이용되는 댐 및 그 상류	댐 및 특별대책지역내 금강본류	특별대책지역 외 금강본류	특별대책지역 의 제1지류 (주민동의 필요)
영산강	상수원으로 이용되는 댐 호소 및 그 상류의 본류와 제1지류		○ (제1지류는 주민동의 필요)	-

(5) 토지매수제도

토지매수제도는 수변구역 지정 등 행위제한으로 불이익을 받는 주민들의 재산권 회복과 수질개선을 위해서 수계관리기금을 이용하여 수변구역 등 상수원 수질영향이 큰 지역과 수변생태계 복원에 필요한 지역의 토지나 건축물을 매수하는 제도이다. 매수한 토지는 하천생태계와 육상생태계를 연결하는 수변녹지로 조성하여 상수원 수질개선에 기여하며, 관련법령은 아래와 같다.

- 한강수계 상수원 수질개선 및 주민지원 등에 관한법률
- 금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제8조(토지등의 매수)
- 낙동강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제8조(토지등의 매수)
- 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한법률 제8조

<표 3-212> 수계별 토지매수 및 수변생태벨트 조성현황(2013년 기준)

구 분	토지매수		수변생태벨트	
	면적(km ²)	금액(억)	면적(천m ²)	금액(억)
합 계	51,187	15,174	11,763	1052
한 강	11,111	8,856	2,496	357
낙동강	11,650	2,276	4,251	363
금 강	13,754	1,376	1,387	112
영산강	14,672	2,666	3,629	220

※출처: 환경백서(환경부, 2014)



<그림 3-351> 토지매수 절차(한강유역환경청)

(6) 상수원관리지역 지원제도

상수원관리지역 지원제도는 상수원 지역에 대한 수질관리 기준 강화정책에 따라 상류지역의 개발사업이 일정 부분 제한됨으로써 발생하는 상류지역 거주민의 사회경제적 손실을 보상하기 위한 지원제도이다. 지원제도의 주요내용은 소득증대사업, 복지증진사업, 오염물질정화사업 으로 구성되어있으며, 사업별 주요내용은 아래와 같다.

- 소득증대사업

주민소득 증대사업으로 농기구 수리시설, 생산품 공동저장소, 농로, 농업용수로, 농업용양수장, 농작물 재배시설, 임산물 재배시설 등 농림수산업 관련시설과 분뇨분리 구조로의 축사 개선, 톱밥 등 수분조절재 공동구입, 공동 퇴비화 시설의 설치 등 축산업 관련시설 설치 등에 대한 지원

- 복지증진사업

상수도 시설, 수세식 화장실, 소규모 도로 등 주민편익 시설과 주민의 건강진단, 진료소의료기구 및 구급차 등 의료관련 시설설치에 대한 지원 및 노인회관·마을회관·가로등·어린이놀이터 및 버스승차 대기장 등 사회복지 관련 시설 등의 설치

- 오염물질정화사업

마을단위 오수처리시설, 개별농가의 분뇨처리시설 또는 생활오수처리시설, 축산폐수의 정화처리 또는 자원화를 위한 시설 등 오염물질 정화시설과 우·오수 분류식 하수관거 설치 및 상수원관리지역의 지정으로 환경규제기준이 강화되어 다른 지역보다 오염물질의 정화비용이 추가로 소요되는 경우 해당 소요비용에 대한 지원

한편, 상수원지역 지방자치단체 지원책으로 환경기초시설 설치·운영비 중 일부를 수계관리기금에서 지원하는데, 이는 환경개선특별회계에서 지원하는 하수처리시설, 고도처리시설, 하수관거 등의 시설설치·운영사업 지방비 부담분을 수계관리기금으로 지원함으로써 자치단체의 재정부담 완화와 환경기초시설의 설치·운영 촉진을 통해 상수원 수질개선을 도모하기 위함이다.

<표 3-213> 상수원관리지역 지원 현황

구 분	2004년 이전	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
총 계	5,057,493	1,201,877	411,452	398,203	396,961	464,120	496,070	506,835	610,148	571,827
주민지원	1,490,056	439,791	144,482	134,085	122,959	135,722	133,775	126,352	126,125	126,765
환경기초시설	3,567,437	762,086	266,970	264,118	274,002	328,398	362,295	380,483	484,023	445,062

2. 축산비점오염원 관리정책

수질에 영향을 미치는 오염원은 오염물질의 배출형태에 따라 점오염원과 비점오염원(non-point source)으로 구분된다. 점오염원은 생활하수·산업폐수·축산폐수 등 일정한 배출경로를 가진 오염원이며, 비점오염원은 도시, 도로, 농지, 산지, 공사장 등 불특정 장소에서 빗물과 함께 수질오염물질을 배출하여 정확한 배출경로를 알 수 없는 오염원을 말한다. 이러한 비점오염원은 배출지점을 알 수 없어 관리가 어려우며, 오염원의 배출량은 강우량에 크게 좌우되어 정략적인 관리가 어려운 현실이다.

최근 비점오염원이 4대강 수계에 미치는 영향을 조사한 결과 BOD 오염부하의 경우 2003년 전체부하량의 52.6% 수준 이었으나 2010년 68.3%로 15.7% 증가하였으며, 도시화 및 개발면적의 증가 등으로 2020년에는 72.1%로 증가될 전망이다(환경부, 2014). 그간 국내 수질대책은 점오염원 위주의 수질대책으로 시행되어 왔으나, 이러한 비점오염원의 확대에 인하여 국무총리실 및 환경부 등 7개 부처 합동으로 ‘4대강 비점오염원관리 종합대책(2004년)’을 수립하여 제도개선, 비점오염물질 처리시설 시범설치 및 관리, 조사·연구 및 홍보 등으로 나누어 체계적인 비점오염원 관리를 시행하였다. 이러한 비점오염원관리 종합대책에 따라 환경부는 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」을 개정(2005년)하여 국가 및 지방자치단체에 비점오염원 관리책임을 부여하였으며, 대규모 개발사업 및 폐수배출시설에 대한 비점오염저감시설 설치를 의무화하는 비점오염원 설치신고 제도를 도입했다. 또한, 도시기본계획, 환경영향평가, 산림법령 등과 관련된 총 27개 법규 및 지침에 비점오염원 관리를 반영하여 지속적인 친환경 토지이용을 도모하였다.

본 절에서는 다양한 국내수질대책 및 제도중 가축분뇨의 관리·이용대책(2004년), 수질오염총량제, 지역단위 양분총량제, 비점오염원관리지역 지정제도, 가축분뇨 자원화시설과 같은 축산 비점오염원과 관련된 사항을 조사하고 기존의 수질대책과 통합연계 할 수 있는 방안을 모색하였다.

<표 3-214> 오염원별 특성비교

구분	점오염원	비점오염원
배출원	<ul style="list-style-type: none"> • 공장, 생활하수, 분뇨처리장, 가두리양식장 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 논, 밭, 임야, 대지, 도로, 대기중의 오염물질 등
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 인위적 • 배출지점이 특정 • 한 지점으로 집중적 배출 • 자연적 요인에 영향을 적게 받음 • 차집 용이, 처리효율 높음 	<ul style="list-style-type: none"> • 인위적 및 자연적 • 배출지점이 불특정 • 희석, 확산되면서 넓은 지역으로 배출 • 계절에 따라 변화가 심하여 예측이 힘들 • 차집 곤란, 강우의 영향이 커 처리효율 일정치 않음

가. 가축분뇨 관리·이용 대책

기존의 가축분뇨 관리 및 이용의 경우 농림부는 개별농가 위주의 지원(76,092 농가·시설에 9,645억원 지원)을, 환경부는 공공처리 지원(공공처리시설 75개소에 4,833억원 지원)에 중점을 두고 정책을 추진하였다. 하지만, 가축분뇨 관리 및 이용에 있어 부처간 연계 부족 및 중복투자, 행정의 비효율성 등의 문제 등이 표출되어, 정부는 2004년 양부처의 업무가 연계된 종합대책인 가축분뇨 관리·이용 대책을 수립하였다.

수립된 가축분뇨 관리·이용 종합대책의 목표는 가축분뇨 이용을 확대하여 자원순환형 친환경축산 기반을 구축하고, 가축분뇨 적정처리로 하천 수질을 I~II급수로 개선하는 것이었으며, 이러한 목표를 달성하기 위해 크게 3가지 기본방향을 설정하였으며, 세부내역은 아래와 같다.

- 가축사육 단계에서 분뇨 발생을 최소화
- 발생한 가축분뇨는 최대한 퇴·액비로 자원화 하되 잔여량은 적정하게 정화처리
- 자원화된 비료의 유통·공급체계 확립 및 퇴·액비로 생산된 농산물 판매 확대를 기본 방향으로 설정

① 가축분뇨 발생량 감축

지역단위 양분총량제 도입, 특별관리지역(생활환경 및 수질환경보전지역)의 가축 사육제한, 과밀사육 억제 등을 실시

② 자원화를 위한 친환경축산 진흥

친환경축산직불제 실시, 친환경사료 보급 확대를 위한 사료성분기준 강화, 친환경축사 설치 지원 등을 추진

③ 가축분뇨 자원화 촉진

가축분뇨 자원화 시설 설치에 대한 지원비율을 조정하고, 지역별로 차등화 지원(매년 482억원). 가축분뇨 가격경쟁력을 위해 유기질비료 가격보조를 지속적으로 확대 및 퇴·액비 품질 향상·안전성 제고·유통 활성화를 추진하며, 지역단위 통합관리센터 시범사업(80억원) 등을 실시

④ 공공 및 개별 처리시설 관리 강화

공공처리 자원화 시범 사업을 추진하고, 공공처리시설 신규설치 및 개선을 지원(매년 400억원), 공공처리시설 가동률을 향상(80% 목표). 개별 축산농가의 방류수 기준을 강화 및 축산농가 지도·점검 등 관리를 강화.

⑤ 친환경농산물 생산·유통·활성화

퇴·액비를 이용하여 생산한 친환경농산물 인증을 활성화하여 소비자 수요 확대를 유도하고, 친환경농업지구 조성사업을 확대하며, 친환경농산물 이용 확대 분위기 조성

⑥ 가축분뇨 관리제도 개선

현행 규제 및 관리중심의 제도를 가축분뇨 이용촉진 중심의 제도로 전환하기 위한 제도개선으로 「가축분뇨관리 및 이용에 관한 법률」 마련

한편, 이러한 다양한 정책을 통하여 가축분뇨를 관리함에도 불구하고, 축산비점오염원 관리에 있어 어려움을 겪는 부분이 있다. 일반적으로 가축분뇨시설 구분은 규제대상시설과 규제미만시설로 나뉘며, 규제대상시설은 허가 및 신고대상시설로 나뉘어 진다. 허가 및 신고시설의 경우 단독 또는 공동으로 축산폐수처리시설을 설치하여 폐수를 처리하여야 하며, 신고미만의 경우 발생하는 축산폐수는 농가자체에서 퇴비화 하거나 시·군·구에서 운영하고 있는 축산폐수 공동처리시설에서 처리하여야 한다.

하지만, 일부 규모가 작고 영세한 신고이하 소규모 축산농가에서 폐수를 적정처리 하기에는 과도한 비용부담으로 작용하고 있으며, 신고미만 농가는 축산폐수 처리시설 설치의무가 없기 때문에 분뇨는 농경지로 환원하더라도 액상폐수는 축사 밖으로 무단방류하는 사례가 다수 발생하고 있어 제도적인 보완이 필요하다. 더불어, 일부 축산분뇨 자원화시설의 경우 관리부실로 운영능력이 미흡한 실정이며, 처리용량보다 가중된 부하로 처리효율이 떨어진 시설 역시 있다. 마지막으로, 신고미만의 경우에서 다수 발생하는 경우로 지붕과 유출방지막이 없는 축사에서 강우시 다량의 비점오염이 발생하고 있는 실정이다. 이러한 비점오염원의 좀더 체계적인 관리를 위하여 농림수산식품부와 환경부는 합동으로 “축산분뇨처리시설 설치지원 기준보완 및 장·단기 지원계획 수립”, “축산퇴비(액비)의 농경지 살포기준 보완” 등의 과제를 추진하고 있다. 하지만, 비점오염원의 보다 효율적인 저감을 위해서는 정책적인 발전과 함께 축산농민들의 비점오염 교육을 통하여 자발적인 비점오염원 줄이기 노력이 필요하다.

나. 수질오염총량제

앞절에서 언급한바와 같이 수질오염 총량제는 과학적 근거를 바탕으로 하천구간별 목표수질을 정하고, 그 목표수질을 달성하기 위한 오염물질의 배출총량을 산정하여 유역에 속한 지방자치단체별로 할당함으로써 각 구간내에서 배출되는 오염물질의 총량을 허용총량 이내로 관리하는 제도이다. 오염원은 점오염원, 비점오염원으로 구분지며, 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계 등 총 6개 그룹에 대하여 시행중이다.

수질오염총량제의 경우 크게 오염원의 조사, 오·폐수 발생유량 산정, 발생부하량 산정, 배출량 산정, 수질모델링, 오염부하량 할당 등으로 구분 지을 수 있다. 본 과업과 연관성이 있는 축산계의 경우 행정구역별 축산 현황 및 전망, 배출원별 축산 현황 및 전망을 조사하며, 장래가축두수 전망시에는 축산단지 조성계획 등을 반영하여 산정한다. 이렇게 조사된 오염원 조사를 토대로 축산계 오·폐수 발생유량을 산정하며 세부 산정식은 아래와 같다.

- 축산폐수발생유량 = Σ (축종별사육두수 \times 축종별축산폐수발생유량원단위)
- 축산고형물발생유량 = Σ (축종별사육두수 \times 축종별축산고형물발생유량원단위)
- 축산계발생유량 = 축산폐수발생유량 + 축산고형물발생유량

<표 3-215> 축종별 발생유량 원단위

(단위:m³/두/일)

구분	젖소	한우	말	돼지	양·사슴	개	가금
합계	0.0456	0.0146	0.0097	0.0086	0.0007	0.0011	0.00008
폐수 발생유량	0.0259	0.0065	0.0043	0.0074	0.0005	0.0008	0.00000
고형물 발생유량	0.0197	0.0081	0.0054	0.0012	0.0002	0.0003	0.00008

※출처: 수질오염총량관리기술지침(국립환경과학원, 2014)

발생부하량의 경우 축종별 사육두수에 발생부하 원단위를 곱하여 산정되며 세부적인 산정식은 아래와 같다.

- 축산폐수발생부하량 = Σ (축종별사육두수 \times 축종별축산폐수발생부하원단위)
- 축산고형물발생부하량 = Σ (축종별사육두수 \times 축종별축산고형물발생부하원단위)
- 축산계발생부하량 = 축산폐수발생부하량 + 축산고형물발생부하량

<표 3-216> 축종별 발생부하량 원단위

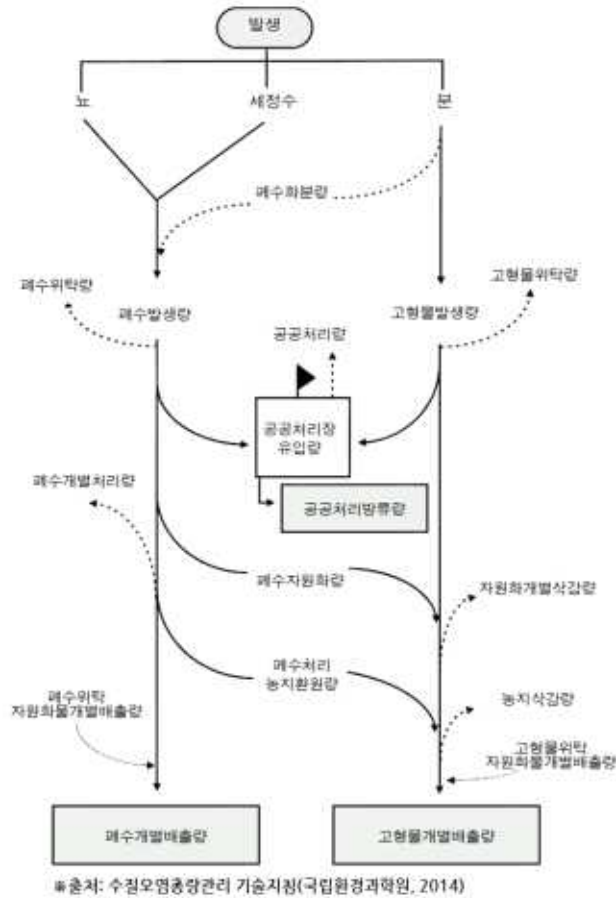
(단위:g/두/일)

구분	구분	젖소	한우	말	돼지	양·사슴	개	가금
BOD	합계	556	528	259	109	10	18	5.2
	폐수	117	67	30	32	3	4	0
	고형물	439	461	229	77	7	14	5.2
T-N	합계	161.8	116.8	77.6	27.7	5.8	8.4	1.1
	폐수	63.5	40.0	26.7	14.9	4.2	5.4	0
	고형물	98.3	76.8	50.9	12.8	1.6	3.0	1.1
T-P	합계	56.7	36.1	24.0	12.2	0.9	1.6	0.4
	폐수	10.7	3.5	2.3	3.3	0.2	0.3	0
	고형물	46.0	32.6	21.7	8.9	0.7	1.3	0.4

※출처: 수질오염총량관리기술지침(국립환경과학원, 2014)

배출량 산정은 배출유량과 배출부하량(BOD, T-N, T-P)으로 구분지어 산정하며, 정확한 산정을 위해서는 축산계의 배출경로를 명확히 이해하여야 한다. 축산계의 배출경로의 개념은 <그림 3-3>와 같으며 세부적인 내역은 다음과 같다.

- 축산계 배출원은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 대분하여 각 구역에서 축종, 법적규제 규모 및 개별처리 유형별로 세분
- 오염물질의 배출성상은 액상의 폐수와 고형물로 세분
- 개별축사에서 오염물질 배출경로는 환경기초시설 및 위탁처리시설로의 이송, 개별처리, 농지환원, 개별배출로 세분
- 환경기초시설로 이송된 폐수와 고형물의 배출경로는 처리 후 공공수역으로의 직접방류와 병합처리시설로의 연계처리로 구분
- 위탁처리시설로 이송되어 자원화물로 농지 등에 살포처리 또는 폐수 처리되는 배출경로는 자원화과정 또는 축산폐수처리과정과 동일하며 최종살포지역에서 배출
- 관거이송식 처리구역의 경우 관거로 유입된 오염물질의 배출경로는 생활계의 배출경로와 같이 관거저류변화, 관거누수, 관거월류, 관거이송, 간이공공처리방류, 방류로 세분



<그림 3-352> 축산계 오염물질 배출구조

다. 양분총량제

양분총량제는 가축분뇨의 발생을 작물 재배에 필요한 양분허용량과 연계하여 관리하는 개념으로서, 가축분뇨 관리제도 개선을 위하여 농림부와 환경부가 현재 관련 연구용역을 추진 중이다. 관련연구로서는 “양분총량제 도입기반 마련(2014)”로서 현재 농촌경제연구원에서 수행중이며, “지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안 연구(2005)”가 수행되었다. 양분총량제의 가장 중요한 핵심은 양분수지로서 농경지 내에 투입되는 양분총량에서 농작물 생산을 통해 제거 되는 양분총량을 뺀 값이다. 즉, 양분수지가 높으면 농경지로 투입되는 양분량이 많으며, 낮으면 농경지로 투입되는 양이 작은 것으로서 환경오염의 간접지표로 이용하고 있다. 국내의 양분수지의 경우 질소는 OECD 국가 중 가장 높은 수치를 보이고 있는 실정이다. 연도별 변화를 살펴보면 1990년을 전후로 양분수지의 변화양상이 눈에 띄는 것을 확인할 수 있다. 1990년 이전의 경우 질소수지의 증가는 주로 화학비료에 의하여 이루어 졌지만, 1990년 이후의 경우 가축분 증가에 기인하고 있다(장병춘 등, 2008). 다시 말해 국내양분수지의 증가는 화학비료가 감소하였음에도 불구하고, 가축분뇨의 증가로 인하여 높아진 것으로서 축산분야에 문제점을 야기하고 있는 것이다. 최근 수행되고 있는 “양분총량제 도입기반 마련” 연구를 통하여 국내에 적합한 지역단위 양분총량제가 시행될 경우 현재 축산계에서 발생하는 비점오염원이 감소할 것으로 예측되어 진다.

라. 비점오염원관리지역 지정제도

비점오염원에서 유출되는 강우유출수로 인하여 하천·호소 등의 이용목적, 주민의건강·재산이나 자연생태계에 중대한 위해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 지역에 대하여 비점오염원 관리지역으로 지정하여 관리하는 제도로써 2007년 8월부터 시행하고 있다. 비점오염원관리지역으로 지정고시되는 대상지역은 아래와 같으며, 관리지역으로 고시되면, 지역의 특성에 따른 환경친화적 개발 및 대상 수질오염물질의 발생을 억제하는 예방대책과 오염물질을 처리하는 저감시설의 설치·운영 등과 같은 저감대책과 관리방안을 마련하여야 한다.

- 환경정책기본법 시행령 제2조의 하천 및 호소의 수질에 관한 환경기준에 미달하는 유역으로 유달부하량 중 비점오염기여율이 50% 이상인 지역
- 비점오염물질에 의하여 자연생태계에 중대한 위해가 초래되거나 초래될 것으로 예상 되는 지역
- 인구100만 이상의 도시로서 비점오염원관리가 필요한 지역
- 산업입지 및 개발에 관한 법률에 따른 국가산업단지, 지방산업단지로 지정된 지역으로 비점오염원관리가 필요한 지역
- 지질·지층구조가 특이하여 특별한 관리가 필요하다고 인정되는 지역
- 그밖에 환경부령으로 정하는 지역

현재 비점오염원 저감시설 시범설치 사업으로서 도시지역, 도로변, 농경지 배수구, 주차장, 산림지역 등과 같은 토지이용 형태별, 수계별로 비점오염저감시설을 설치·운영하고 있다. 이러한 비점오염원관리지역의 지정제도가 축산계 비점오염원과의 직접적인 영향성을 파악하기는 어렵지만, 자연현상에 큰 영향을 받는 비점오염원의 특성상 전혀 무관하다고 판단되어 지지는 않는다. 이와 비슷한 제도로써 “비점오염원 설치신고제도”가 있으며, 이는 2006년 4월부터 일정규모 이상의 개발사업 및 비점오염 유발가능성이 큰 사업장의 경우 비점오염원 설치를 신고하고, 저감시설을 설치하는 제도가 있다. 개발사업의 목록중 폐기물처리시설, 분뇨처리시설 및 축산폐수 공공처리 시설의 설치 등 축산계와 연관성이 있는 개발사업역시 포함되어 있으며, 세부 대상사업 내용은 아래와 같다.

- 도시의 개발사업
- 산업입지 및 산업 단지의 조성사업
- 에너지 개발사업
- 공항의 건설사업
- 수자원의 개발사업
- 도로, 철도의 건설사업
- 하천의 이용 및 개발사업
- 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업
- 개간 및 공유수면의 매립사업
- 관광단지의 개발사업
- 산지의 개발사업
- 특정 지역의 개발사업
- 체육시설의 설치사업
- 폐기물 처리시설, 분뇨처리시설 및 축산폐수 공공처리 시설의 설치
- 국방·군사시설의 설치사업

※출처: 비점오염원관리지역 지정제도(환경부, 2011)

비점오염원 관리와 관련하여 이외에도 개발부문, 도시부분, 농업부분, 산림부분, 도로부분, 하천부분, 기타사업 부분등 다양한 저감대책을 위한 연구과제가 추진중이며, 제도가 시행중이다. 축산계의 비점오염 저감을 위하여 농림수산식품부와 환경부의 많은 노력에도 불구하고 과거의 경우 부처간 연계부족 및 중복투자, 행정의 비효율성 등의 문제 등이 표출되어 성과가 미비한 수준 이었다. 하지만, 개선된 정책의 경우 지속 가능한 친환경 축산업 구축을 위하여 자연순환농업 기반 구축의 필요성을 제기 하였으며, 그 일환으로 가축분뇨를 폐기물의 개념에서 자원으로 전환하여 관련제도 등을 시행중이다. 이러한 축산관련 정책들이 과거와 같이 양분화 되지 않고 상호협력 간에 이루어진다면 국내 축산비점오염원은 감소할 것으로 판단되어 진다.

3. 가축분뇨 관리 및 처리의 문제점 분석

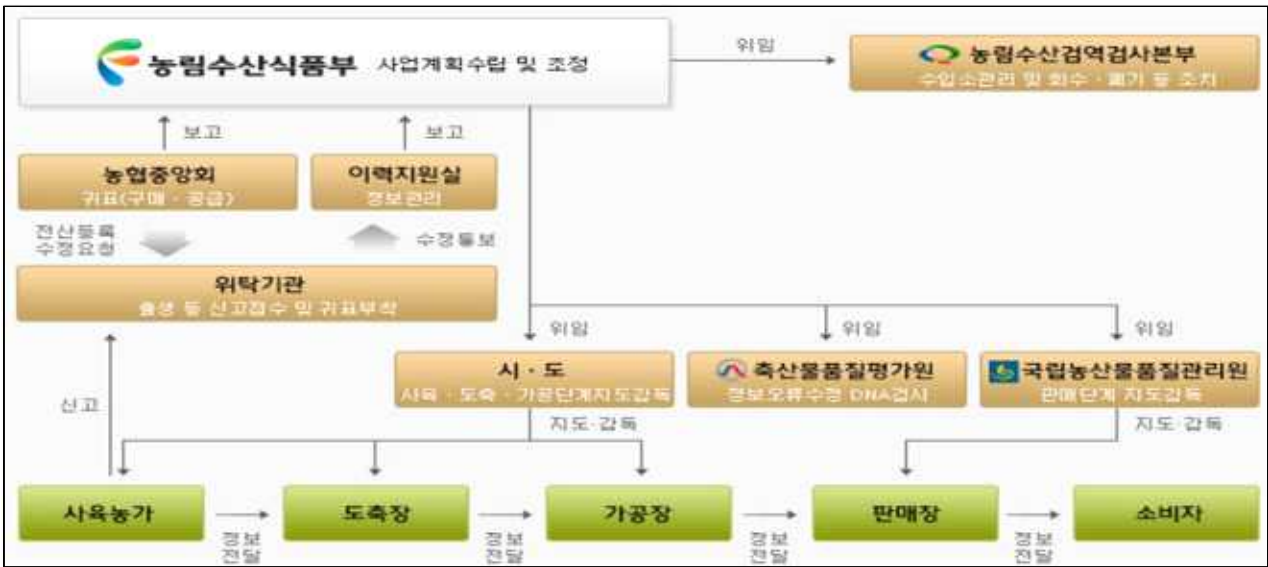
가. 가축오염원 조사

현재의 가축오염원 조사의 문제점을 주요 축종별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 한우 및 젖소

한우 및 젖소는 개체식별번호(쇠고기 이력제 : 소의 출생에서부터 도축·가공·판매에 이르기까지의 정보를 기록·관리하는 제도)부여를 통해 관리하고 있기 때문에 오염원 조사시 다른 축종에 비하여 정확한 사육두수를 산출할 수 있다. 그러나 가축분뇨처리방법의 경우 크게 자체 퇴비화 후 경작지에 살포하거나, 자체 용량 초과시 재활용업체에 위탁하여 처리함에 따라 분뇨처리형태의 정확한 조사가 어려움이 있다.

쇠고기 이력제는 사육단계에서 출생신고(등록내용 : 송아지 출생시 위탁기관에 서면으로 신고하고 귀표부착, 귀표부착 후 이력추적시스템에 정보입력), 양도·양수, 폐사 관련하여 소의 양도, 양수, 폐사시 위탁기관에 신고되며, 기존 소(2008.12.22이전에 가지고 있는 소)도 위탁기관에 신고하여야 한다.



<그림 3-353> 쇠고기 이력제의 사업추진체계

(2) 돼지

소에 비하여 사육기간이 6개월로 짧고 사육형태에 따라 1개월, 3개월 사육하게 되며, 모돈을 키우는 대규모 농장의 경우 모돈의 임신기간은 114일 정도이다. 새끼돼지의 젖을 펴 후 7~10일이면 다시 발정이 오게 되며, 1회 출산에 평균 10두 내외의 새끼돼지를 낳게 된다.

1년을 기준으로 약 2.9~3회 정도 출산하기 때문에, 조사시점에 따라 돼지 사육두수의 편차가 크게 발생할 수 있고, 또한 비육돈, 육성돈, 후보돈, 웅돈 등 사육 목적별로 다양한 돼지를 키우고 있는 경우에는 사육기간에 따라 타 농장으로 이동이 빈번하기 때문에 정확한 사육두수를 산정하기에는 어려움이 있다.

돈분의 분뇨처리 방법이 다른 축종에 비하여 다양하며, 그 방법으로는 퇴비, 액비, 자가정화처리, 공공처리, 재활용업체 위탁 등이 있다. 대규모 양돈 농가의 경우 자체적인 정화처리 시설, 퇴비, 액비 시설을 갖추고 있는 반면, 중소 규모의 농가들은 대부분이 자체 퇴비 또는 위탁(액비)을 통해서 돈분뇨를 처리하고 있다. 돈 분뇨의 다양한 처리형태로 인하여 돈 분뇨 발생량 및 처리량을 통계적으로 조사하기에는 어려움이 있다.

농가 규모나 처리업체의 시설상의 차이로 인하여 균질한 퇴비, 액비 생산이 이루어지고 있지 않음에 따라 오염부하량 원단위 적용시 많은 오차의 원인이 되고 있다.

(3) 가금

가축 중에서 가장 짧은 사육기간을 가지고 있고, 육계의 경우 평균 30일 정도, 오리의 경우 45일 정도 사육하여 시장에 판매되고 있다.

가금은 다른 축종에 비하여 계절적인 변화에 영향을 많이 받는 축종으로 오염원 조사시기에 따라 사육두수 변동폭이 매우 크기 때문에 실제 사육두수를 산정하기에 가장 어려움이 많은 축종 중의 하나이다.

한우와 같이 분뇨처리방법은 계분은 모두 퇴비화되고 있으며, 자체 퇴비화 후 인근 농경지에 살포하거나 재활용업체에 위탁처리 됨에 따라 정확한 계분의 처리량을 산정할 수 없다.

나. 가축분뇨 처리방법의 문제점

일반적인 가축분뇨 처리방법은 한우 및 가금류는 퇴비화, 돼지는 퇴비화, 액비화, 정화처리 등으로, 축종 및 처리방법별 문제점은 다음과 같다.

(1) 돼지

돼지 분뇨의 처리는 고액분리를 원칙으로 하며, 분은 퇴비화, 뇨는 액비정화처리, 공공처리장 가축분뇨처리 등으로 처리하여야 한다.(해양투기는 2012년 1월부터 전면 금지되었다.) 돈분은 수분을 많이 포함하고 있어 악취가 많이 발생하고 있고 처리방법이 다양하다.

돼지 사육농가의 분뇨처리에 대한 관심도와 시설물의 고도화 유무에 따라 배출되는 퇴비, 액비의 가치가 크게 차이가 나고 있는 실정이다. 농림식품부가 2010년도에 발표한 “가축분뇨 발생량 및 자원화 추진실적³⁾”을 살펴보면 우리나라 ‘10년 발생량 중 4,029만톤(86.6%)이 퇴·액비로 자원화되고, 415만톤(9.0%)은 정화처리, 107만톤(2.3%)이 해양투기, 기타(자연증발) 102만톤으로 발표하였다.

이중 정화처리와 해양투기는 대부분이 돈분에 해당되며, 정화방류의 경우 양돈농가 사육두수의 8% 적용(농협중앙회 자료)하여 산정하였기 때문에 정확한 처리량이라고는 할 수 없다.

이렇듯 가축분뇨 발생량 및 처리량이 불명확한 자료가 나올 수밖에 없는 이유로는, 하폐수공공처리장에서 발생하는 슬러지는 올바로시스템(<http://www.wms-net.or.kr>)을 통해서 관리하고 있어 발생부터 처리까지 현황을 알 수 있는 반면, 가축분뇨는 이러한 시스템이 구축되어 있지 않기 때문에 발생 및 처리량에 대한 정확한 자료를 산출하는데 어려움이 있다. 현재 축산계 관련 오염원 조사는 읍, 면의 축산통계 담당자나 축산부서의 담당자에 거의 의존하고 있는 실정이다.

읍, 면 축산 담당자는 가축통계조사, 가축동향조사, 전국오염원조사 등 일부 조사내용 및 조사시기가 다른 비슷한 조사를 여러 번 반복하게 되고, 전국오염원조사는 축사면적, 개별처리유형(폐수, 고형물), 환경기초시설현황 등의 전문적인 내용이 포함되면서 자료 입력을 어려워하고 있다. 관련부서마다 오염원 자료의 변화가 크며, 오염원 변동사항이 많아, 일정

3) 가축분뇨 발생 및 자원화 추진실적('06~'10), 2011, 농림수산식품부

기점(매년 12월 31일 기준)으로 조사의 어려움이 따른다.

오염원 조사 시 배출경로에 대한 판단 기준이 애매하고, 배출경로에 대한 전수 조사는 인력 및 시간상의 문제로 담당 공무원의 업무로는 정확도를 높이기가 힘들다.

(2) 한우 및 젖소

한우와 젖소에서 발생하는 분뇨는 일반적으로 수분이 적은 관계로 분뇨에 왕겨나 톱밥을 혼합하여 퇴비사에 보관하여 처리하고 있다.

다른 축종과 달리 악취발생이 적은 축종으로 악취로 인한 민원은 다른 축종에 비하여 적게 발생하고 있다. 처리방법은, 농가 자가처리의 경우 퇴비화된 퇴비를 주변 경작농가에 살포하는 형태를 보이고 있으며 자가처리 후 퇴비처리가 어려울 경우 퇴비재활용업체에 위탁 처리하는 형태를 보이고 있다. 일반적으로 우분은 비료로서의 가치가 가장 적어서 재활용업체에서 퇴비생산시 계분, 돈분과 혼합하여 퇴비로 생산하고 있다.

소규모 농가의 경우 양질의 퇴비생산에 관심이 없어서 주변농가나 자신의 농지에 퇴비를 살포함에 따라 또 다른 수질오염원이 될 우려가 있다. 우분(牛糞)의 처리방법은 일반적으로 퇴비화, 위탁처리(재활용업체)로 나눌 수 있다. 자체 퇴비화의 경우 적정기간 부숙시킨 후 경작지에 살포하게 되며, 위탁처리의 경우 재활용업체에서 계분, 돈분 등과 혼합해서 비료 생산 후 판매하게 된다.

(3) 가금

계분은 비료로서 가치가 높아 고품질의 퇴비를 만들 수 있다. 계분은 자체 퇴비화 후 경작지 살포, 재활용업체 위탁 후 비료로 판매되는 단순한 처리 형태를 보이고 있다. 대부분의 재활용업체에서 계분의 공급을 선호하고 있으며, 발생되고 있는 가축분뇨 중 가장 수질 환경에 영향이 적은 것으로 조사되고 있다.

계분(鷄糞)의 처리방법은 일반적으로 퇴비화, 위탁처리(재활용업체)로 나눌 수 있다. 자체 퇴비화의 경우 적정기간 부숙시킨 후 경작지 및 과수원, 밭에 살포하게 되며, 위탁처리의 경우 재활용업체에서 우분, 돈분 등과 혼합해서 비료로 생산하여 판매한다.

(4) 가축분뇨 처리방법별 문제점

가축분뇨 처리방법은 축종별로 다소 차이는 있지만, 크게 공공처리, 퇴비화, 액비화, 정화처리, 위탁처리의 5가지 방법으로 나눌 수 있다. 가축분뇨공공처리시설을 통한 공공처리의 경우 법적 기준에 적합하게 운영되고 있기 때문에, 가축분뇨공공처리 시설을 제외한 4가지 방법에 대한 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

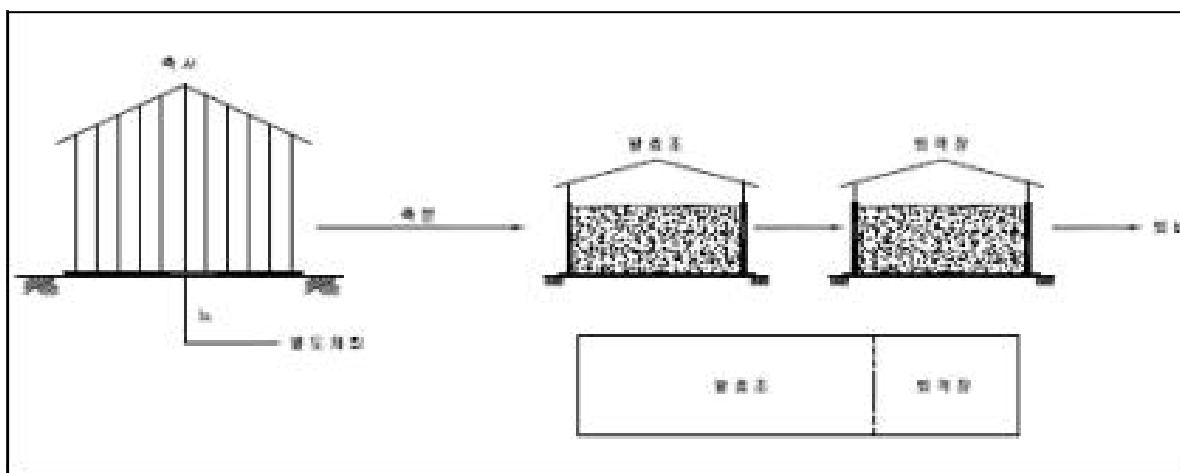
<표 3-217> 가축분뇨 처리방법별 문제점

처리방법	문제점
퇴비화	대부분 가축사육농가가 양질의 퇴비 생산에 관심이 없음 비료성분이 적고 살포시 많은 인력이 필요 부숙도 판정기준이 없기 때문에 품질확보가 어려움
액비화	액비의 환경적 적정 부숙도 기준이 없어 양질의 비료확보가 어려움 경작지 과다 살포시 비점오염원으로 유출되어 수질오염 초래 액비살포를 위한 농경지 확보에 어려움이 있음 액비의 계절적 수요로 별도 저장시설이 추가적으로 필요
정화처리	가축분뇨처리를 위한 전문인력의 확보가 어려움 가축분뇨처리장 설치 및 운영관리 비용이 농가에서 자체적으로 부담하기에는 어려움 가축분뇨 유입수가 시기별, 계절적으로 편차가 크기 때문에 안정적인 처리효율 확보가 어려움 가축분뇨처리장 방류수가 하천으로 직 방류되기 때문에 적정 방류수 확보가 안될 경우 수질오염에 직접적으로 영향을 미칠 우려가 있음
위탁(재활용업체)	가축분뇨 수질, 운반, 판매 과정에 대한 과정이 명확하지 않음 업체별 수거농가가 대부분 결정되어 있지 않기 때문에 가축분뇨의 반입량 편차가 매우 큼 소규모 재활용업체에 의한 미숙성 퇴비의 살포 및 수거된 가축분뇨의 무단적치 등으로 인하여 수질오염에 영향

각 처리방법별 적용대상, 공정개요, 운전용량 등을 정리하면 아래와 같다.

(가) 퇴비사

축사에서 고액분리된 축분을 수분조절재(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 퇴비사 시설의 발효조로 운반하여 호기성균을 이용 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장에서 2차 발효를 실시한다. 적용대상은 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 500두(700m²) 미만의 사육규모, 닭의 경우 10,000수 미만의 사육규모에 적합하다. 공정은 전처리(고액분리) → 발효조(호기성 발효) → 퇴적장 → 퇴비이용



<그림 3-354> 퇴비사의 처리 공정도

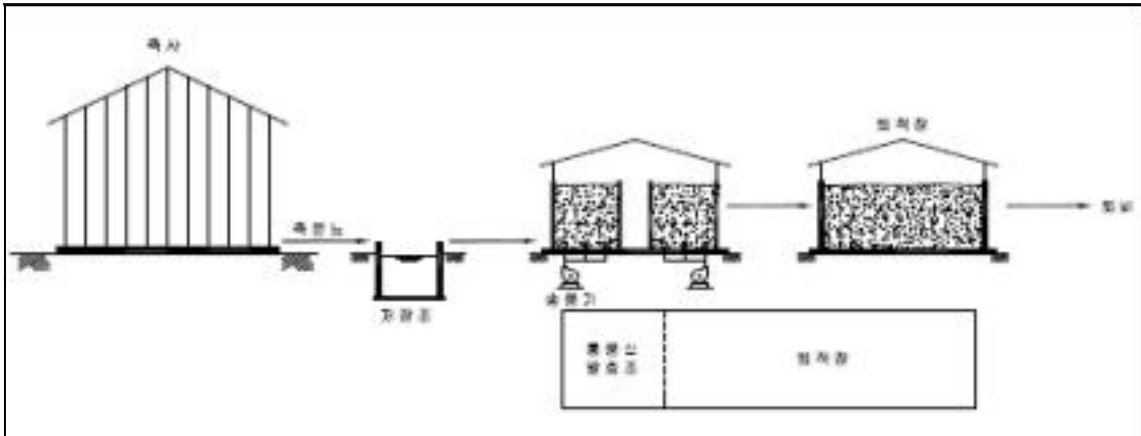
운전은 축사내에서 분 분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다. 발효조 및 퇴적장에서는 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합하면서 함수율 75% 정도로 조절하여 쌓아둔다. 전체적으로 고른 퇴비화를 이루기 위해 발효 중 골고루 혼합하여 준다. 발효조에서 60일 정도 발효를 실시한 후 퇴적장에서 30일정도 2차 발효를 실시한다. 2차 발효 완료된 퇴비는 경종농가와 계약하여 퇴비로 판매하거나 초지, 통경지에 퇴비로 사용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아엎어준다. 주변을 청소하여 악취 및 해충이 발생하지 않도록 하여야 한다.

문제점으로는 축사를 추가로 지을 경우 경제적 부담 때문에 퇴비사 시설을 일부 축사로 활용하는 경우가 있으며, 소규모 축산농가의 경우 퇴비화로 조사 되었으나, 아래 그림과 같이 비 가림 미설치 퇴비사를 이용하는 경우도 있었다.

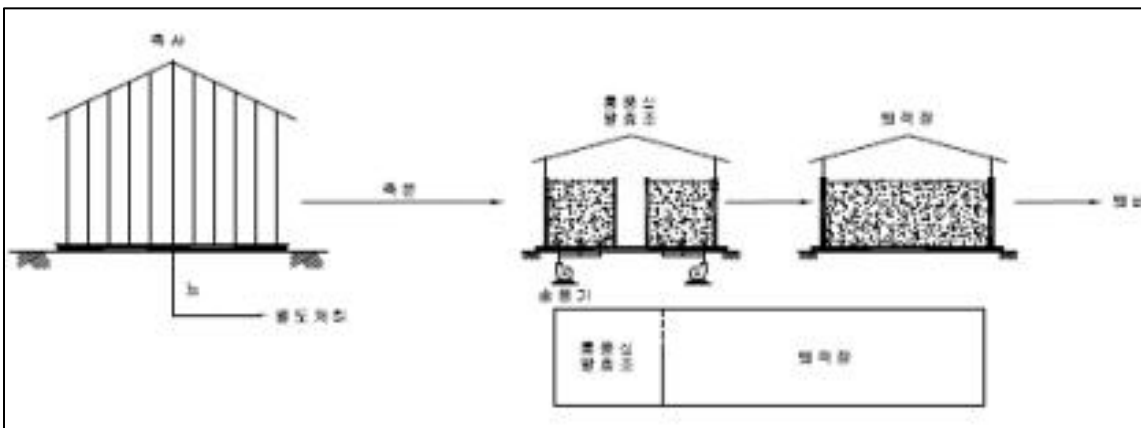
(나) 통풍식 톱밥발효 시설

축사에서 발생하는 축분을 저장조에서 1차 저류하였다가 수분조절재(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 발효시설의 발효조로 운반하여 호기성균을 이용 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장으로 운반하여 2차 발효를 실시한다. 적용대상은 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 500두(700m²)~2,000두(2,800m²) 사육규모, 닭의 경우 10,000수 이상의 사육규모에 적합하다. 공정개요는 전처리(고액분리) → 저장조 톱밥

등과 혼합(함수율 조정) → 발효조(호기성 분해) → 퇴적장(퇴비화)



<그림 3-355> 통풍식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)

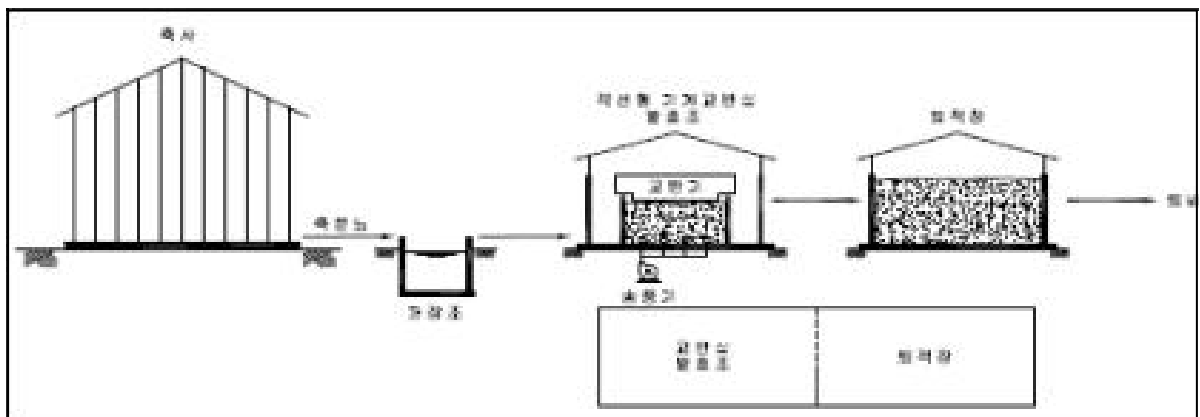


<그림 3-356> 통풍식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)

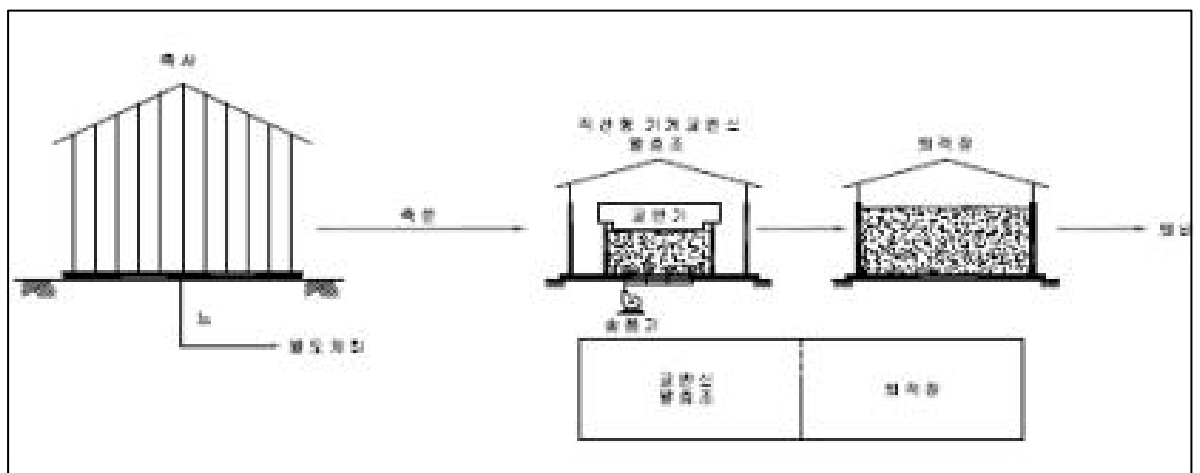
축사내에서 분 분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다. 발효조 및 퇴적장에서는 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다. 수분조절 된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다. 발효조에서 15일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 45일 정도 2차 발효를 실시한다. 1차 발효된 퇴비를 퇴적장으로 운반한 후, 빈 발효조도 2일 정도 송풍을 계속하여 원료 찌꺼기나 바닥의 수분을 건조시킨다. 2차 발효가 완료된 축분은 경중농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엷어준다. 전체적으로 고른 퇴비화를 이루기 위해 발효 중 골고루 혼합하여 준다. 발효조에서 60일 정도 발효를 실시한 후 퇴적장에서 30일정도 2차 발효를 실시한다. 2차발효 완료된 퇴비는 경중농가와 계약하여 퇴비로 판매하거나 초지, 통경지에 퇴비로 사용한다. 통기구가 있는 바닥의 경우 통기구멍을 수시로 확인·보수한다.

(다) 교반식 톱밥발효 시설(직선형)

축사에서 발생하는 축분을 수분조절재(톱밥 및 왕겨 등)와 혼합하여 함수율을 조절한 다음, 발효시설의 발효조로 운반하여 교반장치를 이용 교반, 혼합하면서 일정기간 1차 발효시킨 후, 퇴적장으로 운반하여 2차 발효를 실시한다. 적용대상은 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 2,000두(2,800㎡) 이상 사육규모, 닭의 경우 30,000수 이상의 사육규모에 적합하다. 공정개요는 전처리(분뇨분리) → 톱밥 등과 혼합(함수율 조정) → 발효조(교반, 분쇄) → 퇴비화(호기성 발효) → 퇴적장(퇴비화)의 과정을 거친다.



<그림 3-357> 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)



<그림 3-358> 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)

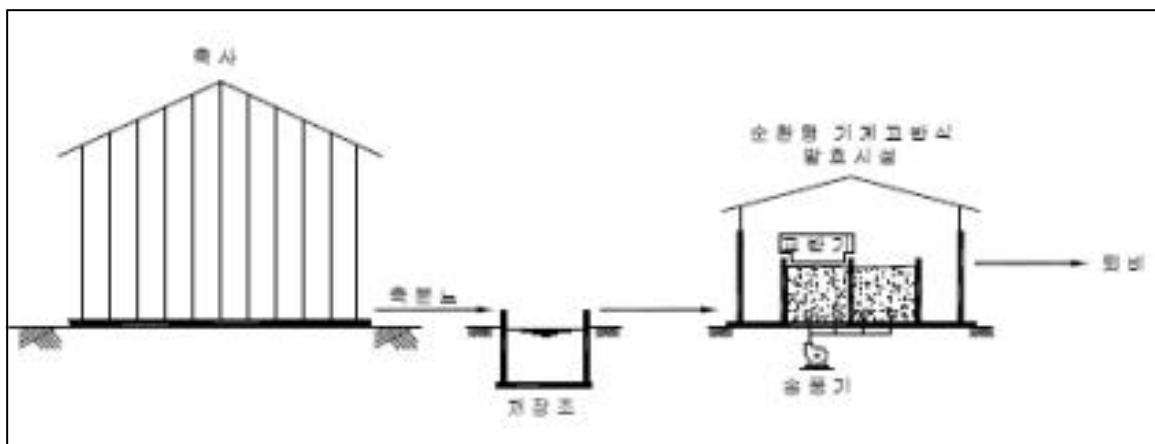
축사내에서 분 분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다. 발효조 및 퇴적장에서는 축사에서 배출되는 축분을 수분조절재(톱밥, 왕겨 등)와 혼합, 교반하여 함수율 75% 정도로 조절하여 투입한다. 인력 또는 스키드로우더를 이용하여 발효조에 적절한 높이로 투입한다. 수분조절된 축분을 발효조에 투입한 후 발효조의 바

닥에서 24시간 공기를 불어 넣어준다. 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1~2회 정도 교반, 혼합하여 준다. 저온 발효 시 : 원료투입 1~2일후(투입구로부터 10m 내외구간)부터 발효균 증식에 의해 저온발효가 진행되면서 온도는 약 30~40℃까지 상승한다. 고온 발효 시에는 저온발효 개시 후 약 3~4일 후에는 고온균의 중심으로 고온발효가 진행되면서 온도가 상승하여 수분증발과 잡균 및 해충의 알 등이 사멸, 안전성 높은 퇴비가 만들어 진다. 발효조에서 30일 정도 발효를 실시한 축분을 퇴적장에 운반하여 30일 정도 2차 발효를 실시한 후, 발효가 완료된 축분은 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용 한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엷어 준다. 전체적으로 고른 퇴비화를 이루기 위해 발효중 골고루 혼합하여 준다. 분 중에 돌, 쇠 조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다. 고 수분 상태의 축분을 사용하지 않는다.

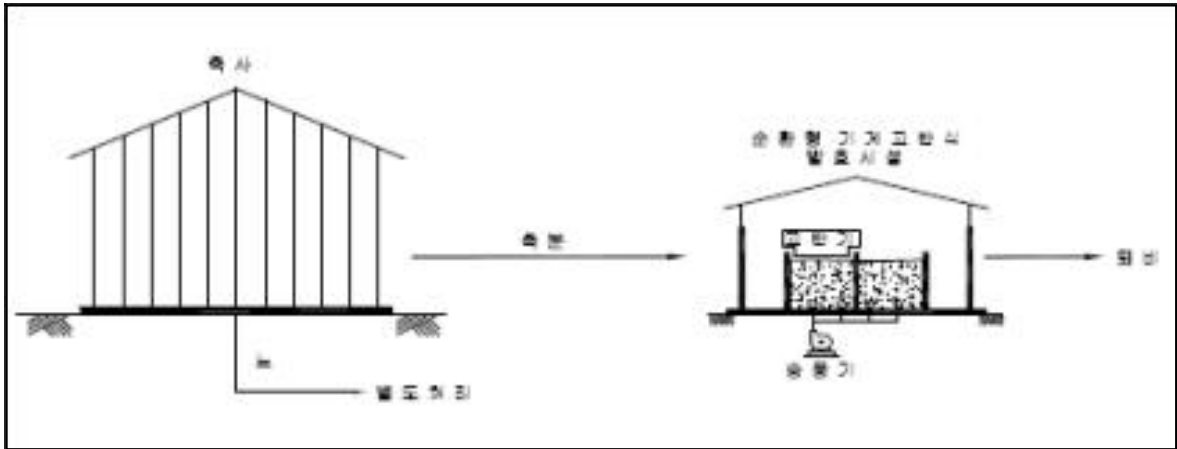
(라) 교반식 톱밥발효 시설(순환형 로타리식)

축사에서 발생하는 축분을 발효 건조 중인 퇴비중에 고르게 살포한 후 교반장치를 이용 교반, 혼합함으로써 축분을 일정기간 발효 건조 처리한다. 적용대상은 모든 축종과 규모에 관계없이 적용가능하며 돼지의 경우 1,000두(400㎡) 이상 사육규모, 닭의 경우 10,000수 이상의 사육규모에 적합하다.

공정은 저장조 → 발효조 상부에 살포 → 발효조(교반, 분쇄) → 퇴비화(호기성 발효) → 퇴비이용순으로 진행된다.



<그림 3-359> 교반식 톱밥발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)



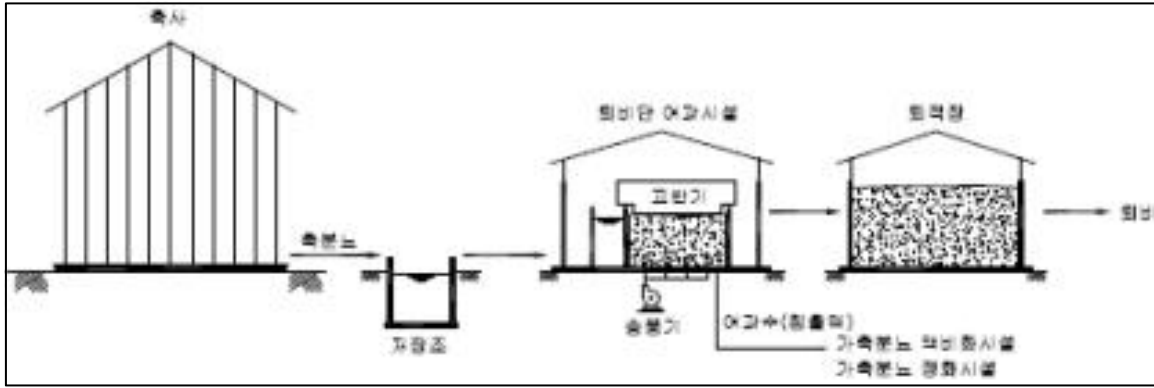
<그림 3-360> 교반식 톱발발효시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 젓소, 한우, 돼지, 닭)

축사내에서 분 분리를 철저히 하고 세정수를 되도록 적게 사용하여 축분의 함수율을 최소화 한다. 발효시설에서는 축사에서 배출되는 축분을 발효조 내의 톱밥층이나 발효중인 퇴비층 위에 골고루 살포한다. 축분을 매일 발효조의 상부에 투입한 후 발효조의 바닥에서 24시간 공기를 불어 넣어 준다. 발효조 내용물은 기계를 이용하여 1일 1~2회 정도 교반, 혼합하여 준다. 발효가 완료된 퇴비를 배출하기 전에는 일주일 이상 축분 투입을 중단하여 고를 퇴비화를 이룬다. 6개월간 발효가 완료된 퇴비는 경종농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매 또는 농경지나 초지에 살포하거나 수분조절재로 재활용 한다. 퇴비로 사용할 때 복토를 하거나 땅을 갈아 엷어준다. 분 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 한다.

(마) 퇴비단 여과시설

일명 SCB(Slurry Composting & Biofiltration)이라고 불리우며, 축사에서 배출된 축분뇨를 왕겨와 톱밥으로 미리 채워진 퇴비단 상부에 살포하면, 슬러리층 고형물은 퇴비단 상층부에 역류되며, 역류된 고형물은 상층교반으로 걷어내어 퇴적장으로 이송하여 발효시켜 퇴비화하고, 액상물은 하부로 침출되는 과정에서 여재층의 미생물에 의해 유기물이 분해, 안정화된 여과액(침출액)으로 배출되며, 여과액은 액비로 사용하거나, 정화처리하여 방류한다.

적용대상은 돼지(분뇨 혼합식) 사육시설에 적용가능하며 사육규모에 관계없이 적용할 수 있다. 공정개요는 저장조 → 퇴비단여과조(교반, 여과) → 퇴비화(호기성 발효) → 퇴적장 순으로 비교적 간단한 공정을 갖고 있다.



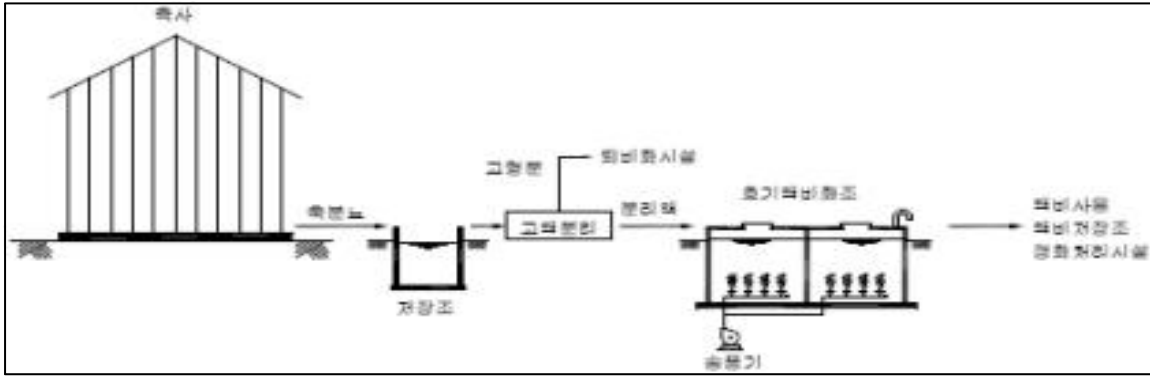
<그림 3-361> 퇴비단 여과시설의 공정도(분뇨 혼합식 : 돼지)

축사내에서 세정수를 되도록 적게 사용하여 분뇨 발생량을 최소화 한다. 퇴비단 여과시설 및 퇴적장에서는 퇴비단이 완전히 비워진 상태에서 퇴비단 유효깊이의 1/2을 왕겨로 채우고 그 위에 나머지 톱밥을 채운다. 퇴비단 용적 30m³당 1일 1m³의 돈분뇨를 상부에 골고루 살포한다. 고액분리 후 사용 시 효율이 증대한다. 가축분뇨의 고형분 농도와 살포량 등에 따라 물 빠짐이 1~3일 소요되므로 물 빠짐이 완료되면 다시 살포한다. 물 빠짐이 완료되면 상부에 억류된 고형물질이 퇴비단내로 혼입되지 않도록 교반하며 퇴적장으로 배출한다. 퇴비단 상부교반시에는 상부의 30cm 정도만 교반한다. 상층교반이 완료되면 퇴적장으로 밀려나간 톱밥양 만큼 반대편에 보충하여 준다. 퇴비단은 12개월 주기로 전량교체를 실시하며 교체 전 퇴비단 전체를 5일 정도 교반을 실시한 후 퇴적장으로 이송한다. 퇴비단에 왕겨와 톱밥을 재 투입하기 전 바닥의 통기시설과 배수시설의 막힘이 없도록 깨끗이 청소한다.

가축분뇨 중에 돌, 쇠조각 등 이물질이 혼입되지 않도록 하며, 퇴비단 여과시설은 퇴적장을 고려하여 충분한 용량으로 설치하여, 전반부는 여과시설로, 후반부는 퇴적장으로 사용할 수 있다.

(바) 호기액비화시설

호기성 조건하에서 가축분뇨의 고액분리된 액을 액비화하는 시설로 액비화한 후 곧바로 액비로 사용하거나 액비저장시설에 저장 또는 정화시설과 연계하여 처리한다. 적용대상은 젓소(분뇨 혼합식), 돼지(분뇨 분리식, 분뇨 혼합식) 사육시설에 적용되며 사육규모에 관계 없이 적용 가능하며, 공정은 전처리(고액분리) → 액비화조 → 저장조 → 액비살포 또는 정화처리순으로 이루어 진다.



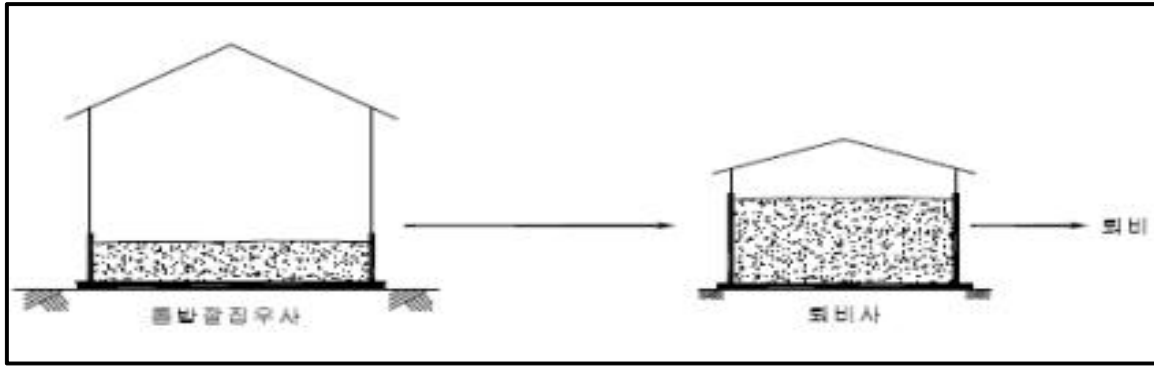
<그림 3-362> 호기액비화시설의 공정도(젓소, 돼지)

분과 뇨를 고액분리기로 분리시켜, 고형분은 1일 1회 이상 수거하여 퇴비화시설로 이송한다. 고형분을 제거하고 남은 분리액을 액비화조로 이송한다. 액비화조에 투입되는 분리액은 1일 일정량씩 투입하여야 하며 한꺼번에 분리액을 투입함으로써 인한 충격부하를 방지한다. 호기성 조건하에서 분리액의 유기물질과 악취성분이 호기미생물에 의해 분해 안정화되도록 24시간 송풍기를 가동하여야 한다. 고액분리 된 분뇨라 하더라도 유기물질의 농도가 높기 때문에 안정적인 액비를 얻기 위해서는 많은 공기량이 필요하므로 송풍기에 의한 전력비를 줄이기 위해 고효율의 산기관을 사용함이 바람직하고 거품을 제거할 수 있는 소포시설을 설치하여야 한다. 액비화조에 칸막이로 2개조 이상 설치시에는 말단의 액비를 전단부로 내부 반송하여 액비화 효율을 높이고, 액비화시 악취를 줄일 수 있다. 말단의 조내 액비에 취기가 없고 액비화가 완료되었다고 판단된 경우 1일 일정량을 액비로 사용하거나 저장시설로 운반하여야 한다. 호기액비화시설을 정화시설과 연계하여 방류하고자 할 경우, 응집탈수 시인의 제거효율을 높이기 위하여 무기응집제(철염, ALUM, PAC) 등을 투입하여야 한다.

문제점로는 충분히 숙성시키지 않은 상태에서 농경지 살포시 악취 등의 민원이 발생한다. 환경에 대한 인식이 낮은 이유로 액비의 공공수역 무단방류하는 사례도 있기 때문에 관리 및 교육이 많이 필요한 시설이다.

(사) 톱밥깔짚우사의 퇴비사

우사 바닥에 톱밥 또는 왕겨, 발효건조 톱밥우분을 한우 5cm, 젓소는 10cm 두께로 배설한 분뇨를 소가 밝고 뒤집어 줌으로써 일부 건조 후 톱밥우상에서 1차 건조된 축분뇨를 퇴비사로 운반하여 퇴비사에서 건조 발효 처리한다. 축사의 규모에 관계없이 젓소 및 한우의 톱밥깔짚사육시설에 적합하다. 공정개요는 축사 내 톱밥우상 설치(한우 5cm, 젓소 10cm) 이상 → 입식 및 사육 → 축사 내 건조 → 퇴비사내 건조 및 발효한다.



<그림 3-363> 퇴비사의 처리 공정도

뚫밥의 교환은 뚫밥우상의 상태 등을 고려하여 한우는 30~40일, 젖소는 12개월(주1회 로타리 실시) 간격으로 교체하고, 겨울철에는 교체기간을 짧게 한다. 젖소의 경우 퇴비사용적을 고려하여 축사를 이등분하여 2개월 이상 시차를 두어 뚫밥을 교체할 수 있다. 비육우는 입식부터 출하 시 까지 한우리에 동일한 개체가 사육되도록 하고 젖소는 육성우사, 착유우사 등으로 구분이 되어 있으므로 성장 시기에 맞추어 이동시켜 관리한다. 한우 번식우 및 젖소 경산우는 발굽이 자라므로 정기적으로 삭제를 실시하여 부제병 및 발굽장애를 미연에 방지한다. 입식전후 정기적인 기생충 구제(봄, 가을)를 하며 소모성 질병으로 인한 생산성 저하를 방지한다. 분뇨처리는 트랙터로다나 스크드로다를 이용하여 제거한다. 뚫밥구입시 수분함량이 40% 전후이므로 반건조하여 사용하면 이용기간을 연장할 수 있다.

퇴비사는 주변을 청소하여 악취 및 해충이 발생하지 않도록 하여야 하며, 건조, 발효 후 퇴비의 수분함량은 60% 이하가 되도록 하여야 한다. 우사에서 운반된 퇴비는 60일 이상 발효를 시킨다. 발효가 완료된 퇴비는 비에 맞지 않도록 저장한 후 경조농가와 계약에 의하여 퇴비로 판매하거나, 초지 및 농경지에 비료로 사용한다. 퇴비로 사용 시 복토를 하거나 땅을 갈아 엎어준다.

4. 가축분뇨 관리정책

가축분뇨를 관리하는 우리나라의 두 기관의 추진방향은 조금 차이가 있다. 환경부는 상수원 관련지역에 대한 가축사육 제한 강화, 가축분뇨 배출시설 관리를 공장폐수 배출시설 수준으로 강화하는 등 수질개선 위주의 제한·관리 강화를 목표로 정책방향을 제시하고 있으며, 농림축산식품부는 개별농가의 한계, 퇴·액비 품질 및 처리시설의 사후관리 미흡 등을 가축분뇨의 문제점으로 판단하고 이에 대한 친환경 축산업 구현을 위한 가축분뇨처리시설 확충(공동자원화 시설, 에너지화 시설, 정화처리시설 등), 고품질 퇴·액비 생산체계 구축, 사후관리 체계 강화 등의 정책방향을 제시하고 있다.

환경부의 경우에는 위에서 언급한 바와 같이 축산분뇨를 수질오염원으로 인식하고 축사의 사육제한, 가축분뇨의 처리, 자원화시 철저한 관리감독, 자원화 시설 확대, 가축분뇨의 지도·점검의 강화를 통해 축산분뇨를 해결하고자 하고 있다. 하지만, 농림축산식품부는 환경부와 마찬가지로 자원화의 강화를 위해 처리시설의 확충과 고품질 퇴·액비 생산, 사후관리 체계를 강화하는 방향으로 정책을 적용하고자 한다. 즉, 농림축산식품부의 경우 축산업을 지속적으로 보전하면서 관리하고자 하는 목적이 강하다면, 환경부는 보다 적극적인 사육제한 및 단속등이 포함되어 있다. 환경부와 농림축산식품부에서 추진하고 있는 관리방안 및 추진정책들은 다음과 같다.

가. 환경부의 가축분뇨관리 방안⁴⁾

환경부의 「가축분뇨관리 선진화 종합대책(2012, 환경부)」에서는 가축분뇨관리를 위한 제도개선과 제한·관리 강화를 목표로 하고 있으며, 대책을 마련하고 추진하고 있다. 현재 국내에서 발생하고 있는 가축분뇨 처리와 관련하여 상수원 관련지역에 대한 가축사육 제한강화, 가축분뇨 배출시설의 관리를 공장폐수 배출시설 수준으로 강화, 가축분뇨의 발생에서 최종처분까지 전과정 관리를 기본 방향으로 크게 4가지의 선진화 대책을 마련하였다.

가축분뇨관리 제도개선(예방적 제도개선, 가축분뇨 및 퇴·액비의 관리제도 개선, 가축분뇨처리업 관련시설 관리제도 개선 등), 가축분뇨공공처리시설 설치사업 개선, 가축분뇨 배출시설 및 처리 시설의 지도·점검 강화, 가축분뇨관리 조직 강화가 4가지의 선진화 대책에 포함된 내용이다. 환경부의 가축분뇨관리 선진화 종합대책(2012, 환경부)의 세부내용을 요약 하면 아래 표와 같다.

4) 가축분뇨 관리 선진화 방안, 2011, 환경부

<표 3-218> 가축분뇨 관리 선진화 대책 요약('12년 환경부 요약)

항 목	내용요약
가축분뇨 관리 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 가축사육 제한구역 대상지역 확대 : 주저밀집지역, 상수원관리지역, 수질이 심각히 오염된 구역, 과밀사육지역추가(환경용량초과지역) - 분뇨배출시설 허가·신고체계 개선 - 축사 없이 방목하는 경우 허가대상에서 제외 - 일정규모이상 방목지역 비점오염저감시설 설치 의무화 - 대규모 축사시설 설치시 사전환경성 검토(민원등해결) - 축종에 관계없이 대규모 축사는 허가대상시설로 분류 - 가축분뇨등에 의한 환경오염지역 실태조사
가축분뇨 관리 제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨 수거체계 확립(가축분뇨 전자인계 관리시스템 구축) - 정화시설 방류수수질기준 강화(질소,인에 대한 기준 강화) - 정화시설의 개선명령 및 비정상 운영 기간 중 응급조치 강화(위탁처리들의 조치로 초과방류 제한) - 가축분뇨처리시설의 설치기준 강화(처리시설의 설치기준개선, 장마철 침수지역, 하천주변 30m이내, 연약지반에 설치제한/부속중인 가축분뇨 저장시설과 퇴·액비 보관시설 설치 의무화/퇴비화시설에 지표수, 빗물이 유입되지 아니하고, 침출수가 외부로 유출되지 아니하는 구조로 설치하도록 함/액비저장조는 강우대비 지붕을 설치하거나 비수기시 액비를 저장하기 위한 시설을 설치/바이오에너지시설의 설치근거를 마련하고 소화액 처리방법 명시) - 처리시설 관리기준 개선(가축분뇨, 퇴·액비, 소화액 등이 축사주변으로 유출되지 않도록함/ 저장조 누수, 바닥균열 여부를 확인하여 조치하도록 함/가축분뇨, 퇴·액비의 보관장소는 여유용량을 확보하여야 함) - 생산된 퇴·액비의 관리(비료관리법에따른퇴·액비검사방법, 검사기준, 절차 등을 마련/기준에 맞지않게 생산하는 경우 방류수 수질기준 초과행위에 준하여 벌칙조항적용/중장기적 중급속 기준적용/항생제 기준마련 검토) - 퇴·액비의 공공수역 유출 등 엄격관리(야적보관, 살포로 인한 오염행위 방지조치강화) - 무허가, 미신고 시설 등에 대한 행정처분강화(무허가, 미신고 축사에 대해 행정처분근거/사용중지 명령, 폐쇄명령근거/과징금 제도를 조속히 신설) - 무허가등 허가취소 배출시설을 축산업허가제와 연계하여 관리(축산업의 허가·취소시 가축분뇨법의 배출시설이 허가취소 되도록 관련규정개정)
가축분뇨처리업 관련시설 관리제도 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 재활용시설 관리강화(처리시설설계 시공업자가 설치, 시설의 준공검사 실시) - 재활용 시설의 설치, 운영기준 강화(비료관리법에 따라 설비 및 퇴·액비생산) - 처리업 시설의 허가절차 및 관리개선(바이오에너지시설 및 정화시설을 처리업으로 분류)
가축분뇨공공처리시설 설치사업 개선	<ul style="list-style-type: none"> - 정화처리에서 자원화 시설중심으로 전환 - 설치·운영주체를 지자체 중심에서 지역농협 중심으로 전환(가축분뇨법 개정을 통해 지역농협의 설치·운영을 '20년까지 30개소 지원) - 환경 순환형 공공처리시설 모델 마련 후 지자체 보급(바이오, 정화, 퇴·액비시설)/'20년까지 30개소 설치지원 - 우분 처리를 위한 공공처리 시설지원(5개소 이상) - 한센인 가축사육 정착촌에 공공처리시설을 설치(5개소 이상, 현재 가축사육 정착촌수는 66개소이며 공공처리시설을 6개운영중)
가축분뇨 배출시설 및 처리 시설의 지도·점검 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 자치단체 환경·축산부서와 환경감시단과의 합동점검 정례화(분기1회 이상) - 주요 하천의 축사밀집구역과 민원발생 중점관리대상 시설의 상시점검 체계유지 및 특별관리 - 보조금 지원제한 : 해당 지자체 환경부서가 점검결과를 환경부에보고→환경부가 농축산식품부에통보 → 불법농가의 보조금지원제한
가축분뇨관리 조직 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 선진화 종합대책 추진을 위한 T/F팀 구성운영('13년12월까지) - 한국환경공단내 가축분뇨 관리팀 구성·운영('13년부터)/가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법령을 개정하여 공단에 기능부여

나. 농림축산식품부의 가축분뇨 관리방안⁵⁾

환경부의 「가축분뇨관리 선진화 종합대책(2012, 환경부)」, 가축분뇨법 개정 등 환경규제가 지속적으로 강화되고 있어, 이에 대한 대책으로 농림축산식품부에서는 지속 가능한 친환경 축산업 구현을 위한 자연순환 농업 기반 구축이 필요하다고 판단되어 대책을 마련하고자 하였다. 농림축산식품부는 개별농가의 처리 한계, 퇴·액비 품질 및 처리시설의 사후관리 미흡, 민간관리기구 부재 등의 문제점을 인식하고 「국정과제(농림축산업의 신성장 동력화) 추진을 위한 중장기 가축분뇨 자원화 대책」을 마련하였으며, 세부내용은 아래표와 같다.

<표 3-219> 중장기 가축분뇨 자원화 대책('13년 농림축산식품부 요약)

항 목	내용요약
가축분뇨 처리시설 확충	<ul style="list-style-type: none"> - 2017년까지 총 150개소를 공동자원화 시설을 설치하여 연간 약 450만 톤의 가축분뇨를 무료로 사용할 수 있는 처리기반 구축(2012년 기준 88개소 설치완료) - 2017년까지 에너지화 시설 21개소 설치하여 연간 약 44만 톤의 가축분뇨를 처리한 후, 약 84백만 kW 전기 생산·활용계획 - 2017년까지 총 287개소를 설치하여 연간 약 248만 톤의 액비를 농경지 등에 살포할 수 있는 유통체계 구축('12년: 162개소, '13년: 177개소, '17년: 287) - 개별농가 정화시설 보완 : 정화시설 보완을 위한 예산확보(농림축산식품부) 및 강화된 방류기준에 적합한 표준시설 및 운용방안 개발(환경부) - 기존 처리시설(노후시설)의 개보수 지원 등으로 기존 처리시설의 가동율을 10% 향상(850톤/일) 함으로써 연간 225천톤의 가축분뇨를 처리할 수 있도록 함
고품질 퇴·액비 생산체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> - 2016년부터 공동자원화시설, 2017년부터 액비유통센터는 비료관리법에 따른 비료 생산업 등록 의무화 - 2017년부터 전체 액비생산 농가를 대상으로 시비처방을 받은 후 액비를 농경지 등에 살포하도록 의무화 - 액비수요의 집중, 불합리한 제도 등을 개선하여 연중 액비 살포 및 수요처 확대를 위한 기반 구축
사후관리 체계 강화	<ul style="list-style-type: none"> - 가축분뇨법 개정을 통해 설립 근거를 마련하고, 설립준비단 운영을 통해 기반구축 후, 가축분뇨를 효율적으로 관리할 수 있는 전문관리 기구를 설립·운영 - 지역별 가축분뇨관리 기본계획 수립 및 전산관리 등의 가축분뇨 통합관리체계 구축 - 2016년부터 가축분뇨 컨설팅 지원사업을 통해 가축분뇨 적정 처리 및 컨설턴트 활용 확대
제도개선, R&D 확대 등	<ul style="list-style-type: none"> - 비료공정규격(농진청 고시)에 따른 가축분뇨 발효액 기준을 현실에 맞도록 재설정 - 공동자원화율 확대 등 농진청과 함께 가축분뇨 자원연구 사업단 구성 - 가축분뇨 전자인계 시스템 도입 - 퇴·액비 우수성 홍보 및 지자체 평가·포상

5) 국정과제(농림축산업의 신성장 동력화) 추진을 위한 중장기 가축분뇨 자원화 대책, 2013, 농림축산식품부

5. 가축분뇨 관리체계 문제점

가. 제도적 측면

오랫동안 가축분뇨의 관리 주체인 환경부와 이용 주체인 농림식품부 사이에 이해의 폭을 넓혀 공감대를 형성하지 못하고 축산법에 의해 보호, 장려 받고 있는 축산업을 영위하면서 필연적으로 발생하는 축산폐자원인 가축분뇨를 환경부는 환경을 오염시키는 오염물질로 규제, 감시, 단속 및 처벌 대상으로 인식해 왔다. 일부 가축사육농가들이 의도적으로 가축분뇨를 무단방류하여 수질을 오염시키는 경우가 가끔 발생되어 가축사육농가가 환경오염의 주범이 된 것처럼 인식되고 있다.

천문학적인 예산을 지원하고 있지만 현실적으로 가축분뇨에 대한 해답은 없고 수질개선 효과도 미미하여 이에 대한 근본적인 정책변화가 필요함을 인식하고 환경부와 농림식품부가 Task Force를 만들어 “가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률”을 공동 입법하여, 2006년 9월 27일 법률 제8010호로 공포하고 2007년 9월 28일 시행되게 되었다. 가축분뇨 관리에 대한 법률적 토대가 마련되었지만, 정부, 지자체, 가축사육농가, 재활용시설 운영자, 경종농업 종사자들은 가축분뇨 관리를 위한 대응은 아직까지는 소극적인 형편이다.

구제역 발생으로 일시적으로 감소하였던 가축사육두수가 발생 전 수준으로 회복되고 오히려 과거에 비해 사육두수가 증가함에 따라 분뇨 발생량이 꾸준히 증가하는 추세이다.

나. 현실적 측면

(1) 오염원 관리

가축분뇨발생량과 관련된 통계자료가 부정확하다. 관리대상 가축별로 가축사육농가가 동의하는 정확한 배출원단위 확립이 필요하지만, 현실적으로 가축사육농가 방문이 쉽지 않으며, 가축사육농가의 경우 전염병 등을 이유로 외부인의 출입을 엄격히 통제하고 있는 실정이다. 환경부 고시 및 농림식품부 고시를 통해 축종별 원단위가 제시되어 있지만, 이 기준 원단위는 오염물질(가축분뇨) 채취일 당시 오염물질을 배출하는 가축분뇨배출시설에서 실제로 사육하고 있는 가축두수를 기준으로 하고 있으며 가축두수 산정시 연령에 관계없이 1두로 산정한다고 되어 있어 그 합리성이 결여되어 있을 뿐만 아니라 배출원단위 고시 이후 사육환경조건이 많이 변화되어 관리대상 축종별, 성장단계별 가축단위(Livestock Unit) 설정과 함께 사육방식에 따른 가축분뇨 배출원단위를 재설정해야 할 필요성이 대두되고 있다.

관리대상 가축사육규모의 정확한 예측이 곤란한 문제점이 있다. 축종별로 매년 조금씩 감소하거나 증가 또는 정체 등 다양한 양상을 나타내고 있어 신속하고 정확한 통계를 얻기 위한 노력이 필요하지만, 여기에는 많은 인력과 예산이 뒷받침되어야 하는데 현재, 육우, 젖소, 돼지, 닭 등 주요 축종은 국립농산물품질관리원에서 매 분기별로 조사하여 발표하고 있으나 나머지 관리대상가축인 양, 말, 사슴, 오리, 개 등은 기타 가축으로 분류하여 농림부에

서 통계법에 의하여 3년마다 조사하여 관리하고 있다. 이와 같은 사육규모 통계관리는 가축 분뇨 관리 정책 수립에 중대한 영향을 미칠 수 있다. 정부에서는 2002년 축산법에 축산업 등록제를 새롭게 규정해 일정규모 이상의 축산 농가는 가축사육시설면적과 가축 사육두수 등을 시장, 군수 등에게 등록하여 고유번호를 부여해 관리할 수 있도록 하고 2005년 12월 26일까지 등록을 마치도록 해서 대상농가 45,323호 모두가 등록하고 비등록대상농가 5,740호도 자발적으로 등록해 총 51,063호가 등록된 것으로 밝혀졌다. 그러나 등록대상이 가축사육시설 면적으로 소, 닭, 오리 300㎡이상, 돼지 50㎡ 이상인 농가로 되어 있어 10% 정도의 미등록된 가축사육농가가 있으며, 특히 가축분뇨 관리대상 축종 중 말, 양, 사슴 등은 누락되어 있어 이에 대한 보완도 필요하다.

(2) 가축분뇨 관리의 문제점

가축분뇨의 관리는 현재 공동자원화 및 에너지화시설, 개별처리시설, 액비저장조, 액비유통센터 등을 지속적으로 지원하여 공공수역으로 유입되는 양을 줄이는데 초점을 맞추어 진행하고 있다. 농림축산식품부는 가축분뇨를 폐기물의 개념에서 자원으로 전환하여 화학비료를 대체하는 형태로 발전시키고 있는 상황이다.

한국농촌경제연구원(2004년)이 조사한 전국토의 양분잉여 정도와 농경지 물질순환구조를 보면, 연간 토양으로 투입되는 양분의양은 약 100만톤이고 이중화학비료에 의한 양분량이 약60만톤 가축분뇨 퇴액비에 의한 것이 약40만톤이며 토양으로 살포된 양분중무려50% 정도가 작물에 의해 이용되지 않고 토양에 집적되거나 수자원으로 유출되고 있다고 보고하고 있다. 뿐만아니라 농작물 재배면적의 감소로 (농경지면적, '06년1,800천ha→'10년1,715천ha) 가축분뇨의 퇴·액비 자원화에 한계점이 나타나기 시작했다.

가축분뇨 퇴·액비의 이용이 토양·하천 등의 주요오염원으로 인식되기 시작함에 따라 가축분뇨법 개정등 환경규제가 지속적으로 강화되고 있으며 논, 밭에 살포한 퇴·액비가 녹조발생 등의 주요원인으로 지목되고 있어 비점오염원 관리강화 조치로 '08년부터 「양분총량제」가 도입되어 농경지로의 퇴·액비 살포전 시비처방전을 발급받도록 함으로서 토양으로의 양분부하량을 관리하기 시작하였으며 규제강화를 위해 '12년4월 환경부에의해 「가축분뇨관리 선진화 종합대책」이 시행되기에 이르렀다.

「가축분뇨관리 선진화 종합대책」의 주요요점은 '가축분뇨 및 생산된 퇴·액비를 체계적으로 관리할 수 있는 시스템구축'으로서 지역별 가축 사육제한, 가축분뇨 퇴·액비 전자인계인수제도의 도입, 방류수 수질기준 강화, 엄격한 퇴·액비 생산 및 이용, 벌칙강화 등을 골자로 한다.

「양분총량제」 도입은 작물재배면적의 감소에 비해 화학비료 소비량의 감소폭은 적은 반면 가축사육두수의 지속적인 증가에 의해 가축분뇨량이 증가함에 따라 악화된 토양의 양분 집적 문제를 해결할 방안으로 도입된 것으로서 사실 양분총량제는 「가축사육두수 총량제」와 연계되어 있다. 양분총량제에서 가축사육두수총량제의 도입으로 이어지는 가축분뇨관리

대책은 영향이 큰 만큼 축산업계의 반발이 매우 클 것으로 판단되며 이해관계자 및 전문가마다 궁극적 해결방안으로의 효율성에 대한 의견이 분분한 실정이다.

뿐만아니라, 본 연구를 통해서 살펴본 결과 충분히 관리되지 못하고 수계로 배출되는 축산분뇨의 문제가 있었으며, 특히 축산농가가 밀집된 유역의 경우 주변 유역에 비해서 수질이 악화된 상황이었다. 즉, 우리가 제도하에서 적절하게 관리한다면 최종적으로 농경지에서 자원화된 축산분뇨가 강우등에 의해 수계로 유입되는 경로만 남게되어 밀집도가 낮은 유역과 유사한 수준의 수질을 유지해야 하나 현실은 축산농가가 밀집된 유역에서 수질이 악화된 것을 확인할수 있다. 이는 아무리 제도적으로 완벽한 정책을 마련하더라도 관리되지 못하며, 자정작용등에 의한 한계를 넘게되는 악순환을 반복하고 있는 상황이다.

축산농가가 밀집될 경우 가축분뇨 노천야적, 액비 무단방류, 미숙성 액비 살포로 인한 악취발생 등으로 환경피해 유발하며, 저품질 퇴비생산에 따른 경종(耕種) 농가의 사용기피, 소규모 농경지에 집중적인 퇴·액비 살포, 토양·수질오염 유발하고 있다.

다. 경제적 측면

가축사육농가에 있어 가축분뇨처리 비용은 매년 가축생산비에 차지하는 그 비중이 더 커지고 있어 축종별, 사육규모별, 축사구조별, 자원화방법별로 그 처리비용을 정확히 산정하여 과도한 비용이 발생하지 않도록 새로운 기술적 접근과 함께 2~3개 지자체간 광역통합 운영 등 다각적인 노력을 기울여야 한다. 특히 최근 전 세계적으로 위생, 안전이 강조되면서 우리나라에서도 2006년 양돈을 필두로 젓소, 한우, 산란계, 육계 등 단계적으로 주요 축종들에 대하여 가축 사육단계 HACCP(위해요소 중점관리기준)이 적용됨에 따라 생산비용이 증가될 가능성이 있어 생산비 절감에 대한 압박은 더욱 높아질 것이다. 이렇게 되면 가축분뇨 자원화 시설의 정상적인 운영 또한 많은 부담 요인이 되기 때문에 양질의 자원화 제품이 유통될 수 있는 통로를 만들어 주는 것이 매우 중요하다.

가축분뇨 처리에 대한 축산농가의 시설투자 미흡, 중·대규모 축산농가에서도 여전히 정부 지원 등에 의존하고 있는 실정이며, 사육규모 확대와 과밀사육 등으로 가축분뇨 처리능력에 비해 과다한 가축분뇨 발생하고 있는 상황이다. 하지만, 일정사육규모 이상의 농가들은 기본적으로 발생자 부담원칙을 지키되 상황이 성숙되기 전까지는 정부의 지원이 지속적으로 필요한 상황이다.

라. 심리적 측면

최근 FTA, DDA 등 국제 무역환경 변화에 따라 중장기적인 축산 발전에 대하여 축산 농가들은 매우 불안해하고 있다. 따라서 정부의 저리 융자금에 대해서도 선뜻 받아들이기 어려운 형편으로 적기에 필요한 투자가 이루어 지지 않을 수도 있으며 다른 방향으로 그 자금이 전용될 가능성도 전혀 배제할 수 없다. 또한 수익성 악화로 호당 사육규모는 계속 증가

하고 있으나 지역 주민들의 반발로 적정 규모의 축사와 가축분뇨 자원화 시설 신·증설이 어려워지면서 축산 지속가능성에 대한 회의도 가지고 있다. 이외에도 악취방지법 등 새로운 규제와 함께 벌칙이 강화되고, 최근 바이오 에탄올과 바이오 디젤 등 신재생에너지 생산에 사료용 곡물이 전용되면서 국제 곡물가격이 폭등하고 지속적으로 사료가격이 인상되고 있어 이 또한 축산 농가들을 심리적으로 위축시키는 요인이 되고 있다.

본 연구에서 여러차례 언급한대로, 가축농가가 밀집한 지역의 경우 축사의 신·증설을 제한할 수 있도록 하는 방향이 수질개선을 위해서는 가장 효과적인 방안으로 판단된다. 이미 대규모 축사를 설치할 경우 사전환경성 검토를 거치게 되어 있으나, 기존에 설치되어있는 축사의 경우에도 밀집도를 고려하여 보다 적극적으로 관리할 수 있는 제도를 마련하는 방안도 제시되어 있다. 또한 환경부와 농림축산식품부에서 축산분뇨 관리를 위한 자원화 시설 등 처리시설의 적용시 밀집한 지역에 우선적으로 적용하는 방안이 필요하다. 전국적으로 방대하게 퍼져 있는 축산분뇨를 관리하는 것은 현실적으로 매우 어렵고 많은 노력과 시간이 필요하다. 따라서 사후관리 체계 강화 등 농림축산식품부에서 실행하고자하는 정책들은 우선적으로 축산밀집지역부터 적용하여 점차 확대해 나가는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

무엇보다 축산분뇨가 수계로 유입되어 수질에 악영향을 미치는 부분을 최소화 하여 환경문제를 최소화 하면서 축산이 발전하기 위해서는 지속적인 사후관리를 강화할 필요가 있다. 본 연구에서도 일부 무단방류 및 관리소홀에 의한 수질악화가 모니터링 되었으며, 이는 지속적인 교육과 지도를 통해 해결하는 방안을 검토해야 한다.

특히, 축산밀집지역이 위치해 수질이 악화되 유역을 선정하여 모니터링을 실시하고 교육 및 지도를 통해 축산분뇨를 적극적으로 관리한다면 수질개선에 큰 도움을 줄 것으로 판단되고, 이와 관련되어 농림축산식품부, 환경부, 지자체, 지역주민, 연구기관이 협업할 수 있는 방안이 필요하다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야의 기여도

연도	연구개발의 내용	달성율
1차년도	국내 가축분뇨 관련 문헌 및 기초자료 조사	100
	대상 지역 모니터링 지점 선정	100
	농업(경종·축산) 비점오염 및 유역 모니터링 체계 구축 및 수행	100
	가축분뇨 처리시설 모니터링 체계 구축 및 수행	100
	유역·수질모델 선정 및 구축	100
	농업(경종·축산) 비점오염 발생·배출·오염부하 특성 분석	100
2차년도	국내 가축분뇨 관련 문헌 및 기초자료 조사	100
	농업(경종·축산) 비점오염 및 유역 모니터링 수행	100
	지역별 농업 비점오염 배출특성 분석	100
	가축분뇨 처리시설 모니터링 및 대상유역 오염부하량 해석	100
	가축분뇨 자원화에 따른 비점오염 모니터링	100
	유역·수질모델 선정 및 구축	100
	축산비점오염 관리시나리오 개발	100
	유역·수질모델을 이용한 배출원별 오염부하 정량화	100
3차년도	국내 가축분뇨 관련 문헌 및 기초자료 조사	100
	농업(경종·축산) 비점오염 및 유역 모니터링 수행	100
	지역별 농업비점오염 배출특성 분석	100
	가축분뇨 처리시설 모니터링 및 수계오염부하 해석	100
	가축분뇨 자원화에 따른 비점오염 모니터링 및 오염부하 특성분석	100
	유역·수질모델을 이용한 배출원별 오염부하 정량화	100
	축산비점오염 관리 시나리오에 따른 축산 최적 관리 기술 도출	100
	축산비점오염의 유역환경 영향 평가 및 관리정책 제시	100

제 5 장 성과활용계획

가. 연구 성과 목표

(단위 : 건수)

구분	논문		학술발표	기타	계
	SCI	비SCI			
1차년도	-	1	4	-	5
2차년도	-	2	3	-	5
3차년도	1	2	3	-	6
계	1	5	10	-	16

나. 연구 성과 활용

(단위 : 건수)

구분	기술실시(이전)	상품화	정책자료	교육지도	언론홍보	기타	계
1차년도	-	-	-	-	-	-	-
2차년도	-	-	1	1	-	-	2
3차년도	-	-	2	1	-	-	3
계	-	-	3	2	-	-	5

- 농업비점오염 발생 및 배출특성 분석을 바탕으로 농촌지역 소유역 특성에 적합한 비점오염저감시설 적용방안 제시
- 토지이용에 따른 수질오염부하량의 분리·산정 기법 개발을 통해 정밀한 수질오염부하량을 산정하여 정책개발에 활용
- 원단위 모니터링을 통한 정밀한 오염부하량 산정하여 농업 비점오염의 발생으로부터 배출, 유달부하량에 이르기까지 각 단계에서 수계오염총량관리 등 단위유역 수질관리 정책 수립을 위한 기초자료 제공 및 비점오염원 관리·정책 지침서 제시
- 지역 특성에 따른 농업 수질 환경 개선을 위한 효율적인 농업비점오염 관리 대책을 수립하여 농촌지역 주민을 대상으로 지속적인 교육을 통해 지속가능한 자원순환형 농업 환경 조성
- 토지이용 특성 및 오염원 분포가 고려된 합리적인 농업비점오염 관리정책 및 농촌지역 수질관리 대책을 수립하며, 이를 통해 농촌 마을의 환경을 개선하며 이를 언론매체를 이용하여 홍보

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학 기술정보

상기에서는 국내 수내 수질대책, 현행 수질관리제도 및 축산 비점오염원 관리정책에 대하여 언급하였다. 본 절에서는 미국 및 유럽 등 선진국의 다양한 비점오염원 및 축산환경 관리정책의 사례들을 조사하고 국내 적용 가능성을 모색하였다. 미국에서는 NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System), EU는 질산염지침 통일적 배출규제, 영국의 질소취약지역의 지정 및 운영 등 다양한 축산환경 관리정책들이 있으며, 영국의 경우 최근 비점오염원의 기여도를 조사하고 개별프로그램을 통하여 비점오염원을 관리하고 있다. 국외 선진국의 국가별 비점오염 관리정책은 다음과 같다.

가. 미국

(1) NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System)

미국의 청정수법(CWA : Clean Water Acts)에서는 NPDES에 의해 허가를 받지 않고 공공수역 으로 점오염물질의 배출을 금지하는 규정 제정(1972년)하여 운영하였다. 하지만, EPA(Environmental Protection Agency)는 기존 점오염원 규제만으로 수질개선에 한계가 있음을 인식하고, 비점오염원 관리의 주된 대상을 강우유출수로 규정하여 청정수법을 개정하여 도시 및 산업지역의 강우유출수에 대한 관리계획을 1987년 수립하였으며, 1990년부터 강우유출수 규제기준을 2단계로 구분하여 적용하였다.

- 1단계(Phase I, 1990.11) : 인구 10만 이상의 도시분류식하수관거지역(MS4s), 산업활동(10개 지정산업), 건설지역(5 acre 이상)
- 2단계(Phase II, 1999.12) : 인구 10만 이하의 MS4s 중 지정도시(인구 5만 이상 또는 인구밀도 1,000명/평방마일, 수질취약지역은 인구 1만 이상), 건설지역(1~5 acre)

(2) Nonpoint Source Programs CWA Section 319

국가 비점오염원 관리 프로그램(National Nonpoint Source Control Program) 지표수 및 지하수에 영향을 주는 다른 오염물질, 토사 침식 및 유출에 의한 오염물질 제어를 위한 개발하였으며, 세부내역은 아래와 같다.

- Road stabilization/removal
- Riparian planting
- Stream channel reconstruction

- Low impact development projects/storm water management
- Livestock exclusion fencing
- Springs protection
- Septic system rehabilitation
- NPS ordinance development
- Project monitoring (pre-project, during project, post-project)
- Development of a watershed-based plan
- Training which assists the applicant in development NPS implementation projects
- Staff time and materials towards implementing projects
- NPS education and outreach relevant to successful implementation of NPS projects

이외에도 미국은 Coastal Zone Nonpoint Source Pollution Control('90), Clean Lake Program('72), National Estuary Program, Agricultural Nonpoint Source Programs 등의 비점오염 관리 정책을 실시하고 있다.

나. EU

(1) 질산염 지침(Nitrate Directive, 91/676/EEC)

1991년 12월 EC각료이사회에서 합의된 “질산염 지침”은 축산 등 농업부문에서 기인하는 수질오염의 경감에 목적을 두고 있다. 생산자에게는 오염자부담의 원칙을 적용하고 있으며, 이 지침은 모든 가맹국을 구속하고 있고 각국은 목적 달성을 위한 스케줄을 작성하도록 되어 있다. 국별 스케줄에서는 질산염에 오염되거나 오염이 우려되는 취약지구(Vulnerable zone)의 지정과 오염방지를 위한 농업인의 자주적 모범농장관리지침(Codes of Good Agricultural Practice)과 농업인의 영농행위에 대한 강제적 규제인 행동계획 등이 포함되도록 되어 있다.

(2) 통일적 배출규제(Integrated Emissions Legislation)

“통일적 오염 방지와 규제에 관한 이사회지령”을 통해 비육돈 2,000두 이상, 모든 750두 이상, 닭 40,000수 이상을 사육하는 집약적 축산의 요건을 규정하고 있다. 이들 시설로부터 오염의 배출(악취발생 포함)은 시설설치 허가시 규제조건에 따르도록 되어 있으며, 여기에는 부영양화의 원인이 되는 물질이나 질산염, 인산에 대한 배출 상한선 설정 및 폐기물 규제가 포함되어 있다.

(3) 환경영향평가

“환경의 영향평가에 관한 이사회지령”은 양계와 양돈의 집약적 시설을 대상으로 하고 있는데, 양돈장의 환경평가 의무는 비육돈 3,000두 이상이나 모든 900두 이상의 시설에 적용된다. 1991년 이후 EC에서는 오염경감 및 방지를 위한 이상의 법적 접근과 동시에 농정 개혁을 시도하였다. 이 개혁의 일환으로 EC는 환경의 보호 및 농촌경관의 보전 요건에 합치하는 농업생산방법에 관한 규칙을 도입하였다.

1992년 조방화 장려금제도(Extensification Premium)를 도입하였는데 과잉생산과 환경문제를 동시에 해결하고 육우생산의 사육밀도를 낮추기 위해 도입하였다.

첫째, 일종의 장려금에 해당되는 육우특별 장려금(BSP) 및 번식우 장려금(SCP)의 경우 농장별로 일정한 사육밀도의 상한을 초과하는 두수에 대해서는 친환경 축산경영의 확립이란 차원에서 지급대상에서 제외시키고 있다. 사육밀도의 상한은 사료작물 면적 1ha당 가축단위로 1993년의 3.5LU에서 1996년 2.0LU까지 점차 낮아졌다.

둘째, 좀더 적극적인 정책으로는 1ha당 가축단위가 1.4LU 미만일 경우 상기의 육우특별 장려금 및 번식우 장려금에 추가해서 두당 30ECU의 장려금이 별도로 지급되었다. 1998년 EU의 모범농장관리지침 개혁과 함께 친환경 축산경영의 요건을 더욱 강화하였다. 각 회원국이 장려금 지급에 있어서 환경관련 조건을 설정하도록 규정하고 있으며, 이 조건을 위반할 경우에는 장려금 지급을 삭감 또는 정지할 수 있도록 되어 있다. 따라서 종전의 육우특별 장려금이나 번식우 장려금에서는 환경조건의 이행이 선택사항이었으나 새로운 개혁안에서는 의무사항이 되었다.

1997년 7월 EU위원회는 모범농장관리지침 개혁을 주요 과제로 하는 Agenda 2000을 발표하였는데, 여기에서는 직접지불과 환경을 연계시킨 횡단적 규제(horizontal regulation)의 도입을 기본방향으로 제시하고 있다.

다. 일본

일본의 축산은 토지기반의 제약 아래서 수입사료 의존형태로 확대 발전되어 왔는데, 가축분뇨 발생량의 증가와 이를 환원시킬 농지면적간의 불균형이 큰 문제로 대두되고 있다. 특히 규모 확대에 따른 분뇨처리의 어려움이 지역별로 크게 문제가 되고 있으며, 수질오염이나 악취 등 축산관련 민원이 계속 발생하고 있다.

일본은 퇴비화 등 분뇨의 자원화에 많은 노력을 기울여 왔으나 분뇨의 야적, 웅덩이저장 등 부적절한 분뇨처리방법이 문제가 되었다. 1997년 농림수산성 조사에 따르면, 낙농가의 36.1%, 육우농가의 17.8%, 양돈농가의 8.9%, 산란계농가의 3.2%에서 야적이 시행되고 있으며, 웅덩이저장은 낙농가 5.4%, 양돈농가 10.2%로 조사되었다. 일본의 가축분뇨처리 정책은 오래전부터 가축분뇨의 자원화에 무게를 두고 추진되어 왔는데, 최근 환경문제가 강조

됨에 따라 자원화의 추진을 한층 강화하고 있다.

축산환경보전과 관련한 법제도로는 “환경기본법”, “폐기물처리 및 청소에 관한 법률”, “악취방지법”, “수질오염방지법” 등이 있으며, 공장이나 사업장에서 발생하는 폐기물, 폐수 등에 대한 규제를 실시하고 있다. 축산에 대해서도 이러한 법률로부터 일정한 규제가 실시되고 있다. 즉 “폐기물처리 및 청소에 관한 법률”은 분뇨의 사용방법을 제한(발효, 건조 등을 통한사용)하고 있으며, “수질오염방지법”에서는 둔사면적 50m² 이상, 우사면적 200m² 이상의 농가에서 신고의무가 있고, 1일당 배수량 50m³ 이상 농가의 폐수는 BOD 160mg/L 이하의 상태에서 공공수역으로 배수할 것을 규정하고 있다. “악취방지법”에서는 부지 경계선 상에서 측정된 암모니아 농도가 5ppm 이하가 되도록 악취물질(암모니아 등)의 배출을 규제하고 있다.

또한, 농림수산성에서는 1998년 5월에 “퇴비 및 가축분뇨의 응덩이·야적 보관관리 해소를 위한 대책”과 “가축분뇨의 처리·이용에 관한 가이드라인”을 공표하였다. 이 가운데 응덩이·야적에 대해서는 하천의 오염을 유발할 가능성이 크기 때문에 조속히 해결할 필요가 있어 이를 위한 구체적인 대책을 수립하게 되었다.

1997년 7월에는 “지속성 높은 농업생산방식의 도입촉진에 관한 법률”, “비료법을 일부개정한 법률”, “가축분뇨 관리의 적정화 및 이용촉진에 관한 법률” 등 소위 특수비료의 적절한 사용을 촉진함과 동시에 품질을 보전하고, 축산업에 있어서 가축분뇨의 적절한 관리와 이용을 촉진하는 목적의 법률을 개정하였다.

이중 “가축분뇨 관리의 적정화 및 이용촉진에 관한 법률”상의 ‘적정화’란 관리기준을 준수한다는 의미로서 분뇨를 야적하거나 응덩이에 저장하는 것을 2000년부터 2004년까지 5년 이내에 없애겠다는 것이 기본 취지이며, ‘이용취지’란 분뇨의 이용을 촉진하는 지원 조치를 규정한 것이다. 이용의 중심은 퇴비방식이며 이를 통해 환경과의 조화는 물론 지속적 농업생산방식을 도모하자는데 있다. 2000년부터 2004년까지의 유예기간을 둔 후, 2004년 11월부터 규제조치에 들어간다.

한편 후생노동성에서는 질산성질소가 사람의 건강에 직접적으로 관련이 있는 물질이기 때문에 이를 규제대상으로 하는 검토를 실시하고 있다. 환경처에서도 1997년부터 지하수에 대한 환경기준을 설정하여 질산성질소를 감시항목으로 지정하고 그 지침을 10mg/L로 제정하고 있다.

이상과 같이, 일본에서는 환경오염을 방지하기 위한 두수규제나 농지에 대한 가축분뇨의 사용제한과 같은 직접규제는 실시하고 있지 않지만, 가축분뇨에 의한 환경오염이 발생하지 않도록 구체적인 수단을 강구하고 있다.

또한 일본은 퇴비유통의 활성화를 위해 적극적인 대책을 추진하고 있다. 일본에서 퇴비의 유통은 약 2,500여개소의 공동퇴비센터를 중심으로 이루어지고 있는데, 운영형태로는 町(마을)직영, 유한회사의 제3섹터방식, JA(농협)직영, 임의조합형태 등이 있다. 퇴비유통센

터의 문제점은 대부분 적자경영이라는 데 있다. 운영상의 문제점으로는 탈취시스템, 수분조절제의 확보난, 스탁공간의 필요성 등이 지적되고 있으며, 톱밥, 왕겨 등의 가격상승으로 부자재 확보 및 조달에도 문제가 나타나고 있다. 퇴비유통센터의 긴급한 과제는 수익의 확보, 퇴비판매처의 확보, 품질안정화 등이다.

이들 문제점을 해소하기 위한 정책적 대응으로서, “환경보전형 축산확립 대책사업”, “축산환경 정비사업” 등을 통해 퇴비의 유통촉진과 함께 퇴비화시설의 정비사업이 추진되고 있다.

라. 네델란드

네델란드는 축산을 중심으로 농업생산이 집약화 됨으로서 환경문제가 점차 심화되었다. 특히 좁은 국토에 대량의 가축분뇨 배출은 토지의 부하용량을 초과하게 되었다. 네델란드 정부는 1984년 농업생산으로부터 양분유출을 줄이기 위한 단계적 대책을 마련하여 추진해왔고, 최근에는 가축분뇨관리 정책을 양분관리정책으로 전환하여 질소와 인산의 환경오염부하를 줄이는데 초점을 두고 있다. 환경친화적 국토보전 차원의 물질균형 달성을 위한 가축분뇨처리 대책의 발전 과정을 보면 크게 3단계로 나누어 단계적으로 추진하고 있다.

1단계(1984~1990) :

분뇨생산권을 통해 분뇨의 산출량을 안정화시키는데 목표를 두고 1986년에 가축분뇨 생산권(manure production right)을 도입하였다. 자체 생산한 축분퇴비를 자신의 밭에서 모두 사용할 수 있을 만큼 농장규모가 큰 경우에 한하여 퇴비생산의 증가를 인정했다. 토양에 대한 영양분의 투입량이 산출물에 의해 흡수되는 양과 일치되도록 퇴비의 최대허용 시비량을 차츰 감소시켰다. 분뇨를 초과 생산하여 농지에 환원할 때는 잉여분에 대하여 과세하도록 하였고 부과금은 일종의 소득 재분배적 성격을 지니고 있으며, 세입은 비료정책(비료수송, 저장 및 처리)을 위한 재정 지원금으로 용도가 지정되어 있다.

2단계(1990~1995) :

농업생산에서 환경부문으로 양분의 유출을 점차 감축하는 것이며, 경지 단위면적당 가축분뇨의 인 성분 사용량을 규제하는 지침이 도입되었다. 퇴비 사용량을 감소시키고 겨울철에 퇴비를 사용할 수 없는 기간을 더욱 늘렸다. 이 밖에도 비료의 사용량 감소, 사료 급여 방법의 개선, 사료 구성의 최적화를 통하여 무기질 투입을 감소시킬 수 있는 방안이 강구되었다. 2단계의 종료시점에 이르러 양돈과 양계의 사육두수 규모가 감소하였다. 질소유출량은 1985년과 비교하여 15% 감소하였으며, 암모니아 휘산량은 1980년에 비해 약 20% 감소하였다.

3단계(1996~2008/2010) :

무기물 투입과 산출의 균형을 달성하는 것이며 네델란드 분뇨정책의 최종적인 목표이다. 즉, 환경부문으로 유출되는 질소와 인산을 환경적으로 수용 가능한 수준까지 줄이는데 있다. 이 기간 중 네델란드 양분정책의 목적 중 하나는 EU 질산염지침의 목표수준(170kg/ha)에 도달하는 것이다. 이를 위해 환경적으로 수용 가능한 질소, 인산의 유출수준을 줄이고 균형시비수준 달성을 목표로 한 무기물 기장제도(MINAS : Mineral Accounting System)를 도입·운영하고 있다.

MINAS는 환경친화적인 국토관리 차원에서 경종과 가축을 연계하여 무기물을 과학적이고 종합적으로 관리하는 네델란드의 독특한 시스템이다. 이 제도는 1998년부터 환경적 위험이 높은 양축농가(2.5 가축단위 이상의 집약적 가축사육농가)를 중심으로 처음 시행된 이후 점차 양돈, 양계 농장으로 확대되고 있다. 특히 2001년부터는 모든 농민들에 대해 의무를 부과하고 있다.

MINAS는 농장경영에 있어 과잉양분 유출의 경우 높은 부과금을 징수함으로써 농민들이 스스로 무기물 잉여를 사전에 줄이도록 유인하고 있다. 농민들은 개별 농장에서 무기물의 투입과 산출에 대해 정확하게 기록하여 매년 무기물수지 보고서(Return Form)를 제출해야 한다. 이 보고서를 기초로 양분수지의 산출과 과잉양분에 대한 세금이 책정된다.

MINAS의 기본적 원칙은 농민들이 질소와 인산 등의 비료성분을 개인농장에 정확히 얼마나 투입하였고, 또한 작물을 생산하는데 어느 정도를 사용하였는가에 대한 정확한 기록에서부터 출발한다. 기록된 무기물의 투입과 산출의 차이는 농장의 무기물 손실 또는 잉여가 된다. 퇴비를 땅에 살포하거나 가축을 사육하면 일정량의 무기물이 유출되며, 이는 MINAS에서 최소한의 허용수준인 손실표준(Loss Standard)으로 고려될 수 있다.

만약 농장의 무기물 잉여가 손실표준보다 높으면, 농민은 그 차이만큼 세금을 부과 받게 된다. 부과금 책정수준은 농민들이 부과금을 지불하는 것보다 무기물 잉여를 줄이는 방법을 택하는 것이 더 경제적인 만큼 높게 부과되고 있다. 한편, 네델란드에서는 가축사육 거래제를 도입하고 있는데 이것은 오염배출권을 시장에서 거래할 수 있도록 고안된 배출권 거래제(Marketable Permit System)에 이론적 기초를 두고 있고, 가축분뇨의 과잉발생 문제를 해결하기 위해 운영하고 있다.

MINAS하에서 농민들은 손실을 줄이기 위해서 단계적인 노력이 필요하다. 우선 화학비료나 농후사료의 투입을 낮춤으로써 무기물 사용의 효율성을 향상시키는 방안과, 저농도의 무기물 사료 구입 등을 통해 투입재를 조절하는 방안을 들 수 있다. 매년 농민들은 무기물 보고서를 농수산 세무부서에 제출해야 한다. 제출된 보고서에는 가축분뇨 출하 증빙서류(분뇨처리 계약서 포함)와 가축분뇨 사료의 무기물 함량에 대한 분석결과 등을 기록한 서류를 첨부해야 한다. 2000년부터 ha당 2.5가축단위 이상의 농가는 그들의 신고를 증명하는 결산보고 명세서를 제출해야 한다. 결산보고서는 무기물의 투입물과 산출물이 일반적으로 무기물 변동자료이면서 재무보고이기 때문에 쉽게 다룰 수 있으며, 농가의 재무관리와 무기물 기록

을 명확하게 연결하고 있다.

대체적으로 MINAS에 대한 평가는 물질균형 유지에는 바람직한 정책 프로그램이나 상당한 정책수행비용이 소요되는 것으로 평가되고 있다. 최근 EU집행부는 MINAS가 물질균형 달성에 어느 정도 성과를 거두는 제도적 장치로 인정하고 있으나, 네델란드의 양분관리를 위한 충분한 정책 프로그램으로는 아직 받아들여지지 않고 있다.

MINAS의 성공을 보장하기 위한 보완조치로서 돼지의 사육두수 감축을 추진하였다. 1998년 9월부터 “돼지생산조정법”을 시행하게 되었으며, 이 법에 따라 이른바 돼지 생산권이 도입되었는데, 모든 농가는 1995년(혹은 1996년)의 평균적 돼지 사육두수를 기초로 돼지 생산권을 소요하게 되었다. 이와 함께 이 대책은 동물복지 및 동물위생기준의 강화조치도 함께 시행하도록 규정하고 있다.

마. 덴마크

영양분 및 유기물에서 기인한 오염을 삭감하기 위한 행동계획(Action Plan to reduce the Pollution with Nutrients and Organic Matter, NPO)이 1985년 국회의 결의를 거쳤다. 이 결의에는 구체적인 삭감목표가 설정되지 않았지만, 슬러리 및 분뇨의 저류시설 기준, 슬러리의 시용기준, 가축두수와 분뇨의 농지환원 면적간의 관계를 설정한 일반 조화규칙 등 몇몇 규제조치가 도입되었다.

1986년 영양분 유출에 따른 부영양화로 바다의 오염이 커다란 사회문제로 대두되자, 1987년 2월 환경부장관은 질산염 유출량의 50%, 인 유출량의 80%를 3년 이내에 삭감한다는 목표를 내건 종합대책, 즉 수자원 환경에 관한 행동계획(The Action Plan on the Aquatic Environment)을 제안하였다. 1985년의 행동계획(NPO)과 이 수자원환경에 관한 행동계획에 따라 1987년부터 실시된 규제조치는 슬러지 및 분뇨의 저류시설 구조 기준을 제시하고 최소 9개월의 분뇨 저장능력을 갖추 것을 의무화하면서, 가을의 슬러지 살포금지, 생육중인 작물이 없는 농지에 사용할 경우에는 사용 후 12시간 이내에 토양 속으로 스며들게 할 것을 규정하였다. 또한 농지 위의 야적금지와 가축두수와 분뇨의 농지환원 면적에 관한 기준(조화규칙)을 설정하고, 농가 소유면적의 65%에 대해 양분흡수 작물이나 동계작물, 콩, 감자 등 생육기간이 긴 작물을 재배하는 Green cover(녹피작물)의 의무화를 규정하였다.

덴마크 규제체계의 핵심은 윤작과 시비계획인데 1988년 이 계획이 도입되었다. 이 제도는 1991년의 “농업의 지속적 발전을 위한 행동계획”으로 대폭 강화되어 1993년 8월 1일부터 실시되었다. 이 강화조치로 농가는 매 작물연도(8월 1일 ~ 7월 31일)에 윤작과 시비계획을 의무적으로 적성해야 하는데, 이 계획에는 농가의 질소추정 소요량 및 이 소요량을 어떻게 충족시킬 것인지를 명시해야 한다. 여기서 농가의 질소 필요량은 각 농지면적 및 그 농지에서 재배되는 작물의 종류에 따라 계산되며, 그 필요량은 화학비료, 가축분뇨, 기타

유기질비료 어떤 것으로 충족시켜도 무방하지만, 가축분뇨나 기타 유기질비료를 이용하는 경우에는 규정된 최소 이용률을 지키도록 의무화하고 있다. 그리고 농가단계의 질소시용 총량이 농가의 질소쿼터를 초과하지 않도록 하기 위해 농가들은 실시상황을 기재한 질소의 대차대조표를 매년 작성하도록 하고 있다.

ha당 최대 가축단위 수는 젖소 및 육우농장의 경우 2.3단위(2002년 8월 1일 이전)에서 1.7단위로 낮추고, 양돈농장은 1.7단위에서 1.4단위로 낮추어야 하며, 기타 가축농장은 2.0단위에서 1.4단위로 감축하도록 되어 있다.

바. 영국

영국의 경우 비점오염 관리의 구체적인 제도는 구축되어 있는 않은 실정이나, 최근 들어 비점오염원에 대한 관심의 증가로 비점오염원 기여도 조사를 통하여 수질오염원의 주요한 원인으로 인식하여 개별 프로그램을 통해 관리를 시작하였다. 영국의 비점오염원은 조사결과 주로 농업에서 기여하고 있는 것으로 조사되었으며, 그로 인하여 영국의 수자원법(Water Resources Act)에서는 질소취약지역을 지정하여 운영하고 있다.

◎ 질소취약지역 지정 및 운영(Water Resources Act, 1991)

영국의 비점오염원은 주로 농업에 의해 기인하므로 농업에 대해 규제를 실시하고 있으며, 다음과 같은 세부 규제 정책을 실시하고 있다.

- 잠재적 오염물질의 토지 살포 최소화
- 연간 유기퇴비사용량의 질소함유총량 규제
- 토양내 및 토양상부에 있는 오염물질의 수체 유입 방지
- 축분이나 슬러지 살포기간 규제 등으로 관리

이러한 선진국의 다양한 비점오염관련 정책은 직접적으로 국내에 적용할 수는 없지만, 종합적 분석을 통하여 국내에 적합한 부분을 적용한다면, 국내 비점오염원 관리 체계에 큰 도움이 될 것으로 판단되어 진다. 본 연구에서는 선진국의 비점관리오염 관리정책의 종합적인 분석을 통하여 국내 축산비점오염 최적관리기술을 도출하여 세계기술을 선도할 예정이다.

사. 독일

독일의 경우 질산염의 용탈로부터 수계를 지키기 위해 가축분뇨, 특히 슬러리의 질소시용 규제 필요성에 관한 사회적 합의가 이루어지고 있었지만, 법적 수단을 통한 규제는 1990년

대 중반 이후에나 가능하게 되었다. 1991년의 “질산염 지침”에 따라 비료사용에 관한 EU차원의 지침이 국내법으로 구체화되지 않으면 안되게 되면서, 1996년 “연방시비정령”이 제정되었다.

가축분뇨와 관련된 규제로서, 시설에 관한 규제에 따라 대규모 가축분뇨 저장시설의 설치 시 허가를 받아야 하며 6개월 이상의 저장능력 시설을 확보해야 한다. 가축분뇨 사용관리에 대한 규제에 따라, 모든 비료는 식물과 토양의 요구에 합치되도록 그 시용시기와 시용량이 우수농장 관리지침에 따라 결정된다.

가축 슬러리의 시용은 11월 16일 ~ 1월 15일까지 금지되며, 농가는 작물년도 종료 후 농장내 모든 양분량의 투입과 산출의 대차대조표를 작성하여야 한다(10ha 이상의 농가). 토양의 질소검사는 연1회, 인산·칼리검사는 3년에 1회 실시하고, 가축분뇨에서 나오는 질소의 시용량은 1998년부터 1ha당 170kg로 제한하고 있다. 규제사항이 잘 준수되고 있는지 감시되며, 위반행위에 대해서는 벌금이 부과된다.

아. 프랑스

농가가 가축분뇨 발생량 기록부를 보관하여 분뇨사용계획서의 작성 및 제출의무를 부과하고 있다. 질소의 최대 살포량은 2000년부터 210kg/ha/년, 2003년부터 170kg/ha/년으로 삭감하고, 살포시기에 대해서는 분뇨의 형태나 작물에 따라 살포금지 시기가 지정되어 있으며, 토요일, 일요일, 경축일은 살포가 금지되어 있다.

살포지에 대해서는 하천·수원·민가와와의 거리에 따라 제한하고 있으며, 규칙을 준수하지 않는 농가에 대해서는 과징금을 부과하고 있다. 일정규모 이상의 저장시설에 대해서는 허가제로 관리하며, 타인의 민가, 우물, 하천, 수원 등과의 격리거리를 규제하고 있다. 또 4개월분 이상의 분뇨저장시설 설치가 의무로 부과되는데, 지역에 따라서는 6개월 또는 9개월 이상으로 하는 경우도 있다.

제 7 장 연구시설장비현황

1. 품 명	(영문) Flow Meter (국문) 휴대용 유량 측정기		
2. 모델명	3000-LX		
3. 제조사	Swoffer Instruments, Inc.	4. 제작국가	USA
<p>4. 규 격(성능 및 사양)</p> <p>1. 일반사양</p> <ul style="list-style-type: none"> · 측정범위 : 0.03 to 7.5m/s · 표시창 : Two line by 16 Character LCD · 정확도 : ±1% · 평균표시 기능 : Completely user adjustable from 1 to 999 seconds · 운전 가능 온도 : LCD -25.6°C to 49°C Sensor -17.8 to 149°C · 전원 : Four AAA batteries. Alkaline or rechargeable nicads · 지시기 크기 : 15.2 × 10.2 × 5.1 cm · 지시기 무게 : 708g (including 4 AA batteries) · 지시기 재질 : Vacuum-formed ABS with a clear acrylic viewing lens over the LCD · 지시기 Keypad : Back-printed polycarbonate in four colors plus black. Membrane type contacts with minimum actuation pressure required for long life and water resistance · 조임 장치 : Stainless steel & Brass · 감지 장치 재질 : Aluminum = 6061-T6, stainless steel = #303 · 감지장치의 몸체와 회전축 : Acetal-resin, carbon reinforced and machined from solid stock · 프로펠러 : Glass-filled nylon. 50.8mm diameter in supplied. · 전기 연결 장치 : Hyper-flexible PVC jacketed cable. Two-conductor sensor signal system. Circular plastic connector with twist-lock operation. Water resistant with gold plated contacts. · 케이블의 길이 : Equal to wand at full extension plus five feet. Special lengths to 1000 are also available. · 연결선의 길이 : PHOTO-FIBER-OPTIC two-conductor electrical with all electronics permanently encapsulated in epoxy resin. 			

II. 성능

- 광섬유 센서는 유량조건에서도 정확한 재현성을 제공
- ft/sec 또는 m/sec로 data 표시
- 1-999초 사이의 어떠한시간에서도 정확한 평균 속도 계산 가능
- 최종 사용 평균시간을 저장
- 속도는 하나 또는 누적 평균이 가능(사용자 선택)
- Sensor 구성품 (propeller, rotor, rotor shaft)은 쉽게 교환이 가능하고 사용자가 손쉽게 정비 가능함.
- 어떠한 흐름 측정 요구에도 실질적 적용이 가능하도록 sensor 이동기 또는 'wands'로 폭넓은 선택을 제공
- 경중량이어서 작업장에서 사용이 용이
- 4개의 다른 sensor/propeller에 대한 교정 설치는 지시기 내에 저장
- 폐쇄된 접촉 signal system은 모든 sensor에 적용 가능하도록 작업장에서 교정 가능
- Liquid Crystal에서의 신속한 display
- 서로 다른 규격의 센서(1-3/8", 2", 3") 사용으로 최적의 유속 측정 가능함



1) 건국대



2) 강원대



3)서울대



4) 이티워터

기계용도 설명서

1. 품 명	(영문) 6712 Portable Sampler (국문) 6712 휴대용 자동채수기		
2. 모델명	6712 Portable Sampler		
3. 제조사	Teledyne ISCO, Inc.	4. 제작국가	USA
4. 규 격(성능 및 사양)			
<p>I. 일반사양</p> <ul style="list-style-type: none"> • 컨트롤러의 방수 : NEMA 4X 와 6 ratings. • 샘플 펌프 : Peristaltic pump • 샘플 보측 : 일정시간 또는 불균등한 시간 • 샘플 분배 : 순차적 또는 혼합적 • 샘플 주기 : 99시간 59분까지 1분씩 증가로 연속적인 샘플 사이에 시간 또는 분당으로 선택 가능. • 세척 주기 : 0 ~ 3번 • 샘플 재시도 : 0 ~ 3번 • 표시 능력 (디스플레이) : 문자와 숫자를 조합한 40개 문자 표시 가능(LCD) • 프로그램 안전장치 : 디스플레이 입력을 보호하기 위한 비밀번호 제공 • 프로그램 저장 : 사용자의 편의에 따라 다양하게 저장가능 • 샘플 부피 : 1mℓ씩 증가로 0 ~ 9990mℓ까지 가능. • 샘플 부피 반복능력 : ±10mℓ • 시간 정확도 : 1분/월 • 최대 흡입 양정 : 8.5 m • 작동 온도 범위 : 0 ~ 49°C • 채취기 기본 용량 : 썰기 모양의 1ℓ 폴리프로필렌병 24개 • 흡입깊이에 따른 유량 (내경 3/8" 흡입관 사용시) : <ul style="list-style-type: none"> - 3 feet suction head : 3.9 liters per minute - 10 feet suction head : 3.7 liters per minute - 15 feet suction head : 3.6 liters per minute - 20 feet suction head : 3.3 liters per minute • 흡입깊이에 따른 유속 (내경 3/8" 흡입관 사용시) : <ul style="list-style-type: none"> - 3 feet suction head : 3.0 ft/s - 10 feet suction head : 2.9 ft/s - 15 feet suction head : 2.7 ft/s - 20 feet suction head : 2.5 ft/s 			

II. 성능

- 기기의 오용이나 극한 환경에 잘 견딜 수 있도록 만들어져 있으며 믿을 수 있는 수행 능력을 제공.
- 폭넓은 샘플병의 구성으로 일반적인 목적 또는 독성 오염 물질 채취에도 적용이 가능.
- 도시에서의 샘플링이나 산업적 샘플링 용도로도 쉽게 취급할 수 있음.
- 물, 먼지, 습기 및 부식성 가스로부터 완벽한 차단 능력을 가짐.
- 시간, 유량 또는 폭우조건 등을 기초로 순차적 또는 복합적으로 샘플링 가능.
- 빠르고 편리한 채취기의 설치를 위해 프로그래밍 명령을 쉽게 수행할 수 있도록 Self-prompting을 제공하는 디스플레이를 가짐.
- 유량계, 우량계뿐만 아니라 pH, 전기전도도, 탁도 등의 장비와 연결하여 DATA 변화에 따른 샘플링이 가능.

5. 기계사용 용도설명

- 하천, 개수로 등에서 시간, 유량, 폭우조건 등 여러 상황에 맞춰서 다양하게 시료 채취.
- 다양한 시료 샘플링으로 수질의 정확한 DATA 획득이 가능.



1) 건국대



2) 서울대

제 8 장 참 고 문 헌

- 강문성, 박승우, 허용구(2009). 소유역에서의 수계환경관리 및 평가시스템의 개발. *한국농촌계획학회*, 7(1), pp. 15-25.
- 관계부처합동(2004). 4대강 비점오염원관리 종합대책.
- 국립환경과학원(2008). 수계오염총량관리 기술지침.
- 국립환경과학원(2011). 낙동강 축산계 오염원 TOC 원단위 마련 및 오염물질 배출경로 규명 개선연구.
- 기획재정부(2010). 한·EU FTA 체결에 따른 국내산업 경쟁력 강화대책, 기획재정부 보도자료.
- 김종구, 이경보, 이덕배, 이상복, 나승용(2004). 배수조건이 다른 논에서 돈분뇨 액비사용량이 벼 생육 및 양분이동에 미치는 영향. *한국토양비료학회*, 37(2), pp. 97-103.
- 김진호, 한국헌, 이종식, 김원일, 정구복, 하상건, 정강호, 이경보, 이경도, 이정택, 권순국, (2006). 농업환경분야 비점오염 연구방향, 비점오염포럼, 서울대학교, 46, pp. 158-167.
- 노기안, 김필주, 강기경, 김세근, 안윤수, 윤성호 등(1999). 시비방법에 따른 벼논의 양분수지. *한국토양비료학회*, 45(5), pp. 55-57.
- 농림부(2002). 축산오염 저감을 위한 농업유역의 관리기법 개발 연구.
- 농림수산식품부(2007). 새만금 유역의 비점오염원 제어와 관리기술 개발연구.
- 농림수산식품부(2007). 한·미 FTA 농어업분야 국내보완대책.
- 농림수산식품부.(2011). 농식품부, 가축분뇨 해양투기 근절에 역량집중, 농림수산식품부 보도자료.
- 박백균, 이종식, 조남준, 정광용 (2001), 벼에대한 돈분뇨 액비의 시용량 및시용시기 규명. *한국토양비료학회*, 34(3), pp. 147-152.
- 박신정, 이창희, 나은혜 등(2010). 한강수계 수질오염총량관리 목표 수질평가. *한국물환경학회지*, 44(7), pp. 905-911.
- 박태양, 김성재, 장정렬, 최강원, 김상민(2011). 침사구의 밭 비점오염 저감평가를 위한

- 포장실험 연구, *농업생명과학연구지*, 45(5), pp. 97-103.
- 신은성, 최지용, 이동훈(2001). 농업지역의 비점오염물질 유출특성에 관한 연구. *한국물환경학회지*, 17(3), pp. 299-311.
- 원찬희, 정팔진, 김민정, 조선영, 김세훈, 김종천(2002). 동진강 유역 비점오염원 정밀조사. *공학연구*, 33, pp. 13-20.
- 윤춘경, 권순국, 권태영(1998). 인공습지의 농촌지역 오수정화시설에 적용가능성연구. *한국농공학회지*, 40(3), pp. 83-93.
- 윤춘경, 유 찬(1998). 농촌지역 소규모 오수차집시스템에관한 연구. *한국농촌계획학회지*, 4(2), pp. 20-28.
- 윤춘경, 한정윤, 정광욱, 장재호(2007). 소양강댐 유역의 오염부하량 산정을 위한 BASINS/WinHSPF 적용, *한국육수학회지*, 40(2), pp. 201-213.
- 이경보, 김종천, 김종구, 이덕배, 박찬원, 김재덕(2005). 동진강 유역의 오염부하량평가. *한국환경농학회지*, 24(2), pp. 93-97.
- 이혁, 김계현(2005). GIS기반의 농촌지역 오염부하산정 시스템, *대한환경공학회지*, pp. 276-279.
- 장주형, 이형진, 김현구, 박지형, 김지호, 류덕희(2010). 점오염원과 비점오염원의 부하량 정량화를 위한 수질, 유량 모니터링 개선, *한국물환경학회지*, 31(1), pp. 23-30.
- 전지홍, 김태일, 최동혁, 임경재, 김태동(2010). PEST를 이용한 임하호유역 HSPF 수문보정. *한국물환경학회지*, 26(5) pp. 802-809.
- 정광욱, 윤춘경, 장재호, 김형철(2007). BASINS/HSPF를 이용한 화성유역 오염부하량의 정량적 평가. *한국농공학회지*, 49(2), pp. 61-74.
- 정상욱, 김현수(1996). GLEAMS 모형을 이용한 농약유실의 추정, *경북대학교 환경과학연구소 논문집*, pp. 77-91.
- 정용락, 김유경, 류환, 정세웅, 엄한용, 최준혁(2007). 남양호 비점오염물질 유출 특성 및 유달을 산정. *한국물환경학회지*, 45(4), pp. 39-47.
- 최선화(2007). 축산분뇨 처리현황과 효율적 관리방안 연구. *한국관개배수*, 14(1), pp. 110-120.
- 최중대, 이기중, 권기수, 구본준(2001). 강원도 농촌유역 소하천의 수질특성과 비점원오

- 염배출. *한국물환경학회·상하수도학회 공동 춘계 학술발표회 논문집*, pp. A-16-19.
- 최지용, 신은성(1999). 국토환경용량을 고려한 축산오염 관리방안연구.
- 한강수계관리위원회, 국립환경과학원 한강물환경연구소(2009). 주요 비점오염원 유출 장기 모니터링 및 저감기법 연구.
- 한국현, 김진호, 이종식, 이정택, 조재영, 윤광식 등(2005). 강우시 채수빈도가 논 오염 부하량 산정에 미치는 영향. *한국환경농학회지*, 24(1), pp. 17-23.
- 환경부(2003). 축산폐수배출시설 및 처리시설 관리개선방안연구.
- 환경부(2006). 물환경관리기본계획.
- 환경부(2006). 비점오염원관리 업무편람.
- 환경부(2011). 주요 비점오염원 유출 장기모니터링 연구.
- 환경부(2011). 가축분뇨 관리 선진화 방안.
- 환경부(2011). 가축분뇨 지역단위 통합관리센터 자원화시범사업 추진계획.
- 환경부(2011). 가축사육 제한구역 지정기준 권고안 마련을 위한 연구.
- 환경부·농림부(2004). 가축분뇨 관리·이용대책.
- 홍성구, 권순국(1989). 농경지로부터의 오염물질 유출부하 특성, 총 Kjeldahl 질소 및 총 인을 중심으로, *한국농공학회지*, 31(3), pp. 92-102.
- Borah, D. K. , Bera, M. , Shaw, S. (2003, 2004). Water, Sediment, Nutrient, and Pesticide Measurements in an Agricultural Watershed in Illinois During Storm Events. *Transactions of the ASAE*, 46(3), pp. 657-674.
- Culver, T. B., Shenk, G. W. (2002). Dynamic Optimal Ground Water Remediation by T-N. *Journal of water resources planning and management*, 124(1), pp. 59-64 .
- Du, B. , Arnold, J. G. , Saleh, A. , Jaynes, D. B. (2004). Development and Application of SWAT to Landscapes with Tiles and Potholes. *Transactions of the ASAE*, 48(3), pp. 1121-1136.
- Easton, Z.M., Walter,M.T., Schneiderman, E.M., Zion, M.S., Steenhuis, T.S. (2009). Including Source-Specific Phosphorus Mobility in a Nonpoint

- Source Pollution Model for Agricultural Watersheds. *Journal of environmental engineering*, 135(1). pp. 25-35.
- Jeon, J.H., Yoon, C.G., Jung, K.W., Jang, J.H. (2007). HSPF-Paddy simulation of water flow and quality for the Saemangeum watershed in Korea, *Water Science and Technology*, 56(1), pp. 123-130.
- Hooda, P. S., Moynagh, M., Svoboda, I. F., Miller, A. (2000). Macroinvertebrates As Bioindicators of Water Pollution in Streams Draining Dairy Farming Catchments. *Chemistry and Ecology*, 17(1), pp. 17-30.
- Hughes, K. L. , King, K. W. , Balogh, J. C. , Arnold, J. G. (2001). Event Modeling of a Turfgrass System Using a Modified SWAT Model. *ANNUAL INTERNATIONAL MEETING- ASAE/CSAE* -, pp, 154-155.
- Leone, A. , Ripa, M. N. , Benigni, G. (2006). Agricultural Land Use and Trophic State of the Lake Vico (Central Italy). *CIOSTA CIGR V CONGRESS*, 28, pp. 55-61.
- M.S. Kang, M.G. Kang, S.W. Park, J.J. Lee, K.H. Yoo (2006). Appling Application of grey model and artificial neural networks to flood forecasting, *JAWRA*, 42(2), pp. 473-486.
- Olarewaju, O. E. , Adetunji, M. T. , Adeofun, C. O. , Adekunle, I. M. (2009). Nitrate and phosphorus loss from agricultural land: implications for nonpoint pollution. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 85(1), pp. 79-85.
- Padia, R. , Parker, I. , Sullivan, B. , Karthikeyan, R. , Mukhtar, S. (1998). Fate and Transport of E. coli in Cedar Creek Watershed, Texas. *PAPER- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS 8*, pp. 4815-4826.
- Saleh, A, Osei, E, Jaynes, D. B., Du, B., Arnold, J. G., (2000). Economic and Environmental Impacts of LSNT and Cover Crops for Nitrate-Nitrogen Reduction in Walnut Creek Watershed, Iowa, Using FEM and Enhanced SWAT Models, *Transactions of the ASABE*, 50(4), pp. 1251-1270.
- Santhi, C. Arnold, J. G. Williams, J. R. Dugas, W. A. Srinivasan, R. Hauck, L. M. (2001). Validation of the SWAT Model on a Large River Basin With

- Point and Nonpoint Sources, *Journal of the American Water Resources Association*, 37(5). pp. 1169-1188.
- Smith, S. J., Sharpley, A. N. (1991). Soil Nitrogen Mineralization in the Presence of Surface and Incorporated Crop Residues. *Journal of Agronomy*, 82(1), pp. 112-116.
- Spooner, J., Line, D. E. (1993). Effective monitoring strategies for demonstrating water quality changes from nonpoint source controls on a watershed scale, *Water science and technology*, 28(3-5), pp. 143.
- USEPA. (1990). Monitoring Lake and Reservoir Restoration : Technical Supplement to The Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual, EPA440/4-90-007.
- USEPA. (1990) The Lake and Reservoir Restoration Guidance manual, 2nd Ed., EPA-440/4-90-006.
- USEPA. (1993). Created and Natural Wetlands for Controlling Nonpoint Source Pollution, C. K. Smoley.
- USEPA. (1993). Statistical methods for the Analysis of Lake Water Quality Trends, EPA#841-R-93-003.
- USEPA. (1988). Design Manual : Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment, EPA/625/1-88/022.
- Woli, K. P., Nagumo, T., Lie, L., Hatano, R. (2004). Evaluation of the impact of paddy fields on stream water nitrogen concentration in Central Hokkaido, *Soil Science and Plant Nutrition*. 50(1), pp. 45-55.

부 록

산간지역 모니터링 결과

<표-229> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-1)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-04-08	9.39	6.86	13.9	1.5	3.0	2.9	9.2	4.1	5.965	0.043	0.794	0.098	ND	0.022
2013-05-09	7.78	6.87	13.3	3.3	1.0	3.0	6.4	5.3	3.763	0.055	0.683	0.168	ND	0.045
2013-06-24	6.23	7.76	12.5	4.7	7.0	3.3	25	3.6	1.818	0.065	1.417	0.105	ND	0.032
2013-07-01	6.2	7.5	11.5	1.9	2.0	2.3	25.0	3.9	2.561	0.063	1.289	0.905	ND	0.042
2013-08-05	6.8	8.5	9.6	1.0	2.0	1.8	31.0	2.0	2.880	0.019	0.794	0.011	ND	0.004
2013-09-23	7.2	7.8	16.5	1.7	2.0	1.2	25.0	2.5	2.396	0.025	1.233	0.410	ND	0.011
2013-10-11	6.8	8.3	13.6	1.3	1.0	1.4	32.8	4.2	2.694	0.045	1.225	0.348	ND	0.029
2013-11-15	6.5	7.8	85.4	2.3	0.8	2.9	11.0	6.6	2.319	0.036	0.856	0.334	ND	0.025
2013-12-20	5.5	6.9	12.3	0.4	0.0	2.1	77.8	8.5	2.348	0.061	1.263	0.348	ND	0.027
2014-01-23	5.5	6.5	12.3	0.8	0.0	0.5	0.7	0.15	2.856	0.110	1.793	0.367	ND	0.043
2014-02-25	5.9	7.1	14.8	1.6	3.0	1.1	6.6	2.90	2.223	0.169	1.873	0.341	ND	0.052
2013-03-28	0.9	6.6	16.0	3.0	8.0	0.1	1.1	0.97	2.088	0.091	1.680	0.215	ND	0.074
2013-04-21	2.5	8.4	18.0	0.5	2.0	2.5	2.6	0.86	2.571	0.047	1.475	0.154	ND	0.041
2014-05-23	0.5	8.9	22.0	0.7	17.0	2.2	29.6	9.77	2.312	0.072	1.610	0.218	ND	0.054
2014-06-30	8.1	8.4	21.0	2.7	0.0	1.0	1.7	0.56	3.919	0.076	2.240	0.160	ND	0.037
2014-07-24	7.2	7.6	22.8	1.3	0.0	1.2	11.6	3.83	2.821	0.039	1.026	0.174	ND	0.005
2014-08-25	6.8	8.5	9.6	1.3	2.0	0.4	4.8	0.5	6.124	0.168	1.290	0.152	ND	0.066
2014-09-30	6.2	8.4	16.9	4.0	0.0	0.6	5.1	2.8	2.368	0.850	0.947	0.010	ND	0.016
2014-10-15	7.2	7.8	16.5	0.7	2.0	0.6	10.2	10.1	2.368	0.012	1.912	0.063	ND	0.016
2014-11-19	7.1	6.8	224.0	0.9	1.0	0.8	4.1	3.2	3.042	2.999	2.121	0.012	ND	0.017
2014-12-24	6.5	7.8	85.4	0.7	1.0	0.8	5.1	2.3	4.013	0.337	3.205	0.085	ND	0.017
2015-01-30	3.6	11.9	7.9	4.2	28.0	2.0	0.1	6.1	1.600	4.369	0.024	2.025	0.029	0.016
2015-02-27	4.2	12.7	7.4	4.1	21.2	2.0	0.1	10.1	10.4	4.643	0.039	3.215	0.045	0.018

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-230> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-2)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	10.5	7.45	12.8	4.7	7.0	1.4	3.4	3.0	2.645	0.057	0.993	0.166	ND	0.025
2013-04-08	9.39	6.42	14.9	4.0	5.0	2.6	4.4	3.2	7.941	0.043	0.696	0.276	ND	0.033
2013-05-09	6.20	6.38	13.8	1.0	1.0	1.6	7.8	11.1	7.730	0.074	0.895	0.174	ND	0.052
2013-06-24	6.12	7.31	15.4	0.7	1.0	1.0	45.6	8.7	1.984	0.037	1.706	0.099	ND	0.031
2013-07-01	6.1	7.3	12.5	0.6	0.9	1.6	15.6	7.1	1.9	0.0	1.8	0.1	ND	0.0
2013-08-05	6.7	7.9	8.9	2.7	13.0	0.3	39.0	0.8	2.472	0.020	0.696	0.027	ND	0.012
2013-09-23	7.5	7.8	16.4	2.4	1.0	0.5	20.4	2.5	2.368	0.088	1.055	0.480	ND	0.025
2013-10-11	7.3	9.2	13.9	3.0	2.4	0.8	43.4	2.4	2.779	0.027	1.610	0.341	ND	0.020
2013-11-15	6.9	7.4	154.2	4.3	1.0	1.5	28.6	5.4	2.359	0.023	0.829	0.348	ND	0.020
2013-12-20	5.7	5.7	11.9	1.2	0.0	1.7	18.2	6.1	2.490	0.034	1.273	0.380	ND	0.023
2014-01-23	5.7	6.2	14.8	1.5	1.0	0.6	1.2	1.06	2.013	0.051	1.546	0.339	ND	0.035
2014-02-25	6.6	7.0	15.9	0.4	15.0	0.4	10.6	3.50	2.611	0.059	1.569	0.334	ND	0.054
2013-03-28	0.9	6.8	16.0	16.0	18.0	0.4	14.7	8.12	2.147	0.113	1.456	0.215	ND	0.054
2013-04-21	2.5	8.5	16.0	1.0	2.0	2.3	15.3	3.37	2.478	0.049	1.648	0.124	ND	0.037
2014-05-23	0.6	7.6	18.0	13.3	16.0	2.1	14.2	9.37	3.136	0.076	1.312	0.164	ND	0.056
2014-06-30	6.2	7.1	17.0	3.3	3.0	0.7	1.9	0.63	2.218	0.043	1.676	0.091	ND	0.020
2014-07-24	8.1	8.0	17.0	0.7	0.0	0.5	7.8	0.86	2.976	0.033	0.926	0.167	ND	0.007
2014-08-25	6.7	7.9	8.9	1.3	13.0	0.5	2.2	1.5	4.340	0.133	1.874	0.015	ND	0.057
2014-09-30	6.6	7.6	16.7	0.7	0.0	0.4	4.2	2.3	2.804	0.097	1.122	0.011	ND	0.054
2014-10-15	6.6	8.0	9.7	1.3	1.0	0.3	5.1	4.5	2.795	0.025	2.044	0.094	ND	0.020
2014-11-19	7.1	6.8	255.0	0.7	1.0	0.8	3.2	0.4	3.102	0.209	2.122	0.082	ND	0.052
2014-12-24	6.9	7.4	154.2	0.8	1.0	0.7	2.1	2.3	4.125	0.317	3.013	0.013	ND	0.021
2015-01-30	4.4	11.5	7.8	2.3	21.2	1.0	1.6	5.2	1.600	4.612	0.098	2.155	0.029	0.067
2015-02-27	4.5	12.1	7.7	3.6	21.6	0.0	0.2	2.6	1.000	5.164	0.066	3.215	0.049	0.016

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-231> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-3)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	10.8	7.5	18.0	4.7	2.0	2.6	3.8	2.9	2.168	0.059	0.953	0.460	ND	0.027
2013-04-08	9.68	6.19	16.4	1.5	5.0	2.4	7.2	2.0	6.525	0.043	2.399	0.294	ND	0.026
2013-05-09	6.76	6.12	19.6	2.0	5.0	2.3	14.6	13.0	5.613	0.081	0.056	1.085	ND	0.052
2013-06-24	5.97	7.32	21.4	0.3	1.0	2.4	18.6	8.9	2.175	0.056	2.053	0.073	ND	0.056
2013-07-01	5.97	7.32	21.4	0.3	1.0	1.4	18.6	3.9	2.125	0.051	2.053	0.073	ND	0.006
2013-08-05	6.9	7.7	9.6	38.7	57.0	1.1	40.2	3.2	2.567	0.019	2.399	0.067	ND	0.002
2013-09-23	7.4	7.6	16.9	3.1	2.0	0.6	18.6	1.8	2.452	0.075	2.121	0.166	ND	0.042
2013-10-11	7.4	7.5	12.7	4.3	2.0	0.7	44.2	3.1	2.751	0.036	2.020	0.348	ND	0.025
2013-11-15	7.2	7.4	178.8	2.0	1.0	0.7	2.2	1.8	2.532	0.018	1.128	0.390	ND	0.007
2013-12-20	5.6	6.9	15.6	8.8	1.0	1.4	12.6	10.9	2.419	0.039	1.393	0.417	ND	0.026
2014-01-23	5.9	6.4	12.6	0.5	2.0	0.6	3.2	1.06	2.062	0.062	0.991	0.247	ND	0.022
2014-02-25	5.9	7.8	20.0	0.4	2.0	2.4	30.6	6.73	2.805	0.075	1.690	0.394	ND	0.063
2013-03-28	0.8	7.2	18.0	2.0	3.0	0.3	55.9	6.15	2.965	0.095	1.552	0.218	ND	0.054
2013-04-21	2.7	7.7	18.0	1.5	1.0	2.4	4.0	0.88	2.549	0.082	1.771	0.094	ND	0.054
2014-05-23	0.6	7.5	20.0	12.7	15.0	0.7	13.2	6.28	3.546	0.097	1.419	0.121	ND	0.062
2014-06-30	5.2	7.2	21.0	3.3	17.0	0.9	3.5	1.16	4.721	0.043	1.597	0.079	ND	0.020
2014-07-24	9.1	8.9	13.8	2.0	0.0	0.3	10.0	8.80	3.606	0.021	1.224	0.151	ND	0.009
2014-08-25	6.9	7.7	9.6	1.3	57.0	0.5	3.8	1.7	4.053	0.094	1.480	0.031	ND	0.048
2014-09-30	6.9	7.7	16.8	2.0	3.0	0.5	5.1	4.0	3.231	0.052	1.293	0.016	ND	0.027
2014-10-15	6.9	8.3	12.4	0.7	0.0	0.9	6.2	4.8	3.214	0.008	2.105	0.052	ND	0.011
2014-11-19	6.9	6.7	308.0	1.3	1.0	0.6	2.2	1.0	5.127	0.365	2.919	0.012	ND	0.043
2015-01-30	4.3	12.1	7.6	2.3	19.5	1.0	1.3	4.9	1.000	4.110	0.024	2.179	0.031	0.054
2015-02-27	4.7	11.9	7.7	3.1	25.4	1.0	0.3	1.3	2.000	6.459	0.022	4.221	0.051	0.015

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-232> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-4)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	11.3	7.57	19.5	3.3	5.0	1.8	3.4	2.8	1.695	0.053	0.041	0.480	ND	0.026
2013-04-08	8.46	6	27.7	6.5	15.0	2.8	8	5.1	9.032	0.045	5.259	2.454	ND	0.031
2013-05-09	7.45	5.9	26.7	1.3	3.0	2.5	22.4	10.2	7.584	0.099	0.864	4.377	ND	0.058
2013-06-24	7.13	7.53	31.2	0.3	2.0	1.6	9.6	7.8	1.935	0.077	2.606	0.066	ND	0.043
2013-07-01	7.03	7.23	20.1	1.3	1.8	1.8	6.9	7.6	2.652	0.056	2.469	0.067	ND	0.039
2013-08-05	7.0	7.5	12.5	7.3	32.0	1.4	35.6	5.4	1.842	0.019	0.125	0.042	ND	0.000
2013-09-23	6.8	6.8	16.4	2.1	0.0	0.9	9.6	1.4	2.935	0.085	2.110	0.159	ND	0.043
2013-10-11	7.4	8.0	16.4	3.3	1.0	0.9	37.6	3.8	2.949	0.033	1.465	0.377	ND	0.019
2013-11-15	7.1	6.8	224.0	3.3	1.0	0.5	12.4	3.6	2.442	0.036	1.412	0.354	ND	0.027
2013-12-20	5.9	7.1	19.1	8.8	12.0	1.1	7.2	6.4	2.527	0.081	1.996	0.377	ND	0.056
2014-01-23	5.9	6.5	19.1	1.2	12.0	1.1	3.5	1.54	2.350	0.076	1.600	0.354	ND	0.054
2014-02-25	5.4	6.7	26.8	0.4	0.0	1.1	12.6	3.15	3.514	0.040	2.384	0.341	ND	0.039
2013-03-28	1.3	6.7	24.0	18.5	7.0	0.5	14.1	1.55	2.392	0.091	1.931	0.215	ND	0.069
2013-04-21	1.7	7.4	28.0	5.5	3.0	1.9	8.5	1.87	2.286	0.087	1.858	0.061	ND	0.052
2014-05-23	0.6	7.9	18.0	9.3	18.0	1.0	19.4	9.12	5.347	0.072	1.401	0.121	ND	0.064
2014-06-30	6.6	7.2	27.0	34.0	0.0	0.4	48.5	5.18	4.301	0.078	1.042	0.238	ND	0.068
2014-07-24	7.8	7.3	33.6	1.3	0.0	0.2	10.8	8.32	3.345	0.044	1.331	0.156	ND	0.007
2014-08-25	7.0	7.5	12.5	1.3	32.0	0.3	4.2	2.3	3.059	0.060	1.423	0.281	ND	0.060
2014-10-15	7.3	7.5	14.2	0.7	3.0	0.6	6.1	1.3	3.999	0.031	2.945	0.063	ND	0.015
2014-11-19	7.2	6.9	155.1	0.7	1.0	0.2	2.1	2.3	4.121	0.421	2.954	0.067	ND	0.064
2015-01-30	4.2	12.8	7.2	2.5	18.0	1.0	0.9	3.2	1.200	4.080	0.026	2.664	0.028	0.081
2015-02-27	4.4	12.1	7.3	3.2	15.9	0.0	0.1	1.7	0.400	3.649	0.017	2.052	0.027	0.017
2015-02-27	4.2	12.7	7.4	4.1	21.2	2.0	0.1	10.1	10.4	4.643	0.039	3.215	0.045	0.018

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-233> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-5)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	10.4	7.73	12.8	6.0	2.0	1.6	3.6	2.1	1.416	0.059	0.098	0.166	ND	0.036
2013-04-08	9.53	6.6	14.2	5.0	3.0	2.1	5.8	5.4	2.769	0.043	2.503	0.100	ND	0.027
2013-05-09	7.92	6.67	13.3	1.0	1.0	2.5	37.4	8.7	1.569	0.058	0.557	0.136	ND	0.056
2013-06-24	7.27	6.94	17.1	9.3	2.0	2.4	18.6	4.3	2.084	0.043	1.350	0.035	ND	0.030
2013-07-01	7.27	6.94	20.5	12.0	2.0	1.4	25	10.1	2.115	0.041	0.091	0.034	ND	0.022
2013-08-05	7.3	7.5	9.7	7.0	55.0	1.3	25.0	3.4	2.202	0.018	1.771	0.022	ND	0.014
2013-09-23	6.9	7.7	16.8	7.1	3.0	2.0	25.0	8.1	2.115	0.085	1.230	0.153	ND	0.066
2013-10-11	7.3	7.5	14.2	4.3	3.0	0.8	30.2	2.1	2.525	0.015	1.234	0.394	ND	0.013
2013-11-15	6.9	6.7	308.0	6.3	0.7	0.7	7.2	2.8	2.562	0.023	2.027	0.403	ND	0.016
2013-12-20	5.8	6.5	13.3	3.2	1.0	1.3	5.2	4.7	2.306	0.067	1.485	0.387	ND	0.039
2014-01-23	5.8	6.7	13.3	12.0	1.0	2.3	3.0	3.20	1.544	0.119	0.915	0.351	ND	0.085
2014-02-25	5.8	6.4	1.8	4.8	0.0	0.7	24.2	2.66	2.390	0.061	1.526	0.390	ND	0.054
2013-03-28	1.7	6.5	18.0	2.0	2.0	0.5	8.5	5.61	2.830	0.104	1.037	0.280	ND	0.078
2013-04-21	1.9	7.7	17.0	6.0	4.0	2.0	2.9	2.23	1.945	0.072	1.599	0.094	ND	0.057
2014-05-23	0.7	7.2	22.0	4.7	0.0	1.3	20.2	16.21	4.527	0.169	1.266	0.180	ND	0.133
2014-06-30	6.1	6.5	18.0	2.7	0.0	0.5	34.5	3.80	2.622	0.054	1.930	0.149	ND	0.039
2014-07-24	8.0	6.8	21.5	1.3	4.0	0.1	6.8	5.98	3.577	0.021	1.092	0.155	ND	0.009
2014-08-25	7.3	7.5	9.7	2.7	55.0	0.5	4.2	4.6	3.513	0.099	1.822	0.442	ND	0.043
2014-09-30	6.8	6.8	16.4	6.0	1.0	0.6	11.1	12.2	2.891	0.035	1.157	0.013	ND	0.027
2014-10-15	6.5	6.8	10.8	0.7	1.0	0.4	5.4	3.6	3.153	0.001	2.013	0.078	ND	0.023
2014-11-19	6.5	6.9	98.7	0.7	1.0	0.3	3.2	1.8	3.017	0.319	2.059	0.037	ND	0.081
2014-12-24	7.2	7.4	178.8	0.6	1.0	0.5	5.2	2.9	3.000	0.152	2.613	0.099	ND	0.063
2015-01-30	4.2	12.1	7.3	2.9	17.5	0.0	1.1	4.5	0.800	4.060	0.011	2.914	0.022	0.016
2015-02-27	3.5	12.4	7.3	2.6	13.5	1.0	0.3	3.4	0.600	4.211	0.024	2.661	0.042	0.028

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-234> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-6)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	10.63	7.54	14.3	6.7	6.0	1.2	2.4	1.6	0.993	0.102	0.131	0.151	ND	0.044
2013-04-08	9.37	6.41	11.7	5.5	3.0	2.4	19.6	5.9	2.456	0.045	2.247	0.088	ND	0.034
2013-05-09	8.22	6.55	13.3	6.0	5.0	2.2	14.6	10.7	1.228	0.094	0.840	0.130	ND	0.054
2013-06-24	8.01	7.45	16.4	5.7	2.0	2.5	5.6	8.2	1.999	0.075	1.545	0.029	ND	0.055
2013-07-01	7.60	6.85	16.4	10.0	2.0	0.6	5	2.6	1.999	0.058	0.124	0.023	ND	0.030
2013-08-05	7.2	7.7	9.1	15.7	27.0	1.7	27.0	2.2	3.004	0.019	2.466	0.112	ND	0.006
2013-09-23	6.6	7.6	16.7	1.1	0.0	1.4	5.0	3.7	1.999	0.095	1.220	0.143	ND	0.024
2013-10-11	6.9	8.3	12.4	5.7	0.0	1.5	29.4	5.5	1.740	0.035	0.721	0.387	ND	0.017
2013-11-15	7.2	6.9	155.1	1.7	0.8	0.6	2.6	1.3	2.207	0.016	0.723	0.367	ND	0.015
2013-12-20	6.3	7.3	12.1	1.6	4.0	2.0	4.2	3.9	1.698	0.063	1.184	0.390	ND	0.039
2014-01-23	5.9	6.8	12.5	11.0	5.0	1.2	2.5	4.30	1.882	0.065	1.520	0.313	ND	0.025
2014-02-25	5.3	7.6	16.5	4.0	2.0	2.1	7.4	4.07	2.156	0.063	1.270	0.354	ND	0.060
2013-03-28	1.9	7.1	16.0	1.5	1.0	0.4	7.7	2.54	2.299	0.123	1.909	0.271	ND	0.047
2013-04-21	0.2	8.7	15.0	3.5	2.0	1.5	29.8	10.21	1.839	0.082	1.538	0.078	ND	0.045
2014-05-23	0.6	8.3	16.0	21.3	0.0	1.1	18.2	2.00	2.198	0.022	1.430	0.071	ND	0.056
2014-06-30	6.1	6.7	17.0	4.7	0.0	0.8	27.1	6.13	2.397	0.106	1.856	0.052	ND	0.083
2014-07-24	9.1	7.7	17.7	0.7	1.0	0.1	18.6	8.13	3.345	0.035	1.032	0.185	ND	0.011
2014-08-25	7.2	7.7	9.1	2.7	27.0	0.9	4.0	2.6	4.352	0.061	1.215	0.081	ND	0.045
2014-09-30	7.4	7.6	16.9	1.3	2.0	0.3	4.5	1.0	3.022	0.023	1.209	0.013	ND	0.006
2014-10-15	7.4	8.0	16.4	2.0	1.0	0.4	4.9	4.3	2.464	0.010	1.751	0.051	ND	0.007
2014-11-19	6.8	8.3	13.6	1.6	1.0	0.7	4.1	0.9	2.014	0.342	1.050	0.033	ND	0.015

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-235> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-7)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-03-05	11.4	7.09	1.9	5.3	4.0	1.0	3.0	0.3	1.177	0.047	0.057	0.143	ND	0.032
2013-04-08	10.31	7.07	9.2	0.5	2.0	1.4	4.6	3.9	2.195	0.043	1.557	0.150	ND	0.026
2013-05-09	8.20	6.9	10.1	0.5	1.0	2.2	21.6	7.8	1.180	0.074	0.422	0.158	ND	0.053
2013-06-24	10.06	8.1	22	1.3	1.0	1.6	11	4.3	1.813	0.097	0.957	0.047	ND	0.052
2013-07-01	7.80	6.7	20	2.6	1.0	0.9	2.3	2.0	1.225	0.076	0.234	0.023	ND	0.027
2013-08-05	11.0	7.4	8.8	9.0	1.0	0.9	42.0	2.0	2.127	0.018	1.557	0.020	ND	0.012
2013-09-23	6.2	8.4	16.9	0.3	0.0	1.3	2.8	4.1	1.225	0.098	0.912	0.152	ND	0.025
2013-10-11	6.6	8.0	9.7	2.7	0.0	0.8	4.7	3.1	2.101	0.017	0.827	0.555	ND	0.005
2013-11-15	6.5	6.9	98.7	2.7	0.8	1.4	2.2	1.9	2.036	0.007	1.347	0.532	ND	0.004
2013-12-20	6.0	8.0	6.1	6.4	3.0	1.1	3.4	3.5	1.496	0.023	0.827	0.564	ND	0.017
2014-01-23	6.0	6.8	6.1	18.0	3.0	1.1	1.4	4.20	1.557	0.123	1.080	0.348	ND	0.043
2014-02-25	6.2	7.6	9.9	18.0	1.0	1.6	2.4	0.53	1.675	0.094	1.241	0.367	ND	0.065
2013-03-28	2.8	7.2	10.0	1.0	1.0	0.4	4.5	0.99	2.105	0.095	1.603	0.319	ND	0.054
2013-04-21	0.5	8.1	8.0	46.5	12.0	2.1	7.9	8.69	1.778	0.066	1.544	0.131	ND	0.059
2014-05-23	0.8	7.9	10.0	14.0	0.0	1.8	39.0	38.61	2.018	0.137	1.574	0.106	ND	0.107
2014-07-24	7.9	7.2	9.7	2.0	0.0	0.2	25.0	7.12	2.966	0.042	1.100	0.326	ND	0.009
2014-08-25	11.0	7.4	8.8	0.7	1.0	0.6	6.2	3.4	4.215	0.051	1.931	0.063	ND	0.050
2014-09-30	7.5	7.8	16.4	14.0	1.0	0.9	2.9	3.1	2.115	0.029	0.846	0.010	ND	0.008
2014-10-15	7.4	7.5	12.7	12.7	2.0	0.7	6.2	4.8	2.246	0.021	1.679	0.089	ND	0.027
2014-11-19	7.3	9.2	13.9	0.7	2.4	0.3	1.0	1.0	2.016	0.853	1.456	0.011	ND	0.005

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-237> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FP-3)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2013-04-08	9.4	6.79	30.3	433.5	225.0	5.2	20.8	5.8	7.263	0.086	1.771	4.810	ND	0.037
2013-05-09	5.62	4.87	30.8	63.0	17.0	3.3	57.2	13.1	26.222	0.094	6.394	14.392	ND	0.049
2013-07-01	5.90	4.5	20.5	23.0	1.0	1.6	65	5.9	2.222	0.099	0.226	0.022	ND	0.028
2013-08-05	6.5	7.0	34.3	1.7	2.0	0.7	65.0	3.0	2.053	0.018	1.203	0.153	ND	0.000
2014-08-25	6.5	7.0	34.3	7.3	2.0	1.0	33.6	18.5	3.051	0.072	1.770	0.553	ND	0.078

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-236> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-1)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	11.1	8.84	24.5	8.0	3.2	1.01	15.8	2.885	6.360	0.076	2.542	0.216	0.038	0.064
2015-05-11	9.31	8.93	33	0	3.8	1.45	4.4	3.440	4.558	0.049	0.284	0.068	0.011	0.047
2015-06-25	7.45	8.19	39	0	2	1.55	17.2	5.278	2.870	0.132	0.887	0.343	0.021	0.076
2015-07-28	8.8	8.5	36.8	6	5.8	1.54	5.4	4.567	3.319	0.259	1.448	0.230	0.012	0.048
2015-08-27	7.3	5.25	39.8	0	5.2	1.31	23.4	6.641	5.147	0.089	1.051	0.132	0.023	0.081
2015-09-23	8.4	8.11	30.5	1	1.4	0.7	9.2	6.641	3.320	0.278	0.912	0.312	0.007	0.081
2015-10-27	11.1	8.33	46	2	1.6	0.81	3.2	8.353	3.512	0.206	1.061	0.003	0.013	0.071
2015-11-24	10.1	7.68	47.1	4	2.6	0.62	8.2	6.208	3.782	0.057	0.038	0.044	1.864	0.011

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-238> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-‘2)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	10.6	8.32	30.4	16.0	8.4	0.15	13.6	2.456	6.566	0.099	2.681	0.229	0.061	0.059
2015-05-11	9.4	8.16	40.0	8.0	6.2	1.82	5.1	3.407	4.252	0.054	0.120	0.051	0.211	0.053
2015-06-25	8.85	8.69	53	12	7.4	2.12	15.8	4.973	4.000	0.241	0.407	0.514	0.062	0.200
2015-07-28	8.46	7.42	46.2	13	5.8	1.07	6.2	5.727	4.088	0.191	1.815	0.183	0.014	0.173
2015-08-27	7.15	6.18	30.5	2	7.2	1.21	23.9	8.670	4.215	0.124	0.915	0.215	0.024	0.102
2015-09-23	7.3	7.31	31.6	5	8.4	0.97	7.2	8.670	3.815	0.204	0.944	0.242	0.110	0.043
2015-10-27	10.6	6.76	60.2	6	4.4	0.96	4.6	6.246	4.224	0.191	1.125	0.262	0.034	0.022
2015-11-24	9.2	7.25	53.3	22	17.4	1.47	10.2	5.600	4.630	0.186	0.105	0.338	2.260	0.098

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-239> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-‘3)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	11.7	8.28	27.0	2.0	0.4	0.47	11.4	2.288	7.272	0.063	3.516	0.313	0.075	0.050
2015-05-11	9.92	8.18	38	1	1.6	2.32	6.4	3.457	6.207	0.067	3.922	0.285	0.428	0.063
2015-06-25	7.92	7.32	46	2	2.8	2.47	26.4	5.580	5.541	0.312	0.305	0.717	0.076	0.121
2015-07-28	7.9	7.52	42.8	5	5	1.72	7.08	5.175	4.709	0.028	1.052	0.173	0.013	0.019
2015-08-27	7.4	6.49	32.5	0	4.3	1.61	24.1	3.545	4.251	0.155	0.817	0.205	0.029	0.091
2015-09-23	7.6	7.16	31.9	5	9.6	0.35	6.4	3.545	3.216	0.134	0.943	0.223	0.151	0.034
2015-10-27	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2015-11-24	10.2	6.49	39.5	0	1.6	0.8	7	4.237	4.903	0.132	0.027	0.056	3.276	0.041

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-240> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-‘4)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	9.7	8.44	23.6	2.0	1.6	0.54	28.8	2.342	5.861	0.055	3.586	0.380	0.049	0.038
2015-05-11	7.04	7.44	26	1	2.6	1.3	9.8	2.165	3.660	0.055	1.208	0.032	0.018	0.054
2015-06-25	6.36	7.45	33	7	5.8	1.52	16.2	5.072	3.770	0.384	1.141	0.353	0.056	0.010
2015-07-28	7	7.52	33	1	3	0.73	20.14	3.897	3.762	0.056	0.912	0.175	0.025	0.036
2015-08-27	7.2	6.44	33.4	1	5.2	1.91	29.4	3.774	4.915	0.242	1.054	0.312	0.031	0.122
2015-09-23	7.2	6.81	33.5	2	3.6	0.3	4.2	3.774	3.945	0.252	1.055	0.341	0.015	0.041
2015-10-27	9.1	5.95	38.9	5	5.2	1.22	7.8	6.711	3.152	0.082	0.915	0.013	0.016	0.043
2015-11-24	9.8	6.85	38.6	0	0.4	0.61	4	4.000	4.721	0.238	0.012	0.028	3.319	0.015

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-241> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-‘5)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	8.1	7.77	16.8	8.0	3.2	0.18	14.6	2.424	6.008	0.044	1.070	0.193	0.025	0.030
2015-05-11	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2015-06-25	7.1	7.86	32	3	3.4	1.97	11.6	5.453	1.994	0.155	0.368	0.310	0.015	N.D
2015-07-28	8.1	7.02	26.8	4	2.4	0.72	18.2	3.619	3.230	0.048	0.512	0.526	0.012	0.025
2015-08-27	7.6	6.21	29.4	0	5.6	2.04	25.6	5.897	4.246	0.100	0.911	0.225	0.021	0.051
2015-09-23	7.6	6.94	33.5	2	4.2	0.81	10.8	5.897	2.566	0.154	0.644	0.243	0.006	0.014
2015-10-27	7.5	6.22	32.5	5	7.2	1.3	2.8	4.853	2.672	0.086	0.811	0.001	0.011	0.031
2015-11-24	9.7	7.36	29.7	1	1.8	0.13	7.6	5.043	2.722	0.269	0.010	0.014	0.733	0.011

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-242> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (FW-‘6)

Date	DO	PH	EC	TSS	탁도	BOD	COD _{Cr}	TOC	TN	TP	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄
2015-04-23	8.1	6.97	11.1	12.0	1.2	0.27	9.2	2.432	5.184	0.049	1.204	0.208	0.020	0.024
2015-05-11	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
2015-06-25	7.64	7.57	33	6	4	1.82	19.6	4.998	2.216	0.335	0.011	0.310	0.063	N.D
2015-07-28	7.3	7.01	298.8	1	2.2	1.28	10.24	4.160	3.112	0.054	0.342	0.206	0.021	0.023
2015-08-27	7.6	5.54	25.1	0	5.2	2.46	27.5	5.712	4.249	0.058	0.907	0.162	0.019	0.037
2015-09-23	7.4	6.98	38.4	3	8.8	0.48	11.2	5.712	2.176	0.071	0.372	0.105	0.006	0.016
2015-10-27	9.5	6.79	32.2	4	4	0.91	6	5.951	2.661	0.091	0.681	0.005	0.008	0.028
2015-11-24	9.6	7.51	29.5	2	5	0.4	15.4	5.292	2.601	0.174	0.011	0.032	2.260	0.025

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-243> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-1)

날짜	지점	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-27	FW-01	13:48	7.7	6.7	17.4	6.3	4.0	3.3	48.2	1.075	0.025	0.624	0.128	ND	0.019	8.92
2013-05-28	FW-01	13:00	7.12	6.7	112.3	4.7	0.0	3.1	6.6	1.708	0.053	0.196	0.055	ND	0.032	1.78
2013-05-29	FW-01	13:50	8.1	6.4	11.7	4.7	2.0	3.7	12.6	2.369	0.052	0.676	0.137	ND	0.033	2.12
2013-07-02	FW-01	10:50	6.22	6.1	20.9	31.3	2.0	1.7	10	2.044	0.129	1.066	0.169	ND	0.071	7.80
2013-07-02	FW-01	16:40	8.4	6.4	11.5	47.0	15.0	2.3	22.2	1.733	0.267	1.227	0.143	ND	0.164	7.01
2013-07-03	FW-01	12:40	7.92	7.2	132.0	1.7	1.0	0.7	0.8	1.712	0.049	1.208	0.056	ND	0.037	1.01
2013-07-07	FW-01	15:20	7.5	8.0	8.6	19.0	2.0	1.3	5.2	2.115	0.023	1.326	0.022	ND	0.013	2.02
2013-07-08	FW-01	11:25	7.5	8.0	8.6	19.0	30.0	4.6	15.8	1.943	0.221	1.483	0.08	ND	0.204	13.67
2013-07-08	FW-01	15:25	7.35	7.0	93.8	107.3	25.0	4.9	10.4	1.884	0.452	0.976	0.091	ND	0.248	4.58
2013-07-11	FW-01	17:10	7.8	6.6	80.0	37.0	12.0	1.3	112.8	1.425	0.117	0.912	0.269	ND	0.052	20.12
2013-07-12	FW-01	10:40	7.8	6.6	80.0	1.0	12.0	1.3	112.8	1.423	0.117	0.215	0.269	ND	0.102	3.13
2013-07-12	FW-01	13:20	7.81	6.5	81.0	1.3	7.0	0.4	15.4	2.526	0.084	1.264	0.283	ND	0.079	8.09
2013-07-12	FW-01	15:45	7.78	4.2	8.1	2.7	39.0	2.4	60.6	1.887	0.066	0.512	0.599	ND	0.034	22.54
2013-07-13	FW-01	10:30	7.6	7.0	91.8	61.0	36.0	1.6	70	1.536	0.068	0.562	0.404	ND	0.058	45.08
2013-07-13	FW-01	13:40	7.91	3.1	6.4	54.3	86.0	2.8	38.8	1.388	0.121	0.346	0.587	ND	0.083	13.97
2013-07-14	FW-01	12:00	7.48	7.3	4.6	892.0	900.0	1.5	29.6	2.68	0.129	1.336	0.344	ND	0.093	3.41
2013-07-15	FW-01	9:00	7.14	7.1	8.1	24.3	28.0	7.5	15.8	1.839	0.366	0.563	0.276	ND	0.242	10.98
2013-07-16	FW-01	17:10	7.82	6.3	10.6	1.6	3.0	5.1	121	1.233	0.036	0.049	0.184	ND	0.025	11.08
2013-07-16	FW-01	16:50	7.26	7.1	10.7	1.6	3.0	5.3	20.6	1.284	0.229	0.074	0.21	ND	0.195	9.12
2013-07-16	FW-01	17:10	7.77	7.1	5.1	173.3	144.0	5.1	33.8	1.751	0.365	0.511	0.24	ND	0.254	3.59
2013-07-21	FW-01	17:00	7.2	6.9	6.6	98.4	80.0	2.5	4.2	1.262	0.312	0.036	0.226	ND	0.122	2.58
2013-07-22	FW-01	13:00	6.44	7.4	6.8	10.0	33.0	2.2	4.2	2.441	0.197	1.216	0.225	ND	0.154	4.70
2013-07-23	FW-01	14:00	7.2	6.2	6.2	12.5	70.0	3.6	10.5	2.45	0.155	1.225	0.225	ND	0.107	4.03
2013-08-29	FW-01	10:20	6.5	7.1	11.7	6.7	5.0	1.1	8.6	2.578	0.082	1.356	0.222	ND	0.061	5.73
2013-08-29	FW-01	14:40	5.7	7.1	11.3	39.3	18.0	1.6	2.2	2.666	0.153	1.406	0.26	ND	0.12	5.46
2014-07-22	FW-01	16:30	6.68	6.2	30.8	0.7	2.0	1.2	8.2	2.27	0.04	1.791	0.167	ND	0.025	3.61
2014-07-23	FW-01	23:10	7.32	7.3	20.6	1.8	7.0	0.9	6.8	1.932	0.058	1.09	0.689	ND	0.049	4.15
2014-07-23	FW-01	2:40	6.15	7.4	19.1	2.7	10.0	1.2	5	1.978	0.1	1.032	0.171	ND	0.086	3.05
2014-07-23	FW-01	4:30	6.02	7.3	19.3	65.3	57.0	2	22	3.286	0.263	1.486	0.174	ND	0.248	12.89
2014-07-23	FW-01	5:30	6.78	7.3	17.8	28.7	32.0	2.3	17.4	3.272	0.18	2.393	0.16	ND	0.165	9.35
2014-07-23	FW-01	8:30	5.78	7.4	12.5	120.0	89.0	1.6	24.6	3.034	0.223	2.507	0.144	ND	0.209	4.86
2014-07-25	FW-01	2:00	6.66	7.3	18.6	4.0	2.0	1.3	15.8	2.184	0.049	1.44	0.185	ND	0.035	14.12

2014-07-25	FW-01	5:00	6.51	7.4	16.0	26.3	27.0	0.5	26.1	2.554	0.156	1.486	0.178	ND	0.142	11.48
2014-07-25	FW-01	8:30	6.41	7.4	12.8	5.3	2.0	1.9	6.1	2.49	0.045	2.013	0.119	ND	0.031	15.13
2014-07-26	FW-01	0:00	7.2	7.5	17.8	4.0	2.0	1.3	2.4	2.226	0.058	1.148	0.282	ND	0.044	1.06
2014-07-26	FW-01	3:50	7.05	7.6	11.2	5.5	3.0	1.1	2.9	2.335	0.378	1.004	0.19	ND	0.364	0.62
2014-07-26	FW-01	9:00	6.95	7.2	14.1	4.0	2.0	1.2	2.9	3.29	0.051	2.439	0.178	ND	0.037	0.68

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-244> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-4)

날짜	지점	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-27	14:45	7.63	6.2	25.0	7.3	2.0	3.7	29.4	1.345	0.023	0.999	0.118	0.015	ND	9.13	9.13
2013-05-28	10:40	8.51	6.1	13.4	2.3	8.0	7.5	15.2	1.372	0.052	0.455	0.566	0.03	ND	7.55	7.55
2013-05-29	14:35	7.92	6.2	19.0	0.7	16.0	3.9	18.2	2.017	0.028	0.619	0.932	0.024	ND	5.36	5.36
2013-07-02	13:10	5.12	6.4	132.0	75.6	6.0	1.4	9	1.868	0.121	1.289	0.052	0.044	ND	2.43	2.43
2013-07-02	16:20	7.6	6.1	20.9	124.0	33.0	3.7	18.2	1.526	0.224	0.839	0.216	0.113	ND	5.95	5.95
2013-07-03	14:36	7.28	7.0	215.0	3.3	1.0	0.9	5.6	2.365	0.059	1.985	0.066	0.041	ND	6.91	6.91
2013-07-07	15:30	7.15	7.1	128.6	23.0	2.0	1.9	6.2	2.127	0.043	1.633	0.125	0.026	ND	2.75	2.75
2013-07-08	12:20	7.15	7.1	128.6	1266.0	1704.0	3.9	28.2	1.958	0.456	1.189	0.115	0.292	ND	14.33	14.33
2013-07-08	15:10	7.16	7.0	110.6	113.3	86.0	4.5	7.8	2.459	0.483	2.265	0.108	0.26	ND	8.74	8.74
2013-07-11	18:10	7.81	6.8	98.0	0.1	82.0	1.7	12.2	2.603	0.236	1.221	0.552	0.125	ND	30.26	30.26
2013-07-12	10:30	7.81	6.8	98.0	37.0	82.0	0.7	12.2	1.203	0.157	0.432	0.552	0.123	ND	21.96	21.96
2013-07-12	13:00	7.88	6.6	110.0	29.7	77.0	2.6	13	3.568	0.093	2.126	1.234	0.055	ND	6.12	6.12
2013-07-12	15:00	7.73	5.2	11.2	1.3	13.0	2.1	15.6	1.534	0.142	0.722	0.442	0.087	ND	21.09	21.09
2013-07-13	10:40	7.45	7.8	6.2	60.3	77.0	1.7	11	1.763	0.081	0.722	0.233	0.067	ND	7.83	7.83
2013-07-13	12:45	7.78	7.0	6.1	67.0	85.0	1.7	44.6	1.309	0.116	0.212	0.297	0.087	ND	19.09	19.09
2013-07-14	9:40	6.67	5.3	6.3	189.3	174.0	0.6	116	2.565	0.187	1.212	0.353	0.097	ND	12.46	12.46
2013-07-15	18:30	6.67	6.9	6.3	189.3	174.0	6.3	116	1.576	0.187	0.223	0.353	0.107	ND	9.12	9.12
2013-07-21	17:25	6.88	6.8	6.6	115.6	280.0	0.6	2.1	1.646	0.563	0.421	0.225	0.233	ND	1.22	1.22
2013-07-22	12:45	6	2.3	6.8	250.0	462.0	0.7	1.6	3.528	0.219	2.124	0.404	0.126	ND	0.35	0.35
2013-07-23	13:45	5.8	6.4	7.0	12.2	210.0	2.9	4.2	4.619	0.134	3.215	0.404	0.101	ND	1.67	1.67
2013-08-29	9:50	6.9	7.1	15.0	846.0	984.0	2.6	17.4	2.488	0.077	1.237	0.251	0.055	ND	2.73	2.73
2013-08-29	14:20	6.6	7.4	191.0	152.0	19.7	1.1	3	2.446	0.131	1.218	0.228	0.099	ND	0.43	0.43
2014-07-22	16:15	7.3	7.4	28.4	4.7	0.0	1.3	6.4	1.926	0.096	1.34	0.162	0.082	ND	2.82	2.82

2014-07-22	22:50	7.22	7.1	25.0	5.3	8.0	0.6	5.8	3.101	0.053	2.083	0.164	0.038	ND	3.04	3.04
2014-07-23	4:00	7.44	7.9	20.7	382.7	440.0	1.4	30	2.445	0.686	1.902	0.167	0.672	ND	13.20	13.20
2014-07-23	6:50	6.2	7.3	15.1	117.3	132.0	0.9	17.4	2.369	0.232	1.024	0.227	0.218	ND	7.66	7.66
2014-07-23	9:10	7.04	7.3	13.8	16.7	35.0	0.6	2	2.765	0.378	2.009	0.19	0.364	ND	1.56	1.56
2014-07-25	1:35	7.56	6.2	15.5	2.0	3.0	1.2	25.7	3.188	0.026	2.522	0.174	0.012	ND	2.06	2.06
2014-07-25	4:30	7.26	6.8	22.2	4.0	3.0	1	28.4	2.195	0.183	1.005	0.171	0.169	ND	8.13	8.13
2014-07-25	8:00	7.62	7.0	14.0	15.8	35.0	1.4	7.9	2.522	0.051	1.592	0.16	0.037	ND	20.44	20.44
2014-07-25	23:40	8.1	6.9	20.0	38.2	45.0	1.2	3.9	3.285	0.075	1.44	0.795	0.061	ND	18.29	18.29
2014-07-25	1:35	7.56	7.3	13.4	2.0	3.0	1.2	25.7	3.188	0.026	2.522	0.174	0.012	ND	1.63	1.63
2014-07-25	4:30	7.26	6.9	15.5	1.3	1.0	1	28.4	2.195	0.183	1.005	0.171	0.169	ND	7.06	7.06
2014-07-25	8:00	7.62	6.4	13.6	1.8	0.0	1.4	7.9	2.522	0.051	1.592	0.16	0.037	ND	2.54	2.54
2014-07-25	23:40	8.1	7.0	19.3	4.2	2.0	1.2	3.9	3.285	0.075	1.44	0.795	0.061	ND	2.38	2.38
2014-07-26	3:40	7.8	7.2	6.4	1.3	0.0	0.6	7.1	1.912	0.138	1.5	0.282	0.124	ND	6.08	6.08
2014-07-26	8:40	8.16	7.1	39.6	4.8	3.0	1	3.1	4.225	0.053	2.999	0.171	0.039	ND	7.15	7.15
2014-07-26	3:40	7.8	7.5	12.5	0.7	0.0	0.6	7.1	1.912	0.138	1.5	0.282	0.124	ND	3.62	3.62
2014-07-26	8:40	8.16	7.1	11.7	3.1	1.0	1	3.1	4.225	0.053	2.999	0.171	0.039	ND	3.47	3.47

<표-245> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-5)

날짜	지점	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BO D	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-27	14:45	14:30	8.74	6.7	14.2	2.0	0.0	3.2	7.4	1.356	0.071	0.605	0.203	ND	0.062	5.27
2013-05-28	10:40	10:15	8.74	6.6	11.4	1.0	1.0	1.8	5.8	1.786	0.102	0.448	0.017	ND	0.059	2.55
2013-05-29	14:35	14:20	8.51	6.6	10.5	0.7	1.0	3.3	5.2	0.093	0.058	0.412	0.006	ND	0.027	1.93
2013-07-02	13:10	12:50	6.51	6.2	13.5	20.3	1.0	1.4	59.2	1.48	0.091	0.896	0.047	ND	0.083	4.10
2013-07-02	16:20	15:50	8.03	6.4	13.5	21.0	2.0	1.8	40.6	1.276	0.119	0.919	0.047	ND	0.087	6.36
2013-07-03	14:36	14:24	7.96	7.1	133.0	6.7	2.0	0.7	2	1.741	0.088	1.492	0.077	ND	0.078	0.37
2013-07-07	15:30	15:10	7.46	7.2	73.6	9.5	1.0	2.1	5.1	2.312	0.082	0.166	0.061	ND	0.062	2.04
2013-07-08	12:20	12:10	7.46	7.2	73.6	1198.0	1862.0	3.3	19	1.438	0.453	1.08	0.171	ND	0.296	11.01
2013-07-08	15:10	15:00	8.09	7.2	95.0	120.8	54.0	4	17.6	1.348	0.239	1.151	0.056	ND	0.221	4.75
2013-07-11	18:10	17:40	7.12	7.2	7.7	20.3	2.0	1.8	4.2	0.673	0.088	0.225	0.032	ND	0.06	1.67
2013-07-12	10:30	10:10	7.53	7.2	7.7	0.7	2.0	0.8	4.2	1.144	0.065	0.722	0.032	ND	0.054	1.85
2013-07-12	13:00	12:35	7.55	7.1	7.7	0.7	1.0	0.8	36.4	0.998	0.039	0.512	0.262	ND	0.033	7.01

2013-07-12	15:00	15:10	7.76	5.3	7.8	1.0	17.0	0.7	10.2	1.543	0.099	0.125	0.269	ND	0.075	4.49
2013-07-13	10:40	11:05	6.8	6.2	66.6	44.0	26.0	1.1	39	1.806	0.089	0.612	0.297	ND	0.066	8.32
2013-07-13	12:45	13:05	8.14	4.7	5.8	54.0	76.0	1.5	35.8	1.196	0.095	0.135	0.25	ND	0.067	14.40
2013-07-14	9:40	13:00	7.26	6.8	4.1	134.0	184.0	0.8	11.6	1.546	0.09	0.451	0.224	ND	0.052	0.91
2013-07-15	18:30	9:10	7.26	6.9	4.1	134.0	184.0	4.1	11.6	1.455	0.266	0.231	0.224	ND	0.223	1.11
2013-07-16	17:25	18:10	6.61	7.1	4.3	2.0	2.0	2.6	3.6	1.271	0.038	0.049	0.222	ND	0.015	4.11
2013-07-21	12:45	17:15	7.02	7.1	5.8	102.2	68.0	1.2	5.1	1.043	0.312	0.022	0.022	ND	0.212	4.00
2013-07-22	13:45	12:35	7.23	7.2	6.5	4.7	57.0	1.1	7.2	2.59	0.215	1.294	0.297	ND	0.134	1.54
2013-07-23	9:50	13:25	7.08	7.0	6.8	31.2	66.0	1	1.8	1.24	0.125	0.049	0.191	ND	0.101	0.61
2013-08-29	14:20	9:30	6.9	7.1	8.0	1795.0	1321.0	1.8	12.2	2.295	0.093	1.035	0.26	ND	0.042	4.25
2013-08-29	16:15	13:50	6.7	7.1	9.2	258.7	366.0	4.5	12.8	2.258	0.134	1.033	0.225	ND	0.119	7.81
2014-07-22	22:50	16:00	7.43	7.8	6.8	178.7	78.0	1.6	6	2.083	0.076	1.084	0.264	ND	0.061	1.60
2014-07-22	4:00	22:40	7.21	7.3	21.1	34.0	0.0	1	20.6	3.364	0.081	1.796	0.139	ND	0.067	4.17
2014-07-23	6:50	3:40	7.63	7.1	20.6	0.7	8.0	1.7	28.6	3.364	0.079	1.981	0.185	ND	0.065	16.07
2014-07-23	9:10	6:10	6.46	7.0	13.6	10.7	22.0	1.5	15	2.679	0.397	2.055	0.16	ND	0.383	12.58
2014-07-23	1:35	8:45	7.77	7.3	20.1	324.0	260.0	1.7	9.4	2.713	0.034	1.579	0.19	ND	0.019	4.56
2014-07-25	4:30	1:20	8.34	7.2	11.7	6.0	22.0	1.5	6.3	3.345	0.028	2.596	0.141	ND	0.014	12.13
2014-07-25	8:00	4:20	7.61	ND	ND	ND	ND	0.7	26.2	2.245	0.079	1.176	0.158	ND	0.065	0.065
2014-07-25	23:40	7:40	7.52	ND	ND	ND	ND	0.6	9.7	2.826	0.068	2.092	0.215	ND	0.054	0.065
2014-07-25	1:35	23:10	8.88	ND	ND	ND	ND	0.8	5.2	2.311	0.065	1.023	0.227	ND	0.051	ND
2014-07-26	4:30	3:10	8.15	ND	ND	ND	ND	1.3	6.4	1.846	0.126	1.592	0.164	ND	0.112	ND
2014-07-26	8:00	8:10	8.06	ND	ND	ND	ND	0.8	3.6	2.364	0.081	2.009	0.19	ND	0.067	ND

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-246> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-7)

날짜	지점	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-27	14:15	8.2	6.6	15.0	1.7	1.0	2.7	5.6	1.297	0.053	0.36	0.178	0.05	ND	2.46	2.46
2013-05-28	10:05	8.71	6.2	8.4	7.0	2.0	3.4	7.2	1.569	0.03	1.17	0.088	0.014	ND	1.26	1.26
2013-05-29	14:15	8.45	6.6	9.6	2.0	0.0	3.3	5.4	2.017	0.061	1.529	0.002	0.029	ND	1.46	1.46
2013-07-02	12:40	6.45	6.5	10.6	12.7	1.0	1.3	4	1.455	0.089	1.185	0.064	0.045	ND	1.99	1.99
2013-07-02	15:30	8.08	6.2	11.2	2.7	1.0	1.6	6.5	1.423	0.095	1.17	0.047	0.049	ND	3.74	3.74
2013-07-03	14:10	8.21	7.1	114.0	1.0	0.0	0.5	11	1.742	0.087	1.256	0.063	0.075	ND	4.09	4.09
2013-07-07	15:00	7.51	7.4	5.7	4.2	1.0	2	5.2	1.256	0.067	0.635	0.091	0.022	ND	1.28	1.28
2013-07-08	11:55	7.51	7.4	5.7	1036.0	591.0	5	27.4	1.213	0.453	0.635	0.185	0.329	ND	6.12	6.12
2013-07-08	14:50	7.7	6.7	7.2	114.0	176.0	4.8	14.2	1.543	0.227	1.166	0.108	0.204	ND	11.08	11.08
2013-07-11	17:30	7.44	7.5	4.5	12.7	2.0	1.5	4	0.985	0.069	0.716	0.16	0.046	ND	4.48	4.48
2013-07-12	10:00	7.42	7.5	4.5	1.3	2.0	0.8	4	1.259	0.055	0.716	0.16	0.033	ND	1.53	1.53
2013-07-12	12:15	7.57	7.5	4.4	0.2	1.0	0.5	9.4	1.674	0.047	0.812	0.262	0.022	ND	4.78	4.78
2013-07-12	15:05	7.97	6.9	6.8	1.0	11.0	0.6	7.6	1.754	0.049	0.982	0.374	0.034	ND	3.67	3.67
2013-07-13	10:55	7.08	7.1	68.8	96.7	25.0	1.6	5.6	1.977	0.074	0.512	0.341	0.048	ND	2.08	2.08
2013-07-13	13:00	7.77	6.8	6.5	87.7	160.0	0.5	43.2	1.206	0.08	0.512	0.194	0.064	ND	31.01	31.01
2013-07-14	12:40	7.5	7.1	5.4	205.5	237.0	1	16.4	1.758	0.102	0.522	0.236	0.082	ND	8.13	8.13
2013-07-15	8:50	7.05	7.1	5.4	231.0	237.0	2.4	12.4	1.471	0.092	0.235	0.236	0.082	ND	0.42	0.42
2013-07-15	18:00	7.77	7.1	5.1	173.3	144.0	5.1	33.8	1.751	0.365	0.511	0.24	0.254	ND	12.11	12.11
2013-07-21	17:00	7.11	6.9	4.3	21.0	12.0	2	7.1	1.146	0.232	0.022	0.125	0.192	ND	1.75	1.75
2013-07-22	12:10	7.05	8.0	6.1	49.0	102.0	2.1	4.5	2.246	0.193	0.905	0.341	0.122	ND	1.67	1.67
2013-07-23	13:05	7.28	6.9	4.3	21.0	10.0	0.6	1.2	1.271	0.123	0.049	0.222	0.089	ND	1.55	1.55
2013-08-29	9:10	6.9	7.9	8.8	28.5	60.0	1.1	13	2.523	0.076	1.109	0.414	0.02	ND	4.25	0.86
2013-08-29	13:40	7.1	7.0	7.8	11.3	48.0	1.4	6.6	2.237	0.097	1.015	0.222	0.054	ND	2.90	3.96
2014-07-23	3:20	7.26	7.9	27.1	14.7	23.0	1.9	8	3.587	0.098	2.175	0.326	0.084	ND	3.91	4.25
2014-07-23	4:55	7.62	7.0	6.4	20.7	30.0	1.4	13.2	2.016	0.327	1.764	0.162	0.313	ND	2.67	2.90
2014-07-23	7:30	8.06	7.1	6.9	1.3	10.0	1.2	6.4	2.873	0.127	2.101	0.282	0.112	ND	4.27	1.29
2014-07-25	1:00	8.05	7.3	7.1	2.7	1.0	1.3	3.9	3.112	0.034	1.902	0.247	0.019	ND	1.45	6.63
2014-07-25	4:00	8.21	7.2	7.2	14.7	33.0	1.7	7	2.812	0.098	2.013	0.174	0.084	ND	1.18	3.91
2014-07-25	7:30	8.43	7.4	7.4	6.7	0.0	0.9	6.28	2.626	0.035	1.995	0.158	0.021	ND	0.89	2.67
2014-07-25	23:00	8.59	7.5	13.6	1.7	0.0	1	2.9	2.118	0.035	1.44	0.292	0.021	ND	1.06	4.27
2014-07-26	3:00	8.75	7.4	3.4	0.7	0.0	1.9	2.8	1.942	0.115	1.213	0.139	0.101	ND	0.76	0.76
2014-07-26	8:00	8.97	7.6	15.1	2.7	2.0	0.7	2.9	2.073	0.058	1.037	0.158	0.044	ND	4.73	4.73

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-247> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-7)

날짜	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-27	14:15	8.2	6.6	15.0	1.7	1.0	2.7	5.6	1.297	0.053	0.36	0.178	ND	0.05	2.46
2013-05-28	10:05	8.71	6.2	8.4	7.0	2.0	3.4	7.2	1.569	0.03	1.17	0.088	ND	0.014	1.26
2013-05-29	14:15	8.45	6.6	9.6	2.0	0.0	3.3	5.4	2.017	0.061	1.529	0.002	ND	0.029	1.46
2013-07-02	12:40	6.45	6.5	10.6	12.7	1.0	1.3	4	1.455	0.089	1.185	0.064	ND	0.045	1.99
2013-07-02	15:30	8.08	6.2	11.2	2.7	1.0	1.6	6.5	1.423	0.095	1.17	0.047	ND	0.049	3.74
2013-07-03	14:10	8.21	7.1	114.0	1.0	0.0	0.5	11	1.742	0.087	1.256	0.063	ND	0.075	4.09
2013-07-07	15:00	7.51	7.4	5.7	4.2	1.0	2	5.2	1.256	0.067	0.635	0.091	ND	0.022	1.28
2013-07-08	11:55	7.51	7.4	5.7	1036.0	591.0	5	27.4	1.213	0.453	0.635	0.185	ND	0.329	6.12
2013-07-08	14:50	7.7	6.7	7.2	114.0	176.0	4.8	14.2	1.543	0.227	1.166	0.108	ND	0.204	11.08
2013-07-11	17:30	7.44	7.5	4.5	12.7	2.0	1.5	4	0.985	0.069	0.716	0.16	ND	0.046	4.48
2013-07-12	10:00	7.42	7.5	4.5	1.3	2.0	0.8	4	1.259	0.055	0.716	0.16	ND	0.033	1.53
2013-07-12	12:15	7.57	7.5	4.4	0.2	1.0	0.5	9.4	1.674	0.047	0.812	0.262	ND	0.022	4.78
2013-07-12	15:05	7.97	6.9	6.8	1.0	11.0	0.6	7.6	1.754	0.049	0.982	0.374	ND	0.034	3.67
2013-07-13	10:55	7.08	7.1	68.8	96.7	25.0	1.6	5.6	1.977	0.074	0.512	0.341	ND	0.048	2.08
2013-07-13	13:00	7.77	6.8	6.5	87.7	160.0	0.5	43.2	1.206	0.08	0.512	0.194	ND	0.064	31.01
2013-07-14	12:40	7.5	7.1	5.4	205.5	237.0	1	16.4	1.758	0.102	0.522	0.236	ND	0.082	8.13
2013-07-15	8:50	7.05	7.1	5.4	231.0	237.0	2.4	12.4	1.471	0.092	0.235	0.236	ND	0.082	0.42
2013-07-15	18:00	7.77	7.1	5.1	173.3	144.0	5.1	33.8	1.751	0.365	0.511	0.24	ND	0.254	12.11
2013-07-21	17:00	7.11	6.9	4.3	21.0	12.0	2	7.1	1.146	0.232	0.022	0.125	ND	0.192	1.75
2013-07-22	12:10	7.05	8.0	6.1	49.0	102.0	2.1	4.5	2.246	0.193	0.905	0.341	ND	0.122	1.67
2013-07-23	13:05	7.28	6.9	4.3	21.0	10.0	0.6	1.2	1.271	0.123	0.049	0.222	ND	0.089	1.55
2013-08-29	9:10	6.9	7.9	8.8	28.5	60.0	1.1	13	2.523	0.076	1.109	0.414	ND	0.02	4.25
2013-08-29	13:40	7.1	7.0	7.8	11.3	48.0	1.4	6.6	2.237	0.097	1.015	0.222	ND	0.054	2.90
2014-07-23	3:20	7.26	7.9	27.1	14.7	23.0	1.9	8	3.587	0.098	2.175	0.326	ND	0.084	3.91
2014-07-23	4:55	7.62	7.0	6.4	20.7	30.0	1.4	13.2	2.016	0.327	1.764	0.162	ND	0.313	2.67
2014-07-23	7:30	8.06	7.1	6.9	1.3	10.0	1.2	6.4	2.873	0.127	2.101	0.282	ND	0.112	4.27
2014-07-25	1:00	8.05	7.3	7.1	2.7	1.0	1.3	3.9	3.112	0.034	1.902	0.247	ND	0.019	1.45
2014-07-25	4:00	8.21	7.2	7.2	14.7	33.0	1.7	7	2.812	0.098	2.013	0.174	ND	0.084	1.18
2014-07-25	7:30	8.43	7.4	7.4	6.7	0.0	0.9	6.28	2.626	0.035	1.995	0.158	ND	0.021	0.89
2014-07-25	23:00	8.59	7.5	13.6	1.7	0.0	1	2.9	2.118	0.035	1.44	0.292	ND	0.021	1.06
2014-07-26	3:00	8.75	7.4	3.4	0.7	0.0	1.9	2.8	1.942	0.115	1.213	0.139	ND	0.101	0.76
2014-07-26	8:00	8.97	7.6	15.1	2.7	2.0	0.7	2.9	2.073	0.058	1.037	0.158	ND	0.044	4.73

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-248> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FP-1)

날짜	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-28	7.8	6.5	6.2	11.3	34.0	10.1	22.4	1.143	0.052	0.313	0.185	ND	0.021	10.21
2013-07-02	7.5	4.9	81.0	285.5	72.0	4.1	40.8	2.007	0.512	0.744	0.758	ND	0.416	4.02
2013-07-08	7.5	7.6	62.1	2782.0	3912.0	10.2	190.0	1.833	1.034	1.014	0.427	ND	0.892	37.46
2013-07-11	7.8	7.1	2.5	135.0	34.0	1.5	7.0	2.212	0.435	0.432	1.123	ND	0.264	22.12
2013-07-12	7.2	6.8	4.3	554.0	1590.0	5.9	28.2	4.420	0.106	2.121	1.033	ND	0.082	7.61
2013-07-13	6.1	6.5	82.1	572.0	456.0	6.2	39.8	2.286	0.354	1.212	0.542	ND	0.221	3.84
2013-07-14	5.4	6.5	7.0	238.0	296.0	6.7	17.4	3.530	0.121	2.221	0.308	ND	0.086	2.04
2013-07-15	6.0	6.9	12.0	1080.0	1750.0	4.5	44.8	1.820	0.672	0.231	0.589	ND	0.555	4.52
2013-07-16	7.8	5.2	18.3	1.2	2.0	4.4	45.2	1.548	0.052	0.041	0.507	ND	0.037	81.36
2013-07-21	7.2	7.2	7.1	1025.2	1125.0	1.6	4.2	1.083	0.531	0.061	0.022	ND	0.235	1.87
2013-07-22	2.5	6.9	8.5	43.7	64.0	1.6	4.2	2.622	0.201	1.388	0.233	ND	0.167	1.14
2013-07-23	5.4	7.3	1.2	123.6	1870.0	8.0	27.2	3.387	0.101	2.154	0.233	ND	0.088	5.02
2013-08-23	5.3	5.1	2.3	20.8	7.0	3.2	ND	1.011	0.029	ND	0.011	ND	0.022	0.00
2013-09-13	5.6	7.0	3.2	377.3	380.0	6.2	111.4	2.298	0.114	1.081	0.217	ND	0.061	49.02
2013-09-13	6.7	7.2	3.1	42.7	128.0	0.7	76.0	1.632	0.186	0.415	0.217	ND	0.164	2.06
2014-07-23	7.5	6.1	3.4	1728.0	930.0	1.5	70.2	3.806	9.795	1.902	0.215	ND	9.651	30.89

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-249> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FP-2)

날짜	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-07-13	7.7	5.2	8.0	2.7	20.0	0.9	17.8	17.8	2.376	1.212	0.683	ND	0.324	3.80
2013-07-14	5.7	2.6	18.0	1.0	29.0	2.0	26.2	26.2	5.427	4.213	0.215	ND	0.142	13.00
2013-07-16	6.4	4.9	5.5	1.2	0.0	4.4	38.0	38.0	1.240	0.049	0.191	ND	0.019	36.10
2013-07-21	6.2	6.7	68.0	11.2	33.0	1.4	2.1	2.1	1.351	0.225	0.126	ND	0.152	1.11
2013-07-22	6.8	7.4	6.8	33.7	15.0	1.3	5.1	5.1	4.772	3.089	0.683	ND	0.102	1.38
2013-07-23	5.4	6.9	23.8	51.2	26.0	2.5	4.6	4.6	1.351	0.225	0.126	ND	0.067	1.09
2013-09-13	6.4	6.5	20.8	15.3	14.0	0.6	3.0	3.0	1.463	0.246	0.217	ND	0.030	0.71
2013-09-13	6.4	6.5	20.6	1.3	12.0	0.3	26.0	26.0	1.567	0.281	0.286	ND	0.022	9.67
2014-07-23	6.4	6.9	13.6	32.7	33.0	1.2	51.2	51.2	1.816	1.440	0.155	ND	0.254	13.82
2014-07-23	6.3	7.0	11.2	262.7	380.0	1.2	22.4	22.4	1.724	1.440	0.292	ND	0.555	3.19
2014-07-23	6.4	6.9	14.1	128.7	191.0	1.1	3.8	3.8	2.292	1.639	0.158	ND	0.124	2.53
2014-07-25	6.6	5.9	16.3	6.0	16.0	1.1	5.5	5.5	3.647	2.698	0.148	ND	0.057	9.90
2014-07-25	6.9	6.1	15.0	32.7	36.0	0.9	27.1	27.1	2.881	2.212	0.146	ND	0.183	4.25
2014-07-25	6.3	6.6	14.3	5.3	12.0	1.5	5.4	5.4	2.700	1.995	0.162	ND	0.093	6.05
2014-07-25	7.2	6.1	20.7	5.5	3.0	0.9	4.6	4.6	3.124	1.995	0.188	ND	0.057	3.07
2014-07-26	7.4	6.3	20.1	6.0	4.0	0.9	9.4	9.4	3.115	2.203	0.171	ND	0.138	1.65
2014-07-26	6.8	6.8	6.9	5.3	1.0	1.0	5.8	5.8	3.010	2.490	0.146	ND	0.038	1.17

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-250> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FP-3)

날짜	시간	DO	PH	EC	SS	탁도	BOD	COD _{Cr}	T-N	T-P	NO ₃	NH ₄	NO ₂	PO ₄	TOC
2013-05-28	10:30	8.02	5.7	2.0	71.9	0.3	1.8	14.8	7.993	0.054	1.459	6.19	ND	0.026	6.11
2013-05-29	14:30	7.13	5.8	0.0	64.5	18.3	7.6	17.4	11.038	0.045	1.427	6.239	ND	0.041	7.66

2013-07-02	13:00	4.25	6.2	2.0	64.0	8.7	3.6	13.2	4.683	0.125	4.027	0.437	ND	0.065	3.56
2013-07-02	15:55	7.75	4.2	2.0	72.0	6.7	3.2	62.8	6.478	0.122	3.875	0.802	ND	0.047	7.01
2013-07-07	15:20	7.69	5.9	2.0	640.0	10.6	6.1	24	3.225	0.125	1.398	1.066	ND	0.07	4.09
2013-07-08	12:15	7.69	5.9	10.0	640.0	50.7	5	24	5.306	0.421	3.534	0.906	ND	0.325	8.93
2013-07-08	15:00	7.54	7.3	4.0	173.3	14.0	4.6	16.4	3.9	0.315	3.382	0.101	ND	0.26	4.43
2013-07-11	17:50	7.5	7.1	2.0	19.0	8.7	1.3	14	2.937	0.112	0.811	1.287	ND	0.084	10.92
2013-07-12	10:20	7.8	7.1	2.0	19.0	0.3	0.3	14	2.923	0.102	0.815	1.287	ND	0.087	7.11
2013-07-12	12:50	8.3	7.1	2.0	19.8	0.7	0.8	24.6	1.073	0.058	0.553	0.245	ND	0.041	5.60
2013-07-12	15:15	8.07	4.3	3.0	18.7	1.0	2.4	65.6	1.602	0.04	1.216	0.222	ND	0.015	37.13
2013-07-13	11:10	7.68	6.8	14.0	130.9	15.3	1.4	56.8	2.996	0.102	1.553	0.642	ND	0.083	82.93
2013-07-13	13:15	8.4	3.0	25.0	15.0	18.3	0.5	41.2	2.109	0.155	1.256	0.259	ND	0.089	3.16
2013-07-14	13:05	7.93	6.6	70.0	14.3	48.7	1.2	31	2.983	0.091	1.213	0.771	ND	0.042	1.32
2013-07-15	9:20	7.2	5.3	2.0	1.0	13.5	6.3	32.6	12.595	0.102	11.392	0.203	ND	0.062	10.22
2013-07-16	18:20	5.31	4.3	13.0	47.2	1.2	2	146.4	1.239	0.027	0.041	0.198	ND	0.024	163.97
2013-07-21	16:45	6.21	6.3	38.0	56.0	21.6	2.6	4.2	1.05	0.236	0.025	0.026	ND	0.154	1.38
2013-07-22	12:40	6.14	6.9	7.0	7.0	10.0	2	6.2	3.409	0.187	1.767	0.642	ND	0.135	4.84
2013-07-23	13:15	6.82	6.5	45.0	12.5	33.5	2.1	4.8	1.05	0.132	0.025	0.026	ND	0.085	7.01
2013-08-29	9:40	6.2	5.8	12.0	2.3	10.0	1.1	15.8	2.163	0.122	0.915	0.248	ND	0.054	54.72
2013-08-29	13:55	5.5	5.7	16.0	1.6	9.3	2.6	37.4	2.961	0.118	1.721	0.24	ND	0.087	6.33
2014-07-23	7:10	7.76	6.9	42.0	39.6	26.0	0.8	9	8.704	0.371	2.013	6.119	ND	0.356	14.67
2014-07-23	8:45	5.8	6.1	3.0	92.0	0.7	1.5	8	10.571	0.115	1.639	8.795	ND	0.101	2.61

* ND: not detected, NC: not completed, NS: no sample

<표-251> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-1)

날짜	시간	수온	pH	DO	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	NO ₃	NO ₂	NH ₃	T-P	PO ₄ -P	TOC
2015-05-11	17:45	20.2	8.93	9.31	33	0	3.8	1.4	4.3	4.558	0.284	0.010	0.068	0.049	0.046	2.082
2015-05-12	1:00	19.1	8.12	8.12	33	0	2	1.5	4.4	3.124	0.212	0.010	0.061	0.012	0.002	2.220
2015-05-12	5:00	17.4	7.18	6.8	33	3	0.7	2.4	6.1	2.698	0.367	0.015	0.060	0.056	0.052	3.440
2015-05-12	6:30	17.6	7.2	6.13	36	2	2.1	2.2	8.5	3.821	0.584	0.017	0.061	0.061	0.053	3.125
2015-05-12	9:40	18.4	7.5	10.2	35	2	2.1	1	8.4	3.051	0.421	0.015	0.057	0.051	0.001	3.535
2015-05-12	11:20	19.4	8.54	12.98	35	2	1.4	0.7	8.2	2.480	0.381	0.025	0.053	0.052	0.039	3.252
2015-06-25	17:45	23.9	8.19	7.45	39	0	1.2	2.3	8.0	6.742	0.042	0.042	0.124	0.280	0.081	5.278
2015-06-25	22:00	21.8	7.81	7.55	40	1	2.5	0.6	6.4	4.302	0.358	0.038	0.305	0.184	0.071	4.459
2015-06-26	3:00	21.2	7.43	4.33	35	4	1.1	1.7	9.8	4.714	0.323	0.051	0.301	0.200	0.089	5.445
2015-06-26	6:10	20.7	7.47	4.98	35	28	12	2.5	10.0	5.031	0.596	0.087	0.324	0.181	0.153	5.309
2015-06-26	10:00	21.1	7.41	5.25	36	25	9.3	2.4	4.0	8.357	1.275	0.188	0.523	0.447	0.258	2.254
2015-06-26	15:30	21.7	7.34	4.87	41	17	1.2	2.3	8.0	6.742	0.686	0.130	0.367	0.280	0.151	3.448
2015-07-07	16:00	21.4	7.94	5.87	42	3	2.3	1.1	13.4	5.998	2.699	0.012	0.162	0.098	0.007	6.453
2015-07-07	23:45	20	4.98	4.59	42	10	1.8	1.7	10.6	6.054	3.021	0.026	0.175	0.159	0.047	6.981
2015-07-08	6:10	19.9	7.07	4.39	38	23	4.8	2.2	14.2	7.336	4.134	0.236	0.133	0.268	0.166	5.632
2015-07-08	13:20	20.6	7.43	4.72	41	17	4.5	2.1	20.6	8.106	3.242	0.194	0.135	0.251	0.164	6.124
2015-07-08	16:50	21	7.5	4.73	40	15	4.1	1.9	16.6	7.564	3.325	0.149	0.162	0.230	0.085	6.569
2015-07-08	21:00	20.8	7.23	4.78	40	10	3.0	1.3	12.2	7.536	3.014	0.117	0.191	0.163	0.060	6.374
2015-07-08	21:00	20.8	7.23	4.78	40	10	3.0	1.3	20.6	7.536	3.614	0.117	0.191	0.163	0.060	6.374
2015-07-09	3:00	20.5	7.05	5.04	35	350	72.8	5.2	11.4	8.142	3.856	0.112	0.161	0.215	0.081	6.511
2015-07-09	5:30	19.7	6.72	5.31	21	450	109.6	7.9	8.6	11.039	4.415	0.106	0.178	0.620	0.277	7.798
2015-07-09	7:30	19.6	6.81	5.33	21	500	118.4	6.1	16.4	11.011	5.004	0.106	0.244	0.661	0.242	8.007
2015-07-09	9:30	19.7	7.05	5.34	22	344	94.2	6.6	14.2	11.153	5.361	0.112	0.209	0.626	0.314	9.149
2015-07-09	12:30	19.8	7.4	5.42	20	506	106.6	8.2	10.6	10.982	5.592	0.161	0.225	0.620	0.255	7.904
2015-07-09	14:30	20	6.8	4.82	21	340	51.4	7.8	13.2	10.811	4.624	0.153	0.151	0.450	0.224	8.493
2015-08-20	21:00	24	7.33	5.41	45	7	1.2	0.4	16.4	5.965	3.866	0.009	0.073	0.096	0.018	5.633
2015-08-21	9:00	22.9	7.39	6.01	38	17	3.2	0.5	22.8	7.924	3.983	0.017	0.028	0.150	0.065	5.051
2015-08-21	11:10	22.4	6.53	6.24	40	17	3	0.9	17.2	10.554	5.942	0.016	0.038	0.182	0.076	5.486
2015-08-21	12:50	22.9	7.32	4.92	36	15	4	1.8	17.8	8.362	7.006	0.020	0.036	0.207	0.118	5.964
2015-08-21	14:30	23.8	7.3	5.93	37	17	2.4	1.8	16.4	6.024	3.464	0.023	0.089	0.241	0.131	4.721
2015-08-21	17:10	24.1	7.49	5.6	38	18	3.8	1	21.2	5.556	2.542	0.021	0.024	0.206	0.089	6.060
2015-08-24	21:20	24.6	7.73	4.4	35.6	3	2.8	1.2	18.8	5.585	3.434	0.008	0.042	0.046	0.007	6.415
2015-08-25	3:20	23.8	7.51	4.9	40.4	7	1.2	1.3	32.8	6.170	2.867	0.011	0.063	0.081	0.005	7.553
2015-08-25	9:50	23	7.34	4.7	36.6	9	6.4	1.4	18.4	6.755	4.701	0.021	0.048	0.311	0.021	6.251
2015-08-25	17:30	22.4	7.47	4.1	25.6	27	12.6	5.3	13.6	7.164	4.465	0.051	0.053	0.578	0.150	8.074
2015-08-26	0:00	21.5	6.94	4.75	29	75	30.2	1.8	28.8	8.918	4.767	0.163	0.075	0.600	0.244	8.930
2015-08-26	12:00	22	7.54	6.4	29	25	10.6	1.4	27.6	9.941	6.376	0.162	0.657	0.150	0.102	10.451

<표-252> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-3)

날짜	시간	수온	pH	DO	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	NO ₃	NO ₂	NH ₃	T-P	PO ₄ -P	TOC
2015-05-11	18:40	19.1	8.18	9.92	38	1	1.5	2.3	6.4	6.207	3.921	0.428	0.285	0.067	0.062	3.059
2015-05-12	1:20	18.4	8.01	8.42	39	1	1.2	1.2	5.1	6.042	3.411	0.315	0.105	0.021	0.001	3.457
2015-05-12	4:00	17.4	7.25	7.8	41	4	6.3	0.8	11.0	7.422	3.921	0.931	0.329	0.090	0.085	3.366
2015-05-12	6:10	17.2	7.23	5.94	38	8	4.8	0.1	5.0	6.495	2.025	0.934	0.269	0.125	0.094	3.001
2015-05-12	9:20	17.4	7.25	6.18	38	12	10	1	6.1	6.123	1.812	0.421	0.120	0.123	0.081	3.041
2015-05-12	11:10	17.6	7.37	6.84	35	24	13	3.4	7.5	6.351	1.984	0.942	0.097	0.279	0.207	4.094
2015-06-25	18:40	21.8	7.32	7.92	46	2	1.5	1.9	13.0	7.439	1.012	0.152	0.343	0.377	0.012	5.580
2015-06-25	22:20	20.8	7.32	7.14	46	2	1.5	1.9	13.0	8.516	1.816	0.262	0.376	0.101	0.097	5.167
2015-06-25	2:50	20.6	7.3	6.43	40	5	1.5	0.3	12.0	6.007	1.121	0.111	0.341	0.068	0.011	5.179
2015-06-26	6:00	20.2	7.34	5.72	36	48	10	2.4	8.5	7.439	1.300	0.253	0.348	0.377	0.103	4.360
2015-06-26	9:20	20.5	7.46	5.71	335	32	5.5	3	14.0	8.991	0.865	0.395	0.400	0.280	0.180	5.475
2015-06-26	14:50	20.9	7.24	6.09	38	15	1.6	1.2	16.0	11.390	1.018	0.282	0.424	0.181	0.178	6.190
2015-07-07	16:40	20.3	6.78	6.58	47	4	1.6	1.7	14.4	8.533	4.313	0.438	0.143	0.169	0.082	8.159
2015-07-07	23:00	19.4	5.18	4.22	42	14	3.1	2.4	11.2	8.618	4.347	0.656	0.127	0.198	0.071	5.586
2015-07-08	5:40	19.2	7.25	4.74	36	9	1.8	2.8	15.6	7.906	4.062	0.422	0.114	0.184	0.100	5.344
2015-07-08	13:00	20.1	7.5	5.54	34	13	3.1	1.8	9.0	9.388	4.955	0.190	0.117	0.278	0.146	5.662
2015-07-08	16:30	20.3	7.39	4.73	37	5	2.2	1.2	12.6	8.960	4.484	0.154	0.119	0.194	0.096	6.388
2015-07-08	20:40	20.2	7.31	4.67	35	3	1.4	1.5	9.8	9.729	5.091	0.140	0.095	0.186	0.073	7.546
2015-07-08	20:40	20.2	7.31	4.67	35	3	1.4	1.5	22.0	9.729	4.191	0.140	0.095	0.186	0.073	7.546
2015-07-09	3:20	20.1	7.01	5.09	33	162	40.8	6.2	16.0	9.441	4.376	0.225	0.152	0.512	0.122	7.212
2015-07-09	5:00	19.3	6.98	5.78	20	228	48.6	10.0	17.6	11.381	5.152	0.265	0.146	0.658	0.374	8.198
2015-07-09	7:00	19.3	6.91	5.17	20	381	51.2	8.1	21.5	11.522	5.508	0.241	0.744	0.612	0.421	8.158
2015-07-09	10:00	19.5	7.04	5.55	22	320	52.2	8.4	18.6	11.638	5.255	0.292	0.737	0.691	0.480	8.562
2015-07-09	14:10	19.7	7.25	5.12	22	75	18.6	5.5	15.2	11.894	4.757	0.133	0.193	0.421	0.266	8.196
2015-08-20	21:40	23.1	6.14	5.62	47	7	3.6	1.2	7.6	8.187	5.864	0.097	0.048	0.116	0.002	5.100
2015-08-21	8:20	22.9	6.34	6.65	31	25	4.8	1.5	12.4	9.239	2.594	0.136	0.057	0.233	0.139	4.586
2015-08-21	12:10	22.1	7.17	5.26	33	30	8.6	2.6	23.2	9.824	1.672	0.065	0.046	0.347	0.197	6.360
2015-08-21	15:35	23.2	7.09	6.52	31	16	7	2.1	25.6	11.840	7.084	0.047	0.120	0.310	0.207	6.198
2015-08-21	17:00	23.5	7.28	6.62	31	16	3.6	0.7	18.2	10.203	7.448	0.041	0.051	0.265	0.126	7.109
2015-08-24	22:00	23.4	7.34	4.2	38.3	4	3.2	1.6	12.2	8.450	4.180	0.067	0.091	0.200	0.100	5.210
2015-08-25	1:50	22.9	7.16	5.4	35.6	24	9.8	1.2	15	9.356	4.942	0.184	0.063	0.255	0.105	4.049
2015-08-25	10:10	22.2	7.2	7.4	27.4	41	25.8	2.5	23.6	9.532	3.812	0.189	0.032	0.335	0.122	7.279
2015-08-25	17:20	21.8	7.24	6	25	44	33	4.1	30.4	10.262	4.104	0.252	0.046	0.485	0.302	10.970
2015-08-25	23:40	20.9	7.13	5.54	27	42	18.4	2.8	37	12.396	7.358	0.205	2.392	0.355	0.200	10.628
2015-08-26	10:30	21.8	7.54	6.5	29.7	10	5.4	0.5	21.2	10.554	6.621	0.479	0.169	0.406	0.258	6.575

<표-253> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-'4)

날짜	시간	수온	pH	DO	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	NO ₃	NO ₂	NH ₃	T-P	PO ₄ -P	TOC
2015-05-11	19:00	17.7	7.44	7.04	26	1	2.5	1.3	9.7	3.659	1.208	0.018	0.032	0.054	0.053	3.003
2015-05-12	1:50	17.4	7.31	6.18	30	1	2.4	2	10.0	3.648	0.912	0.012	0.033	0.051	0.012	2.082
2015-05-12	3:40	17.2	7.27	6.12	32	12	50	3.1	37.0	3.802	0.930	0.014	0.039	0.136	0.048	2.278
2015-05-12	5:50	16.8	7.3	6.87	32	17	56	0.6	42.0	4.640	0.616	0.007	0.047	0.138	0.041	2.431
2015-05-12	9:00	17.1	7.25	7.05	31	15	46	1.3	32.0	4.012	0.912	0.024	0.049	0.123	0.042	2.511
2015-05-12	10:50	17.5	7.65	9.1	31	8	12	2.6	11.0	4.579	1.443	0.047	0.173	0.127	0.057	2.647
2015-06-25	19:00	21.4	7.45	6.36	33	7	6.3	0.6	7.4	7.945	0.973	0.080	0.424	0.198	0.000	5.072
2015-06-25	23:00	20.2	5.82	6.58	39	1	0.7	2.4	6.1	2.698	0.841	0.041	0.306	0.056	0.011	5.468
2015-06-25	2:40	20.1	6.42	6.18	35	5	1.5	2	5.1	3.054	0.820	0.034	0.289	0.068	0.021	5.511
2015-06-26	5:40	20.1	7.45	5.17	32	8	2.8	1.7	23.0	7.248	0.797	0.021	0.282	0.191	0.005	5.513
2015-06-26	9:00	20.1	7.36	6.48	35	13	11	2.9	14.0	9.751	0.727	0.122	0.320	0.232	0.103	5.125
2015-06-26	14:40	20.6	7.55	6.04	34	1	2.8	1.3	7.6	7.312	0.516	0.152	0.324	0.276	0.138	5.016
2015-07-07	17:00	19.9	4.03	4.52	38	1	10.0	0.8	18.0	6.881	3.052	0.006	1.443	0.165	0.000	3.962
2015-07-07	22:50	19.3	4.66	5.42	35	4	2.8	1.0	20.8	7.109	2.843	0.012	0.164	0.091	0.005	3.901
2015-07-08	5:20	19	7.24	5.66	35	18	7.2	1.5	18.6	7.935	3.773	0.044	0.109	0.213	0.102	3.922
2015-07-08	12:40	19.8	7.57	5.06	33	7	6.2	1.8	19.0	9.046	4.218	0.074	0.098	0.223	0.118	5.735
2015-07-08	16:15	20.2	7.54	5.1	34	1	1.4	0.8	22.6	8.989	4.195	0.040	0.127	0.186	0.067	4.924
2015-07-08	20:20	20	7.53	4.91	32	0	0.8	1.7	21.8	8.675	3.470	0.029	0.109	0.140	0.040	5.260
2015-07-08	20:20	20	7.53	4.91	32	0	0.8	1.7	17.8	8.675	4.070	0.029	0.109	0.140	0.040	5.260
2015-07-09	3:40	19.4	7.51	4.91	20	122	46.2	6.2	20.4	8.155	3.562	0.024	0.124	0.344	0.152	6.245
2015-07-09	4:40	19.3	7.34	5.01	14	182	49.8	8.7	30.2	11.182	4.772	0.057	0.138	0.475	0.268	7.619
2015-07-09	6:40	19.5	7.39	5.44	19	194	50.4	9.0	32.4	11.512	5.804	0.061	0.152	0.455	0.335	7.912
2015-07-09	9:40	19.6	7.35	5.09	15	200	46.4	8.8	31.0	11.495	5.498	0.065	0.130	0.469	0.319	8.805
2015-07-09	13:50	19.6	7.19	9	21.6	44	11.0	5.4	35.8	11.723	5.289	0.051	0.133	0.270	0.146	8.084
2015-08-20	22:20	22.2	5.6	5.71	40	14	5.4	0.2	14.4	7.602	5.786	0.014	0.059	0.086	0.018	4.250
2015-08-21	8:00	21.8	7.29	7.51	36	42	15	2.4	17.8	7.719	5.111	0.009	0.032	0.236	0.097	3.709
2015-08-21	12:00	21.8	6.92	7.62	29	22	5.8	0.4	14.0	8.216	7.292	0.016	0.059	0.292	0.176	6.370
2015-08-21	15:30	23.1	7.37	6.75	27	11	4.2	0.5	14.6	8.889	6.513	0.011	0.053	0.288	0.152	6.069
2015-08-21	16:50	23.4	7.27	8.04	28	9	3.4	1	40.6	7.485	5.812	0.010	0.040	0.240	0.123	5.487
2015-08-24	22:20	23	7.29	7.2	30.9	21	18.2	2.0	18	7.661	3.864	0.187	0.051	0.341	0.093	5.296
2015-08-25	1:30	22.6	7.22	5.9	28.7	63	80.8	2.5	31.2	7.690	5.076	0.028	0.075	0.604	0.110	17.320
2015-08-25	10:40	21.9	7.59	6.4	25	33	19.6	2.1	17.4	8.509	5.003	0.012	0.044	0.365	0.111	7.813
2015-08-25	17:10	21.6	7.04	6	21.7	44	29.8	2.9	21.2	6.258	4.103	0.018	0.081	0.371	0.125	8.752
2015-08-25	23:20	20.7	7.18	6.4	23	35	10.8	2.5	20.4	5.556	3.022	0.014	0.053	0.335	0.192	6.542
2015-08-26	11:20	21.7	7.18	7.6	28.3	7	2.8	2.4	23.8	4.182	2.472	0.082	0.055	0.382	0.200	5.509

<표-254> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-'5)

날짜	시간	수온	pH	DO	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	NO ₃	NO ₂	NH ₃	T-P	PO ₄ -P	TOC
2015-05-12	3:00	18.4	7.38	6.73	19	0	2.6	1.2	6.6	2.470	0.556	0.044	0.144	0.049	0.046	3.166
2015-05-12	5:30	18.1	7.37	7.43	20	6	4.8	1.4	5.7	2.565	0.445	0.039	0.175	0.043	0.039	3.111
2015-05-12	8:30	18.1	7.61	8.15	22	15	8	1.2	6.4	2.213	0.421	0.042	0.012	0.053	0.012	3.041
2015-05-12	10:40	18.5	7.84	9.27	24	17	6	0.3	43.0	2.917	0.316	0.052	0.144	0.061	0.050	3.622
2015-06-25	16:15	21.6	7.86	7.1	32	3	5.5	3	14.0	7.422	0.512	0.194	0.304	0.090	0.061	5.453
2015-06-25	22:50	19.95	7.5	6.38	38	3	2.8	1.4	20.0	7.470	0.528	0.076	0.334	0.170	0.000	5.124
2015-06-26	2:20	19.9	7.43	6.28	39	3	1.4	2.7	13.0	8.706	0.399	0.021	0.301	0.324	0.093	5.184
2015-06-26	5:30	19.7	7.51	6.08	35	23	6.3	0.2	14.0	3.605	0.059	0.018	0.305	0.356	0.000	6.125
2015-06-26	8:30	20.3	7.78	5.54	33	15	2.4	1.8	26.0	3.890	0.686	0.031	0.291	0.230	0.009	5.612
2015-06-26	14:30	21.4	7.85	6.09	31	7	4.1	0.7	15.0	3.985	0.411	0.018	0.296	0.264	0.087	5.526
2015-07-07	17:10	19.4	3.75	5.16	32	0	1.9	1.0	21.8	4.972	3.188	0.020	0.125	0.081	0.000	4.730
2015-07-07	22:30	18.6	7.34	5.52	34	0	2.4	1.4	50.2	5.000	2.000	0.018	0.095	0.083	0.000	5.902
2015-07-08	5:00	18.7	7.59	6.2	29	15	2.2	0.5	24.0	5.371	3.048	0.012	0.098	0.138	0.036	6.097
2015-07-08	12:30	20.1	7.78	5.63	27	8	1.2	1.0	22.4	5.342	2.136	0.012	0.101	0.123	0.027	5.699
2015-07-08	16:00	20.7	7.85	5.56	28	7	0.4	0.6	14.0	4.858	3.143	0.011	0.101	0.112	0.005	5.689
2015-07-08	20:10	20.5	7.67	4.95	27	4	0.8	1.3	24.0	4.886	1.954	0.016	0.101	0.125	0.036	5.491
2015-07-08	20:10	20.5	7.67	4.95	27	4	0.3	1.3	37.2	4.886	2.254	0.016	0.101	0.125	0.036	5.491
2015-07-09	4:10	18.7	7.26	6.01	10	170	32.8	4.9	20.6	7.650	4.259	0.025	0.127	0.259	0.107	8.993
2015-07-09	6:10	18.7	7.04	6.82	11	255	46.8	7.1	22.4	7.041	4.016	0.034	0.112	0.272	0.155	8.811
2015-07-09	9:10	18.8	7.22	8.1	10.7	203	36.0	6.3	16.6	7.365	3.845	0.030	0.140	0.268	0.100	8.854
2015-07-09	13:40	19.1	7.13	9.4	10.6	56	8.8	5.8	39.2	7.194	3.177	0.023	0.119	0.182	0.060	8.294
2015-08-20	22:40	21.2	5.2	5.22	41	6	2.4	1.2	14.4	4.591	1.244	0.009	0.099	0.109	0.084	5.924
2015-08-21	7:30	21.5	7.54	8.7	30	71	23.8	2.1	30.6	6.579	2.633	0.008	0.036	0.286	0.144	5.379
2015-08-21	11:40	21.6	7.52	7.74	24	34	8.2	1.2	19.2	7.982	3.211	0.009	0.051	0.215	0.121	5.178
2015-08-21	15:00	22.8	7.54	7.49	24	25	5.4	1.5	16.2	8.012	5.111	0.008	0.051	0.170	0.089	4.750
2015-08-21	16:30	23.5	7.51	7.85	24	35	7.2	1.1	17.4	7.602	5.630	0.008	0.057	0.236	0.052	5.048
2015-08-24	23:10	22.9	7.51	7.4	31.6	3	22	1.5	22	5.351	3.740	0.135	0.051	0.424	0.130	6.260
2015-08-25	1:20	22.6	7.72	6.6	29	25	8.6	1.6	22.6	6.228	2.491	0.008	0.085	0.208	0.152	6.114
2015-08-25	8:00	22	7.78	6.2	18.1	44	23.2	2.1	27	6.608	4.243	0.011	0.075	0.211	0.104	6.744
2015-08-25	17:00	21.9	7.59	6.4	25	33	41.6	2.3	33.4	6.696	4.278	0.011	0.075	0.248	0.021	6.683
2015-08-25	23:10	20.8	7.02	7.09	13	48	22	2.1	37.2	8.801	4.320	0.010	0.046	0.210	0.044	6.225
2015-08-26	11:10	21.9	7.8	7.5	15.6	17	14.2	1.5	25.6	7.953	3.181	0.009	0.040	0.222	0.078	6.407

<표-255> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (FW-'6)

날짜	시간	수온	pH	DO	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	NO ₃	NO ₂	NH ₃	T-P	PO ₄ -P	TOC
2015-05-12	3:10	16.4	7.37	6.83	27	0	2.4	3	6.4	1.928	0.302	0.006	0.173	0.032	0.030	2.944
2015-05-12	5:40	16.4	7.38	8.43	29	9	6.3	2.3	5.3	1.642	0.238	0.002	0.133	0.038	0.034	3.657
2015-05-12	8:00	17.2	7.52	8.4	30	16	8	1.4	5.8	2.013	0.312	0.101	0.121	0.043	0.038	3.551
2015-05-12	10:50	17.8	7.97	9.48	31	30	9.6	1.4	10.0	3.486	0.432	0.121	0.266	0.076	0.059	3.515
2015-06-25	16:30	22	7.57	7.64	33	6	3.4	3.1	16.0	3.764	0.499	0.020	0.310	0.209	0.052	4.998
2015-06-25	22:50	19.7	7.29	5.81	41	0	2.2	1.4	9.0	4.936	0.392	0.023	0.357	0.225	0.042	4.792
2015-06-26	2:00	19.5	7.35	5.91	42	1	2.5	1.8	12.0	7.439	0.330	0.009	0.348	0.398	0.000	6.331
2015-06-26	5:30	19.2	7.42	6.05	31	0	13	0.5	9.8	3.732	0.674	0.030	0.296	0.455	0.017	7.406
2015-06-26	8:40	20.2	7.61	6.77	29	5	3.4	1.8	7.6	3.954	0.305	0.020	0.391	0.202	0.070	6.756
2015-06-26	14:20	21.4	7.76	6.32	27	7	3	0.3	18.0	4.112	0.223	0.023	0.717	0.043	0.035	7.444
2015-07-07	17:20	19.3	4.04	4.76	30	2	0.8	1.7	38.2	4.716	2.186	0.031	0.106	0.091	0.000	5.202
2015-07-07	22:40	18.6	6.66	5.62	38	0	0.8	1.4	29.4	4.602	2.140	0.018	0.085	0.089	0.000	5.366
2015-07-08	5:00	18.7	7.84	5.75	28	18	2.4	0.7	17.6	4.687	2.474	0.012	0.103	0.121	0.056	6.277
2015-07-08	12:20	20	7.5	5.58	26	9	1.8	1.0	15.4	5.114	2.945	0.012	0.154	0.131	0.032	5.814
2015-07-08	16:00	20.6	4.85	5.58	27	5	0.4	1.4	19.2	4.659	3.063	0.203	0.085	0.098	0.029	5.608
2015-07-08	20:00	20.4	7.54	5.61	28	4	4.2	1.4	31.8	4.972	2.588	0.012	0.087	0.112	0.016	5.125
2015-07-08	20:00	20.4	7.54	5.61	28	4	4.2	1.4	17.2	4.972	2.588	0.012	0.087	0.112	0.016	5.125
2015-07-09	4:00	18.8	7.56	5.84	10	295	61.4	3.9	16.8	7.336	3.234	0.026	0.103	0.238	0.085	9.367
2015-07-09	6:00	18.8	7.11	6.18	10	304	66.4	6.4	20.4	7.522	3.608	0.029	0.104	0.225	0.108	9.041
2015-07-09	9:00	19	7.14	6.44	10.2	255	70.2	5.6	22.0	7.450	3.280	0.029	0.135	0.318	0.111	9.028
2015-07-09	13:40	19.2	7.16	9.5	9.7	56	8.8	2.2	29.0	11.153	5.061	0.027	0.159	0.165	0.056	8.343
2015-08-20	22:30	22.4	5.52	6.07	41	7	1.8	1.1	11.4	4.241	3.983	0.007	0.057	0.109	0.097	5.326
2015-08-21	7:40	21.3	7.42	8.72	29	67	33.8	2.1	26.2	5.176	1.426	0.007	0.057	0.258	0.105	5.440
2015-08-21	11:50	21.6	7.38	7.09	23	33	7	0.7	25.2	7.135	3.113	0.008	0.065	0.243	0.065	4.708
2015-08-21	15:10	22.8	7.36	6.25	23	23	6.8	0.6	13.8	8.012	2.594	0.007	0.034	0.218	0.047	5.681
2015-08-21	16:40	23.3	7.44	6.91	23	25	5.4	0.8	20.4	7.339	3.036	0.008	0.053	0.191	0.073	5.696
2015-08-24	22:50	22.8	7.49	5.9	30	3	3.2	0.7	28.6	5.235	2.893	0.007	0.057	0.059	0.003	5.898
2015-08-25	1:10	22.5	7.68	5.9	28.7	26	11	0.8	19.6	5.965	3.586	0.007	0.048	0.022	0.013	5.628
2015-08-25	8:40	21.9	7.29	7.8	18.1	45	22.4	1.1	24	6.287	3.314	0.009	0.085	0.052	0.024	5.312
2015-08-25	16:50	21.5	7.42	7.4	12.9	69	40.6	1.0	37.6	9.619	5.047	0.011	0.071	0.206	0.012	6.182
2015-08-25	23:00	20.8	7.27	6.96	13	53	20.2	1.9	32.6	6.784	5.113	0.008	0.042	0.211	0.024	5.877
2015-08-26	11:00	21.9	7.6	6.7	15.7	20	11.6	0.4	26.6	5.907	4.762	0.010	0.042	0.235	0.060	6.157

평야지역 모니터링 결과

<표-256> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PP-01)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.06.03	7.65	0.41	31.00	98.00	7.74	16.98	2.91	0.23	1.04	0.07	0.47	0.04	16.05
2015.06.19	7.88	0.24	2.57	3.00	3.61	7.16	1.89	0.06	0.83	ND	0.10	ND	8.24
2015.08.13	7.83	0.13	1.74	7.00	2.24	4.12	0.27	0.04	ND	ND	ND	ND	4.50
2015.11.25	7.60	0.09	26.00	78.00	3.21	6.60	0.61	0.09	ND	0.26	ND	ND	6.40

<표-257> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PP-02)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.04.23	6.73	1.26	193.00	366.00	4.93	12.90	5.66	0.56	3.00	0.49	0.59	0.06	11.56
2015.06.03	7.60	0.37	10.60	35.00	6.91	14.46	2.54	0.12	0.24	ND	0.85	ND	15.59
2015.06.19	8.70	0.21	2.30	1.00	6.74	14.08	1.56	0.11	ND	0.12	ND	ND	16.03
2015.08.03	7.27	0.06	1.80	2.00	1.33	2.16	0.14	0.03	ND	ND	ND	ND	3.19
2015.11.25	7.08	0.09	3.34	12.00	1.22	2.08	0.52	0.04	0.35	ND	ND	ND	4.61

<표-258> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-01)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.04.23	7.35	0.13	6.15	7.00	1.69	2.84	3.57	0.08	2.73	ND	0.37	ND	4.16
2015.06.03	7.82	0.40	3.59	19.00	2.11	4.20	2.98	0.12	2.13	ND	ND	0.07	6.39
2015.08.03	7.04	0.14	30.60	36.00	2.35	4.32	2.94	0.22	2.37	ND	ND	0.08	5.08
2015.09.17	7.84	0.33	2.89	10.00	2.54	3.38	2.29	0.07	1.15	ND	ND	ND	4.24
2015.10.29	7.62	0.37	1.45	1.00	1.03	1.36	3.38	0.03	2.63	0.11	0.06	ND	3.21
2015.11.25	7.84	0.32	8.50	27.00	1.33	2.08	3.60	0.07	3.16	ND	0.09	ND	3.96

<표-259> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-02)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.03.09	7.19	1.49	1.29	15.00	1.21	1.86	5.43	0.04	4.70	ND	ND	ND	2.94
2015.03.19	7.10	0.59	1.05	10.00	0.85	0.98	4.26	0.13	3.78	ND	ND	0.05	1.42
2015.04.23	7.38	1.28	7.31	8.00	1.42	2.14	3.71	0.06	2.94	ND	0.57	ND	4.01
2015.06.03	8.00	0.31	3.69	15.00	2.75	5.34	1.50	0.01	0.88	ND	ND	ND	5.43
2015.06.19	7.26	0.27	2.43	9.00	2.91	5.62	1.86	0.13	1.09	ND	ND	ND	7.49
2015.08.03	7.14	0.21	7.99	26.00	1.46	2.56	3.40	0.09	2.82	ND	ND	ND	4.20
2015.08.13	7.69	0.25	1.55	6.00	1.22	1.62	1.66	0.04	1.15	ND	ND	ND	3.94
2015.09.17	7.58	0.27	18.70	149.00	2.74	4.58	1.97	0.17	0.96	ND	ND	ND	2.89
2015.10.29	7.66	0.29	1.39	7.00	0.91	1.12	2.02	0.01	1.58	ND	ND	ND	1.99
2015.11.25	7.54	0.27	5.36	4.00	1.80	2.96	4.29	0.05	3.95	0.12	0.18	ND	3.98

<표-260> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-03)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.03.09	7.21	0.94	2.26	2.00	1.26	1.90	5.44	0.08	4.44	ND	ND	ND	3.40
2015.03.19	7.09	0.62	0.49	3.00	0.97	1.60	4.86	0.11	3.74	ND	ND	0.05	2.05
2015.04.23	7.44	0.69	1.10	3.00	1.23	1.88	4.08	0.08	0.22	ND	ND	ND	2.46
2015.06.03	7.96	0.18	0.63	2.00	2.79	5.36	2.27	0.13	1.41	ND	ND	0.05	7.29
2015.06.19	7.43	0.20	0.92	3.00	2.46	4.90	2.06	0.09	1.45	ND	ND	ND	6.36
2015.08.03	6.97	0.12	6.09	17.00	1.61	2.72	4.68	0.16	4.27	ND	ND	0.05	3.36
2015.08.13	7.45	0.15	3.41	2.00	1.87	3.18	2.93	0.11	2.30	ND	ND	ND	5.64
2015.09.17	7.4	0.16	8.83	14	2.5	4.3	1.35	0.12	0.4	ND	ND	ND	6.3
2015.10.29	7.5	0.17	28.50	84	2.32	4.2	1.67	0.07	1.3	ND	ND	ND	3.1
2015.11.25	7.3	0.19	2.63	2	2.56	5.1	5.36	0.27	4.4	0.29	0.17	0.08	6.6

<표-261> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-04)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.03.09	7.19	0.79	0.63	0.00	0.99	1.34	4.32	0.13	2.25	ND	ND	ND	2.49
2015.03.19	7.16	0.41	1.71	6.00	0.91	0.98	3.01	0.04	2.44	ND	ND	ND	0.94
2015.04.23	7.33	0.54	2.28	0.00	0.86	0.94	4.40	0.08	3.79	ND	0.43	0.04	1.53
2015.06.03	8.04	0.14	0.89	2.00	1.30	2.56	3.06	0.24	2.55	ND	ND	0.10	2.74
2015.06.19	7.43	0.14	0.36	4.00	1.25	2.44	3.48	0.31	2.77	ND	ND	0.14	3.16
2015.08.03	7.40	0.10	25.80	63.00	2.08	3.82	4.69	0.32	4.43	ND	ND	0.07	2.37
2015.08.13	7.25	0.13	0.61	6.00	0.63	0.70	3.45	0.15	3.16	ND	ND	0.07	1.87
2015.09.17	7.7	0.12	135.00	856	8.1	27.3	2.57	2.74	1.9	ND	ND	0.09	2.2
2015.10.29	7.7	0.13	24.70	50	1.36	2.4	3.02	0.10	2.7	ND	ND	ND	1.3
2015.11.25	7.3	0.16	1.83	13	1.84	3.2	5.44	0.25	4.8	ND	0.14	0.08	3.5

<표-262> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-05)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.03.09	7.20	0.83	3.20	6.00	1.19	2.16	5.87	0.31	3.26	ND	ND	0.07	3.80
2015.03.19	7.17	0.43	0.45	0.00	0.71	0.88	3.19	0.01	2.92	ND	ND	ND	1.21
2015.04.23	7.22	0.40	1.11	2.00	0.93	0.98	3.69	0.02	3.29	ND	ND	ND	0.98
2015.06.03	7.84	0.09	6.34	27.00	1.45	2.64	2.52	0.06	2.22	ND	ND	ND	1.98
2015.06.19	7.33	0.09	0.59	ND	1.29	2.38	2.32	0.07	1.91	ND	ND	ND	2.19
2015.08.03	7.68	0.08	3.97	29.00	2.35	4.42	3.94	0.03	3.62	ND	ND	ND	1.79
2015.08.13	7.05	0.08	5.23	16.00	1.87	3.20	3.10	0.02	2.75	ND	ND	ND	1.29
2015.09.17	7.62	0.09	1.27	17.00	0.86	0.94	2.54	0.01	2.00	ND	ND	ND	1.27
2015.10.29	7.54	0.09	1.67	5.00	0.93	1.00	2.55	0.00	2.38	ND	ND	ND	0.64
2015.11.25	7.32	0.09	1.44	4.00	1.62	2.80	3.68	0.01	2.64	ND	ND	ND	2.05

<표-263> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-06)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.06.03	7.44	0.25	34.40	92.00	4.60	9.20	5.23	0.62	4.18	ND	ND	0.12	7.44
2015.06.19	7.90	0.29	2.97	10.00	7.14	15.90	4.72	0.77	2.49	ND	ND	0.26	21.90
2015.08.03	7.36	0.16	0.84	2.00	2.31	4.12	5.86	0.20	5.01	ND	ND	0.08	5.77
2015.08.13	7.83	0.24	77.70	251.00	7.29	17.60	3.16	0.77	2.66	ND	ND	0.20	4.42
2015.09.17	8.11	0.21	65.80	456.00	7.89	22.92	4.45	1.96	2.01	ND	ND	0.15	3.04
2015.10.29	7.09	0.27	0.84	7.00	2.01	3.56	4.47	0.12	1.66	0.85	0.39	ND	5.12
2015.11.25	6.99	0.30	3.09	7.00	4.04	12.40	11.89	0.47	7.66	1.51	0.47	0.17	13.50

<표-264> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PP-03)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m	mg/L										
2015.06.03	7.51	0.17	3.87	4.00	3.29	6.46	1.82	0.12	ND	ND	0.92	ND	8.49
2015.06.19	6.83	0.20	6.67	16.00	5.84	12.06	4.48	0.29	3.22	ND	ND	0.11	11.10
2015.08.03	6.66	0.20	288.00	398.00	15.95	33.48	5.92	1.39	2.13	0.49	2.30	0.09	15.34
2015.08.13	6.88	0.14	181.00	104.00	13.13	27.56	4.78	0.81	3.10	ND	1.43	ND	21.21
2015.09.17	7.04	0.14	1756.00	442.00	39.38	96.80	5.70	3.36	ND	ND	ND	ND	22.59
2015.10.29	7.71	0.16	7.87	14.00	1.77	3.00	1.68	0.02	0.71	0.50	0.03	ND	5.92
2015.11.25	7.20	0.17	3.46	15.00	1.65	2.84	2.87	0.10	2.22	0.14	0.23	ND	5.94

<표-265> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-‘1)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m											
2015.04.30	7.07	0.27	0.83	7.00	2.17	4.26	9.02	0.07	7.79	ND	ND	ND	5.42
2015.08.03	7.02	0.15	1.34	1.00	1.30	1.82	4.75	0.08	4.30	ND	ND	ND	3.87
2015.08.13	7.85	0.31	0.95	15.00	1.97	3.52	8.95	0.07	8.24	ND	ND	ND	5.38
2015.09.17	7.80	0.40	2.23	16.00	2.31	4.14	15.92	0.15	13.45	ND	ND	ND	4.75
2015.10.29	7.42	0.45	3.09	68.00	2.79	5.00	15.41	0.07	14.92	ND	0.08	ND	4.67
2015.11.25	7.32	0.23	2.00	3.00	2.64	5.36	4.49	0.10	3.69	ND	0.04	ND	5.81

<표-266> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-‘2)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m											
2015.04.30	7.66	0.28	1.38	5.00	2.08	4.12	11.34	0.13	9.91	ND	ND	ND	6.46
2015.06.19	5.88	0.61	3.53	9.00	8.17	20.76	30.51	0.25	25.21	0.07	1.54	0.06	21.16
2015.08.03	7.18	0.15	2.33	6.00	1.29	2.12	5.15	0.11	4.70	ND	ND	ND	3.90
2015.08.13	7.85	0.35	0.58	7.00	2.59	4.76	12.47	0.10	11.28	ND	ND	ND	6.91
2015.09.17	7.90	0.29	0.70	3.00	1.26	1.86	10.89	0.08	9.36	ND	ND	ND	3.84
2015.10.29	7.88	0.53	1.02	5.00	1.50	2.44	22.51	0.08	22.22	ND	ND	ND	6.14
2015.11.25	7.65	0.23	2.17	2.00	2.99	6.16	4.21	0.11	3.14	0.16	0.08	ND	7.59

<표-267> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-‘3)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m											
2015.04.30	7.98	0.22	0.88	4.00	0.70	0.76	2.71	0.03	2.20	ND	ND	ND	2.72
2015.06.19	7.91	0.23	0.61	3.00	1.38	2.36	1.49	0.04	0.82	ND	ND	ND	3.96
2015.08.03	7.64	0.14	1.83	6.00	1.06	1.48	3.68	0.07	3.32	ND	ND	ND	2.95
2015.08.13	7.84	0.20	2.15	20.00	1.18	1.48	2.58	0.05	2.15	ND	ND	ND	2.63
2015.09.17	7.98	0.27	1.49	3.00	1.19	1.30	3.86	0.05	2.60	ND	ND	ND	2.78
2015.10.29	7.35	0.28	1.29	7.00	1.10	1.24	4.08	0.04	3.60	ND	ND	ND	2.32
2015.11.25	7.19	0.22	22.60	47.00	3.56	6.96	4.44	0.10	3.90	ND	ND	ND	3.83

<표-268> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (PW-‘4)

Date	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
		dS/m											
2015.04.30	7.52	0.15	0.93	2.00	0.60	0.72	3.40	0.06	2.82	ND	ND	ND	2.71
2015.06.03	7.93	0.15	0.30	ND	0.78	0.90	2.49	0.05	2.10	ND	ND	ND	2.07
2015.06.19	8.06	0.16	0.89	ND	1.26	1.58	2.40	0.04	1.92	ND	ND	ND	2.90
2015.08.03	7.24	0.16	1.50	1.00	0.38	0.40	2.31	0.02	2.05	ND	ND	ND	2.40
2015.08.13	7.04	0.11	1.88	9.00	1.09	1.20	3.82	0.03	3.50	ND	ND	ND	2.20
2015.09.17	7.88	0.18	10.60	18.00	2.63	4.62	1.76	0.09	1.23	ND	ND	ND	2.32
2015.10.25	7.76	26.00	11.20	1.02	1.04	2.08	0.02	1.75	ND	ND	ND	1.77	0.19
2015.11.25	7.70	0.16	13.70	20.00	1.45	2.56	2.47	0.01	2.13	ND	ND	ND	2.19

<표-269> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PP-01)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m											
2015.06.26	14:35	7.47	0.21	1.31	3.00	2.85	5.44	1.03	0.05	0.12	ND	0.04	ND	7.17
2015.06.26	19:30	7.92	0.43	2.51	18.00	4.99	10.14	1.58	0.07	0.31	ND	0.05	ND	12.81
2015.06.26	21:00	7.78	0.30	2.94	7.00	4.21	7.92	1.20	0.06	0.11	ND	0.18	ND	9.37
2015.06.26	22:30	6.80	0.39	2.63	13.00	7.05	14.86	1.46	0.07	ND	ND	ND	ND	16.00
2015.06.26	4:10	7.69	0.21	4.05	13.00	2.42	4.30	0.93	0.04	0.36	ND	ND	ND	5.69
2015.07.12	4:25	7.12	0.29	2.75	16.00	1.83	3.14	1.22	0.09	0.18	0.43	ND	ND	6.70
2015.07.12	8:25	7.19	0.29	4.36	8.00	1.56	2.56	0.92	0.05	0.13	0.20	ND	ND	5.71
2015.07.12	14:25	7.25	0.27	3.36	16.00	1.87	3.18	0.79	0.27	0.16	ND	0.04	ND	4.77
2015.07.12	20:25	7.19	0.22	2.92	5.00	1.33	2.44	2.07	0.23	ND	ND	0.06	ND	4.09
2015.07.13	4:40	7.05	0.22	1.20	9.00	1.72	2.68	0.50	0.13	ND	ND	ND	ND	3.95
2015.07.13	12:25	7.11	0.26	3.32	6.00	1.49	2.06	0.76	0.18	0.27	ND	ND	ND	5.00
2015.07.23	22:10	6.69	0.02	4.01	8.00	1.03	1.42	0.30	0.04	ND	ND	ND	ND	2.05
2015.07.24	2:45	6.72	0.04	5.45	13.00	1.53	1.94	0.37	0.04	ND	ND	ND	ND	2.32
2015.07.24	8:35	6.79	0.03	2.00	2.00	0.94	1.28	0.29	0.02	ND	ND	ND	ND	2.11
2015.07.24	15:05	6.67	0.03	1.10	ND	1.17	1.56	0.24	0.02	ND	ND	ND	ND	1.76
2015.07.23	19:25	6.51	0.02	5.04	14.00	1.37	1.96	0.32	0.03	ND	ND	ND	ND	2.33
2015.07.29	9:40	9.82	0.16	1.06	3.00	2.04	3.46	1.43	0.08	1.03	0.38	0.04	ND	3.82
2015.07.29	10:55	7.46	0.11	2.39	4.00	0.77	0.84	1.14	0.04	0.81	ND	ND	ND	2.20
2015.07.29	12:45	7.11	0.11	1.13	ND	0.77	0.76	1.11	0.04	0.80	ND	ND	ND	2.23
2015.07.29	14:20	7.16	0.11	1.76	2.00	1.26	1.40	1.01	0.04	0.66	ND	ND	ND	2.20

<표-270> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PP-02)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m											
2015.06.26	14:35	8.53	0.16	2.38	3.00	3.99	7.78	1.07	0.11	ND	ND	0.09	ND	10.03
2015.06.26	15:42	9.26	0.16	3.99	10.00	4.68	8.60	1.07	0.11	ND	ND	0.06	ND	10.17
2015.07.12	3:20	7.00	0.29	24.20	154.00	4.15	7.80	1.12	0.19	0.41	ND	ND	ND	7.23
2015.07.12	8:20	7.09	0.27	6.38	32.00	2.90	5.50	0.70	0.13	ND	ND	ND	ND	6.51
2015.07.12	15:15	7.15	0.19	1.27	1.00	2.01	3.44	0.60	0.05	ND	0.08	ND	ND	5.00
2015.07.12	21:20	6.99	0.12	2.23	1.00	1.37	1.68	0.36	0.06	ND	ND	ND	ND	3.47
2015.07.13	4:40	7.17	0.19	3.65	47.00	2.00	3.24	0.41	0.16	ND	ND	ND	ND	4.85
2015.07.23	3:20	6.57	0.06	5.34	17.00	0.89	1.18	0.39	0.01	ND	ND	ND	ND	1.93
2015.07.23	8:20	6.56	0.05	1.40	1.00	0.68	0.90	0.38	0.02	ND	ND	ND	ND	1.79
2015.07.29	9:40	7.06	0.06	12.80	36.00	1.56	2.38	0.65	0.05	0.30	ND	ND	ND	2.89
2015.07.29	10:55	6.94	0.06	1.91	6.00	0.68	0.68	0.42	0.02	0.19	ND	ND	ND	2.20
2015.07.29	12:45	6.83	0.05	2.20	2.00	0.60	0.66	0.33	0.01	0.15	ND	ND	ND	1.76
2015.07.29	14:20	6.84	0.05	3.36	4.00	0.79	0.80	0.33	0.01	0.14	ND	ND	ND	1.69
2015.07.29	16:25	6.78	0.04	3.21	3.00	0.75	0.86	0.25	0.01	ND	ND	ND	ND	1.72

<표-271> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-02)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m											
2015.04.02	18:40	7.24	0.32	36.50	98.00	2.91	5.18	3.66	0.28	3.06	0.17	0.07	0.18	3.02
2015.04.02	23:48	6.83	0.24	38.30	96.00	2.75	4.92	4.88	0.19	2.34	0.43	0.28	0.18	4.35
2015.04.03	0:18	6.87	0.26	39.30	99.00	2.11	3.92	4.66	0.21	3.47	0.28	0.37	0.18	4.19
2015.04.03	0:48	7.19	0.27	708.00	145.00	2.63	4.82	4.75	0.25	ND	0.30	ND	0.16	3.92
2015.04.03	1:18	7.22	0.26	39.40	94.00	2.21	3.70	4.80	0.18	3.17	0.31	0.32	0.17	4.06
2015.04.03	1:48	7.24	0.24	42.10	88.00	2.62	4.04	4.81	0.24	3.69	0.21	0.38	0.19	4.19
2015.04.03	2:18	6.81	0.24	61.30	114.00	2.87	4.96	4.72	0.28	3.80	0.13	0.38	0.19	4.14
2015.06.26	15:36	7.58	0.24	5.51	26.00	3.13	5.92	1.61	0.09	1.04	ND	ND	ND	6.38
2015.06.26	1:30	6.93	0.28	4.32	24.00	3.02	5.62	1.30	0.08	0.75	ND	ND	ND	6.27
2015.06.26	2:30	7.80	0.27	10.90	34.00	2.07	3.58	1.31	0.08	0.79	ND	ND	ND	5.65
2015.06.26	3:50	7.20	0.29	12.60	28.00	2.90	5.34	1.37	0.08	0.80	ND	ND	ND	6.17
2015.06.26	11:20	7.29	0.28	11.10	33.00	3.29	6.20	1.79	0.07	1.06	ND	ND	ND	8.17
2015.07.12	4:45	7.07	0.30	7.99	ND	1.83	3.22	1.33	0.20	0.83	ND	ND	ND	4.85
2015.07.12	8:45	7.17	0.30	10.80	143.00	1.96	3.34	1.25	0.25	0.76	ND	ND	ND	4.27
2015.07.12	14:45	7.60	0.30	34.80	27.00	3.40	6.68	1.26	0.08	0.69	0.11	ND	ND	4.18
2015.07.12	20:45	7.01	0.30	9.54	231.00	2.90	5.40	1.41	0.09	0.92	ND	ND	ND	4.40
2015.07.13	4:50	6.85	0.24	62.00	88.00	3.93	7.84	1.85	0.09	1.40	ND	ND	ND	4.00
2015.07.13	12:15	6.80	0.27	9.71	34.00	3.26	6.38	1.97	0.11	1.39	ND	ND	ND	4.71
2015.07.23	17:10	7.08	0.29	43.60	76.00	3.45	6.76	1.41	0.02	0.82	ND	ND	ND	4.88
2015.07.23	19:10	7.04	0.34	126.00	363.00	5.93	12.28	2.38	0.05	1.70	ND	ND	ND	5.57
2015.07.24	14:55	6.69	0.12	175.00	388.00	5.33	11.40	3.39	0.10	2.67	ND	ND	ND	4.02
2015.07.29	10:00	7.30	0.23	23.50	97.00	1.97	3.64	3.79	0.17	2.18	0.12	ND	ND	3.30
2015.07.29	10:30	7.34	0.19	96.90	251.00	2.43	4.78	3.92	0.28	2.04	ND	ND	ND	3.35
2015.07.29	11:35	7.04	0.14	278.00	538.00	5.65	12.88	3.91	0.55	2.26	ND	ND	0.06	4.76
2015.07.29	13:20	6.75	0.10	394.00	759.00	6.81	14.80	4.22	0.48	2.30	ND	ND	0.06	5.03
2015.07.29	15:30	6.73	0.10	210.00	208.00	4.60	9.84	4.10	0.51	2.33	ND	ND	0.12	5.42
2015.10.01	3:53	7.13	0.29	12.70	50.00	1.23	2.10	2.02	0.10	1.51	ND	ND	ND	3.50
2015.10.01	6:10	7.40	0.29	2.74	7.00	0.62	0.76	1.75	0.04	1.34	ND	ND	ND	2.23
2015.10.01	8:40	7.39	0.29	4.02	13.00	0.59	0.66	1.75	0.03	1.36	ND	ND	ND	2.08
2015.10.01	10:40	7.35	0.29	5.96	15.00	0.91	1.54	1.71	0.05	1.37	ND	ND	ND	2.54
2015.10.01	11:25	7.30	0.28	3.69	5.00	0.59	0.78	1.77	0.05	1.44	ND	ND	ND	2.62

<표-272> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-03)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.04.02	23:33	6.65	0.17	481.00	1099.0	12.72	30.00	6.39	1.47	3.70	0.97	0.11	0.30	10.55
2015.04.03	0:03	6.36	0.18	736.00	1893.0	15.38	36.44	7.13	3.39	3.92	1.67	0.10	0.28	9.55
2015.04.03	0:33	6.25	0.19	649.00	1602.0	15.30	37.36	8.13	3.70	5.07	1.69	0.14	0.32	11.10
2015.04.03	1:03	6.25	0.19	885.00	1883.0	14.90	37.60	7.97	2.84	4.97	1.95	0.13	0.29	9.98
2015.04.03	1:33	6.65	0.18	391.00	1062.0	13.69	35.24	7.89	2.72	5.08	1.73	0.12	0.28	10.52
2015.04.03	2:03	6.48	0.18	369.00	1364.0	15.22	37.76	8.82	3.25	5.13	1.99	0.11	0.27	11.37
2015.06.26	0:40	7.53	0.19	18.10	93.00	3.91	7.68	2.93	0.51	2.36	ND	ND	0.10	5.77
2015.06.26	2:05	7.36	0.14	8.36	28.00	2.81	5.40	4.36	0.72	3.81	ND	ND	0.50	5.72
2015.06.26	3:35	7.26	0.15	3.18	9.00	3.18	5.82	3.74	0.61	3.04	ND	ND	0.41	6.68
2015.06.26	11:43	6.96	0.16	2.32	11.00	2.67	4.94	2.69	0.15	1.83	ND	ND	0.05	7.55
2015.06.26	15:28	7.58	0.15	2.47	20.00	3.33	6.68	2.79	0.15	2.00	ND	ND	0.06	7.60
2015.07.12	4:10	6.57	0.17	6.31	12.00	4.11	8.12	1.42	0.04	0.84	ND	ND	ND	9.43
2015.07.12	8:10	6.96	0.17	1.23	8.00	2.54	4.70	2.22	0.03	1.54	ND	ND	ND	4.87
2015.07.12	14:10	6.99	0.17	3.61	7.00	2.72	5.18	2.52	0.02	1.80	ND	ND	ND	5.51
2015.07.12	20:10	6.95	0.17	1.71	698.00	2.54	4.74	3.00	0.04	2.21	ND	ND	ND	6.28
2015.07.13	4:00	6.76	0.19	131.00	ND	9.53	20.40	3.44	0.28	2.68	ND	ND	0.23	5.64
2015.07.13	12:05	7.01	0.19	1.54	29.00	2.94	5.44	3.37	0.30	2.64	ND	ND	0.07	5.08
2015.07.23	17:05	6.80	0.16	58.70	130.00	6.89	14.76	3.44	0.34	2.54	ND	ND	0.12	8.28
2015.07.23	19:05	6.52	0.16	153.00	454.00	12.77	29.00	6.04	0.88	4.86	ND	ND	0.36	9.31
2015.07.23	21:35	6.57	0.18	36.10	119.00	6.90	14.44	7.59	0.44	6.89	ND	ND	0.17	7.66
2015.07.24	2:35	6.82	0.17	4.41	12.00	3.37	6.38	5.72	0.19	5.12	ND	ND	0.05	6.19
2015.07.24	8:35	6.79	0.16	56.70	87.00	5.36	11.50	4.55	0.56	3.81	ND	ND	0.26	7.50
2015.07.24	14:45	6.69	0.13	7.33	6.00	2.91	5.42	5.72	0.29	5.04	ND	0.10	0.10	5.21
2015.07.29	9:45	6.75	0.13	110.00	213.00	6.64	14.88	5.67	1.17	3.95	ND	ND	0.39	5.96
2015.07.29	10:15	6.52	0.12	233.00	709.00	8.44	23.20	6.03	1.71	4.05	ND	ND	0.51	6.53
2015.07.29	11:15	6.50	0.09	559.00	1118.0	9.13	26.72	5.51	1.10	3.46	ND	ND	0.33	6.51
2015.07.29	15:50	6.95	0.11	9.89	27.00	2.21	3.44	5.38	0.20	3.75	ND	ND	0.08	4.61
2015.10.01	4:13	6.55	0.19	25.20	53.00	5.18	10.38	1.62	0.18	0.37	0.71	ND	ND	13.56
2015.10.01	6:25	7.03	0.17	4.45	17.00	1.97	3.46	1.27	0.11	0.86	ND	ND	ND	6.58
2015.10.01	8:55	7.04	0.17	5.17	9.00	1.84	3.38	1.47	0.13	1.11	ND	ND	ND	6.70
2015.10.01	10:55	6.98	0.16	6.31	11.00	2.44	4.22	1.89	0.21	1.41	ND	ND	0.07	6.94
2015.10.01	10:45	6.91	0.16	47.80	99.00	5.06	10.22	2.05	0.43	1.99	ND	ND	0.16	6.43

<표-273> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-04)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m											
2015.04.02	17:22	6.79	0.12	5.64	22.00	1.23	1.92	3.34	0.14	2.90	ND	0.04	0.11	1.79
2015.04.02	23:22	6.51	0.19	1206.0	2311.0		38.60	7.86	4.11	4.60	1.81	0.20	0.29	10.16
2015.04.02	23:52	6.74	0.16	113.00	409.00	7.11	16.90	7.02	0.35	5.48	1.00	0.05	0.30	7.08
2015.04.03	0:22	6.58	0.17	63.10	220.00	6.89	14.46	8.12	0.51	6.26	1.02	0.07	0.42	7.86
2015.04.03	0:52	6.68	0.21	123.00	308.00	7.05	17.18	9.95	1.19	8.05	0.95	0.08	0.40	8.38
2015.04.03	1:22	6.87	0.17	273.00	769.00	9.58	19.36	7.79	1.46	6.61	0.61	0.05	0.40	7.89
2015.04.03	1:52	7.03	0.19	100.00	328.00	6.62	17.82	10.06	1.17	7.81	0.85	0.07	0.49	9.31
2015.06.26	15:18	7.54	0.13	1.57	4.00	2.12	4.08	3.28	0.22	2.69	ND	ND	0.12	4.48
2015.06.26	0:50	6.70	0.15	0.78	6.00	2.82	5.30	4.65	0.34	3.99	ND	ND	0.20	5.44
2015.06.26	1:50	7.07	0.14	2.45	19.00	3.49	6.40	4.86	0.52	4.20	ND	ND	0.33	5.63
2015.06.26	3:10	6.53	0.15	4.31	30.00	4.39	8.66	6.50	0.72	5.57	ND	ND	0.52	7.12
2015.06.26	9:25	7.48	0.14	1.14	7.00	2.40	4.70	4.79	0.28	4.12	ND	ND	0.17	5.12
2015.07.12	3:50	6.88	0.15	2.17	4.00	2.98	5.30	4.24	0.75	3.25	ND	ND	0.11	5.00
2015.07.12	7:50	6.92	0.15	1.18	7.00	1.97	3.40	4.03	0.46	3.25	ND	ND	0.09	3.93
2015.07.12	13:50	6.85	0.16	1.08	11.00	2.81	5.24	4.96	0.31	4.03	ND	ND	0.15	5.49
2015.07.12	19:50	6.77	0.16	3.31	16.00	4.16	8.20	5.05	0.45	4.02	ND	ND	0.30	7.57
2015.07.13	4:25	6.97	0.14	1.01	2.00	2.07	3.50	3.25	0.17	2.62	ND	ND	0.08	3.83
2015.07.13	11:40	7.03	0.14	0.86	ND	2.07	3.38	3.10	2.43	2.51	ND	ND	0.09	3.42
2015.07.23	17:05	6.56	0.13	36.10	57.00	5.83	11.82	5.08	0.96	4.34	ND	ND	0.49	8.46
2015.07.23	19:05	6.69	0.14	21.60	50.00	5.01	10.14	5.71	0.88	4.80	ND	ND	0.43	7.87
2015.07.23	21:35	6.77	0.14	8.97	11.00	4.07	7.60	6.89	0.53	5.94	ND	ND	0.24	7.47
2015.07.24	2:35	6.95	0.16	1.94	3.00	2.67	4.88	5.74	0.33	5.05	ND	0.07	0.12	5.37
2015.07.24	8:35	6.96	0.12	70.60	110.00	4.93	9.94	5.04	0.65	4.45	ND	ND	0.32	5.62
2015.07.24	14:45	6.87	0.15	2.04	2.00	2.54	4.78	7.98	0.35	7.43	ND	0.03	0.16	5.18
2015.07.29	9:25	6.81	0.12	245.00	322.00	6.87	17.12	5.69	1.42	3.65	ND	ND	0.71	7.20
2015.07.29	9:55	6.74	0.09	344.00	443.00	8.03	20.56	5.03	1.94	3.07	ND	ND	0.58	6.18
2015.07.29	11:00	6.66	0.09	357.00	710.00	8.86	25.52	5.25	1.22	3.55	ND	ND	0.46	7.72
2015.07.29	12:45	6.83	0.10	12.20	28.00	3.10	5.96	6.39	0.27	4.80	ND	ND	0.11	5.96
2015.07.29	14:55	7.01	0.11	4.60	6.00	1.92	3.34	6.40	0.20	5.09	ND	ND	0.07	4.20
2015.10.01	4:25	7.09	0.14	6.68	15.00	1.85	3.06	3.15	0.19	2.77	ND	ND	0.09	4.11
2015.10.01	6:40	7.31	0.16	0.69	3.00	1.11	1.96	3.68	0.20	3.26	ND	ND	0.10	3.30
2015.10.01	9:10	6.94	0.14	0.85	ND	2.43	4.34	4.27	0.36	3.73	ND	ND	0.23	4.92
2015.10.01	10:25	6.81	0.18	2.72	6.00	3.02	5.46	6.29	0.76	5.41	ND	ND	0.55	7.58
2015.10.01	10:45	6.86	0.15	3.57	16.00	2.68	5.18	5.20	0.49	4.60	ND	ND	0.36	5.57

<표-274> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-05)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.04.02	16:58	6.87	0.09	0.29	3.00	0.95	1.12	3.00	0.01	2.74	ND	ND	ND	1.12
2015.04.02	23:18	7.26	0.16	90.70	195.00		12.90	5.48	0.32	4.74	0.32	ND	0.19	6.45
2015.04.02	23:48	7.04	0.10	95.80	271.00		16.10	3.53	0.38	1.21	0.19	ND	0.16	5.33
2015.04.03	0:18	7.21	0.13	53.10	144.00	6.99	14.98	5.53	0.29	4.09	0.29	0.03	0.20	7.63
2015.04.03	0:48	6.91	0.11	86.80	190.00	7.89	17.46	4.46	0.40	3.35	0.28	ND	0.21	7.15
2015.04.03	1:18	6.77	0.11	92.90	228.00	7.54	17.58	4.55	0.48	3.67	0.30	ND	0.26	7.61
2015.04.03	1:48	6.68	0.09	57.80	172.00	7.13	17.20	4.21	0.32	3.41	0.23	ND	0.22	6.76
2015.04.03	2:09	6.68	0.11	37.90	121.00	7.01	17.72	5.88	0.18	4.75	0.14	ND	0.17	7.80
2015.04.03	3:09	6.96	0.09	10.20	40.00	5.18	9.54	4.64	0.08	4.20	0.08	ND	ND	5.79
2015.04.03	4:09	6.76	0.09	7.36	20.00	4.11	6.70	4.68	0.05	3.72	ND	ND	ND	4.90
2015.04.03	5:09	6.83	0.09	7.06	23.00		5.98	4.62	0.06	3.83	ND	ND	ND	4.27
2015.04.02	6:09	6.85	0.09	5.04	10.00	2.21	3.58	5.40	0.04	4.34	ND	ND	ND	3.80
2015.04.02	7:09	6.92	0.10	5.60	17.00	2.87	4.00		0.06	4.06	ND	ND	ND	3.26
2015.06.26	15:23	6.97	0.09	1.80	5.00	1.81	3.56	2.92	0.07	2.59	ND	ND	ND	2.98
2015.06.26	0:10	6.97	0.08	2.72	7.00	2.16	3.82	3.31	0.09	2.86	ND	ND	ND	3.50
2015.06.26	4:40	7.07	0.08	3.25	9.00	2.44	4.74	3.40	0.08	2.96	ND	ND	ND	4.10
2015.06.26	6:40	7.09	0.09	3.36	16.00	2.72	5.12	3.80	0.08	3.28	ND	ND	ND	3.60
2015.06.26	10:10	7.27	0.07	5.80	21.00	2.99	5.90	3.16	0.10	2.72	ND	ND	ND	4.18
2015.07.12	3:05	6.89	0.09	2.25	7.00	1.87	3.34	2.52	0.29	1.99	ND	ND	ND	2.37
2015.07.12	8:30	6.94	0.09	2.67	9.00	2.46	4.48	2.48	0.18	2.02	ND	ND	ND	1.79
2015.07.12	14:00	6.96	0.09	2.89	10.00	1.77	3.24	2.56	0.10	2.15	ND	ND	ND	2.45
2015.07.12	18:00	7.01	0.09	4.47	11.00	2.39	4.34	2.57	0.15	2.06	ND	ND	ND	2.54
2015.07.13	4:15	6.83	0.09	26.70	91.00	7.15	14.40	2.86	0.16	2.26	ND	ND	ND	1.98
2015.07.13	11:35	6.89	0.10	8.68	80.00	6.39	12.88	2.87	0.29	2.40	ND	ND	ND	1.84
2015.07.23	17:35	6.99	0.08	18.30	44.00	5.58	11.64	3.01	0.03	2.57	0.13	ND	ND	4.62
2015.07.23	18:30	6.64	0.08	74.40	121.00	10.31	25.64	2.63	0.07	2.10	0.27	ND	ND	6.96
2015.07.23	21:00	6.77	0.08	34.90	56.00	7.14	15.16	3.45	0.03	2.99	ND	ND	ND	5.73
2015.07.24	2:00	7.03	0.09	6.69	16.00	3.32	6.02	3.09	0.02	2.78	ND	ND	ND	2.92
2015.07.24	8:00	6.63	0.07	77.80	151.00	10.63	24.52	2.71	0.07	2.02	ND	ND	ND	4.69
2015.07.24	15:25	6.94	0.08	3.85	5.00	3.14	5.86	4.31	0.02	3.73	ND	ND	ND	3.54
2015.07.29	9:35	6.80	0.05	52.90	115.00	5.18	11.44	2.65	0.25	1.68	ND	ND	0.05	5.04
2015.07.29	10:05	6.70	0.05	136.00	291.00	9.01	24.40	3.19	0.56	2.06	0.10	ND	0.07	6.05
2015.07.29	11:10	6.34	0.06	231.00	692.00	11.52	30.52	4.50	0.95	2.85	ND	ND	ND	8.32
2015.07.29	12:55	6.79	0.08	18.80	83.00	3.84	7.20	5.56	0.07	4.01	ND	ND	ND	5.18
2015.07.29	14:50	6.87	0.07	5.49	6.00	1.95	3.62	4.78	0.02	3.64	ND	ND	ND	3.52

<표-19> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-05) (계속)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.10.01	3:20	6.74	0.10	2.78	16.00	2.52	4.62	2.31	0.03	2.10	ND	ND	ND	10.52
2015.10.01	5:35	7.20	0.11	0.94	2.00	1.10	1.60	2.95	0.02	2.69	ND	ND	ND	1.92
2015.10.01	8:05	7.18	0.09	0.85	1.00	0.83	1.34	2.50	0.02	2.16	ND	ND	ND	1.73
2015.10.01	10:05	6.97	0.10	1.04	2.00	2.36	4.28	2.87	0.04	2.36	0.07	ND	ND	4.25
2015.10.01	10:35	6.94	0.09	2.25	14.00	3.34	6.08	2.87	0.05	2.37	ND	ND	ND	4.32

<표-275> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-1)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.06.26	1:55	6.37	0.20	10.10	102.00	4.05	7.96	5.44	0.31	4.97	ND	ND	0.16	5.99
2015.06.26	2:49	6.91	0.26	3.37	4.00	2.95	5.78	6.80	0.19	5.90	ND	ND	0.08	8.53
2015.06.26	4:12	6.78	0.23	3.85	7.00	3.37	6.56	6.68	0.28	5.90	ND	ND	0.17	8.22
2015.06.26	12:08	6.81	0.18	2.91	3.00	4.08	7.66	4.34	0.32	3.53	ND	ND	0.16	9.52
2015.06.26	15:07	7.49	0.19	3.87	6.00	3.68	7.16	4.25	0.25	3.23	ND	ND	0.10	9.52
2015.07.12	7:45	6.68	0.49	2.56	17.00	1.96	3.48	13.78	0.03	11.86	ND	ND	ND	6.57
2015.07.12	15:05	6.57	0.43	1.35	4.00	2.98	5.42	12.78	0.09	11.15	ND	ND	ND	7.39
2015.07.12	21:10	6.64	0.24	6.83	37.00	3.01	5.40	6.96	0.08	5.92	ND	ND	0.07	6.84
2015.07.13	3:55	6.89	0.21	1.04	8.00	3.21	5.96	4.95	0.10	3.89	ND	ND	0.05	7.00
2015.07.13	11:25	6.89	0.26	1.00	2.00	2.64	4.72	5.87	0.03	4.73	ND	ND	ND	6.86
2015.07.23	17:15	6.88	0.31	5.61	8.00	3.11	5.78	4.67	0.25	3.87	ND	ND	0.09	6.73
2015.07.23	18:40	6.93	0.20	5.13	9.00	2.43	4.54	3.23	0.25	2.56	ND	ND	0.09	5.05
2015.07.23	21:55	6.79	0.25	14.50	27.00	4.35	8.74	6.49	0.35	5.52	ND	ND	0.15	7.28
2015.07.24	2:35	7.05	0.15	2.83	3.00	3.56	6.86	2.99	0.32	2.40	ND	ND	0.13	7.61
2015.07.24	8:25	7.14	0.14	12.60	26.00	3.44	6.56	2.40	0.31	1.74	ND	ND	0.10	5.45
2015.07.24	14:30	6.80	0.10	12.40	17.00	3.02	5.88	2.89	0.20	2.39	ND	ND	0.06	4.96
2015.07.29	10:20	6.71	0.15	213.00	331.00	4.87	10.40	4.95	0.98	4.38	ND	ND	0.26	5.59
2015.07.29	10:45	6.72	0.14	302.00	421.00	5.97	12.96	4.48	1.40	4.08	ND	ND	0.27	5.63
2015.07.29	12:40	6.61	0.08	203.00	318.00	6.55	14.44	3.24	0.78	2.46	ND	ND	0.13	5.71
2015.07.29	14:15	6.83	0.08	54.10	52.00	3.09	5.88	3.12	0.25	2.46	ND	ND	0.07	5.19
2015.07.29	16:15	6.82	0.09	14.50	21.00	2.24	3.92	3.07	0.15	2.42	ND	ND	0.05	4.50
2015.10.01	9:50	7.15	0.36	28.20	88.00	3.50	6.34	11.21	0.44	9.66	ND	ND	0.06	3.78
2015.10.01	10:20	7.33	0.35	0.94	5.00	1.92	3.08	8.90	0.15	8.81	ND	ND	0.05	4.12
2015.10.01	11:15	7.33	0.35	0.94	4.00	1.46	2.20	10.05	0.12	8.75	ND	ND	0.04	4.06
2015.10.01	12:10	7.25	0.48	3.04	14.00	2.60	4.58	19.45	0.18	18.37	ND	ND	0.04	6.10

<표-276> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-‘2)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.06.26	1:48	6.57	0.50	3.34	9.00	5.72	11.22	18.42	0.18	14.90	ND	ND	ND	14.55
2015.06.26	2:45	7.23	0.49	4.08	11.00	5.92	11.68	14.67	0.36	12.61	ND	ND	0.16	15.27
2015.06.26	4:12	7.52	0.39	2.38	6.00	2.81	5.24	2.46	0.09	1.50	ND	ND	ND	7.14
2015.06.26	12:05	7.36	0.20	2.88	5.00	4.54	9.00	5.81	0.22	4.59	ND	ND	0.08	10.98
2015.06.26	15:04	7.26	0.20	1.87	9.00	4.67	9.12	5.34	0.20	4.20	ND	ND	0.07	11.05
2015.07.12	4:20	5.12	0.72	2.76	16.00	3.77	7.14	26.85	0.04	23.33	0.46	ND	ND	9.76
2015.07.12	7:40	5.72	0.63	1.77	11.00	3.53	6.60	24.74	0.03	21.33	ND	ND	ND	9.36
2015.07.12	15:00	6.16	0.45	6.68	6.00	3.46	6.34	16.06	0.05	14.30	ND	ND	ND	9.51
2015.07.12	21:05	6.42	0.33	6.98	18.00	3.10	5.80	11.46	1.52	9.90	ND	ND	0.07	9.16
2015.07.13	3:50	6.77	0.21	1.94	2.00	3.07	5.64	5.43	0.05	4.33	ND	ND	0.08	7.84
2015.07.13	11:20	6.77	0.27	1.05	2.00	2.58	4.44	7.25	0.07	6.05	ND	ND	ND	7.37
2015.07.23	17:10	7.14	0.39	1.00	4.00	4.03	8.12	4.79	0.10	3.38	ND	ND	ND	8.72
2015.07.23	18:35	7.25	0.34	1.67	4.00	4.28	8.46	4.48	0.12	3.31	ND	ND	ND	8.62
2015.07.23	21:50	6.30	0.21	15.50	14.00	5.06	10.22	8.11	0.38	6.86	ND	ND	0.14	8.67
2015.07.24	2:30	6.91	0.17	4.43	8.00	4.42	8.72	3.91	0.30	3.03	ND	ND	0.11	8.06
2015.07.24	8:20	7.00	0.18	2.92	3.00	2.79	5.36	3.40	0.20	2.53	ND	ND	0.07	6.47
2015.07.24	14:25	6.80	0.10	9.07	19.00	2.72	4.94	3.35	0.16	2.75	ND	ND	0.04	4.75
2015.07.29	10:15	6.67	0.12	306.00	335.00	5.07	13.52	4.54	0.58	3.73	ND	ND	0.27	5.60
2015.07.29	10:40	6.49	0.10	621.00	788.00	8.36	20.20	4.45	1.01	3.66	ND	ND	0.39	6.18
2015.07.29	12:35	6.61	0.09	209.00	203.00	4.58	10.20	3.56	0.50	2.53	ND	ND	0.11	5.32
2015.07.29	14:10	6.82	0.09	33.30	32.00	2.35	4.72	3.17	0.24	2.63	ND	ND	0.06	4.86
2015.07.29	16:10	6.83	0.10	16.60	21.00	2.28	4.38	3.15	0.17	2.65	ND	ND	0.05	4.47
2015.10.01	9:40	7.31	0.33	1.32	6.00	1.36	2.04	12.17	0.15	11.47	ND	ND	0.05	3.79
2015.10.01	10:15	7.26	0.43	1.14	5.00	1.97	2.88	21.00	0.15	20.84	ND	ND	0.06	5.42
2015.10.01	12:05	6.96	0.47	3.32	19.00	2.43	4.20	22.89	0.28	21.33	ND	ND	0.13	7.16

<표-277> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-3)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.06.26	1:41	6.96	0.23	1.08	9.00	1.95	3.78	2.02	0.09	1.51	ND	ND	ND	4.54
2015.06.26	2:40	7.71	0.21	2.82	6.00	1.73	3.34	1.89	0.07	1.31	ND	ND	ND	4.38
2015.06.26	3:56	6.91	0.15	2.36	10.00	3.22	6.20	2.92	0.40	2.25	ND	ND	0.26	6.32
2015.06.26	12:01	6.98	0.21	1.38	6.00	2.15	4.14	2.12	0.09	1.58	ND	ND	ND	4.68
2015.06.26	15:00	7.73	0.16	1.96	5.00	2.90	5.62	2.25	0.26	1.50	ND	ND	0.14	5.74
2015.07.12	4:15	6.86	0.24	16.00	63.00	2.68	4.80	1.49	0.06	1.25	ND	ND	ND	2.65
2015.07.12	7:35	6.86	0.25	16.70	93.00	2.32	4.12	1.80	0.05	1.30	ND	ND	ND	2.62
2015.07.12	14:55	6.95	0.25	1.21	3.00	0.87	1.14	1.77	0.05	1.25	ND	ND	ND	3.28
2015.07.12	21:00	6.93	0.26	1.27	ND	1.37	2.34	2.84	0.08	2.23	ND	ND	ND	3.70
2015.07.13	3:45	6.92	0.23	1.57	9.00	1.96	2.90	3.86	0.28	2.97	ND	ND	0.13	5.69
2015.07.13	11:15	6.90	0.30	6.27	45.00	2.08	3.70	5.04	0.28	4.15	ND	ND	0.10	5.20
2015.07.23	17:05	7.13	0.28	2.52	5.00	1.11	1.20	2.47	0.03	1.80	ND	ND	ND	3.33
2015.07.23	18:30	7.16	0.26	2.01	4.00	2.07	3.70	2.74	0.09	2.11	ND	ND	ND	4.57
2015.07.23	21:45	6.70	0.14	17.10	33.00	3.61	6.84	5.33	0.82	4.56	ND	ND	0.47	6.58
2015.07.24	2:25	7.16	0.14	2.80	2.00	3.01	5.56	2.42	0.07	1.79	ND	ND	ND	6.96
2015.07.24	8:15	7.20	0.14	3.79	9.00	2.01	3.52	1.98	0.20	1.48	ND	ND	0.07	4.90
2015.07.24	14:20	7.21	0.10	21.60	32.00	2.67	5.10	3.16	0.07	2.60	ND	ND	ND	5.22
2015.07.29	10:10	6.96	0.17	43.40	78.00	3.33	6.60	4.97	0.43	4.24	ND	ND	0.15	4.25
2015.07.29	10:35	6.87	0.12	62.70	93.00	3.38	6.60	4.13	0.57	3.49	ND	ND	0.29	4.05
2015.07.29	12:30	6.64	0.07	119.00	172.00	6.07	15.44	2.65	0.49	2.14	ND	ND	0.10	5.93
2015.07.29	14:05	6.81	0.08	20.70	29.00	2.23	4.34	2.57	0.17	1.97	ND	ND	0.04	5.08
2015.07.29	16:05	6.85	0.08	8.24	3.00	2.13	4.12	2.70	0.13	2.18	ND	ND	0.04	4.89
2015.10.01	9:35	7.26	0.36	5.22	2.00	1.22	1.82	5.94	0.06	5.71	ND	ND	ND	3.85
2015.10.01	10:10	6.53	0.36	4.28	9.00	10.75	30.16	4.18	0.06	0.30	1.20	ND	ND	152.10
2015.10.01	11:05	7.12	0.35	1.47	3.00	1.25	2.22	5.31	0.08	4.46	0.33	ND	ND	4.78
2015.10.01	12:00	7.27	0.34	0.51	2.00	1.28	2.22	4.87	0.08	4.12	ND	ND	ND	4.07

<표-278> 정밀 모니터링 수질 분석 결과 (PW-4)

Date	시간	pH	EC	탁도	SS	BOD	COD	T-N	T-P	NO ₃ -N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	PO ₄ -P	TOC
			dS/m	mg/L										
2015.06.26	1:30	7.17	0.18	2.09	17.00	1.69	3.24	3.52	0.16	3.02	ND	ND	ND	2.89
2015.06.26	2:31	6.99	0.11	10.60	57.00	4.34	8.90	2.22	0.18	1.82	ND	ND	ND	3.29
2015.06.26	3:47	6.94	0.13	16.60	42.00	4.32	8.40	2.26	0.09	1.88	ND	ND	ND	4.48
2015.06.26	11:53	7.69	0.15	6.52	14.00	2.52	4.78	2.89	0.06	2.49	ND	0.06	ND	4.40
2015.06.26	14:52	7.72	0.16	13.90	41.00	2.08	4.12	2.79	0.07	2.34	ND	ND	ND	3.91
2015.07.12	4:00	7.04	0.18	2.76	11.00	1.19	1.68	3.49	0.07	2.66	ND	ND	ND	3.45
2015.07.12	7:25	6.99	0.18	4.95	35.00	2.28	3.96	3.08	0.09	2.36	ND	ND	ND	3.84
2015.07.12	14:45	6.99	0.17	3.03	17.00	2.01	3.44	3.14	0.09	2.47	ND	ND	ND	3.75
2015.07.12	20:50	6.97	0.14	10.00	29.00	3.37	6.28	3.01	0.11	2.29	ND	ND	ND	4.27
2015.07.13	3:35	7.04	0.16	5.95	13.00	1.96	3.58	2.64	0.07	1.97	ND	ND	ND	3.16
2015.07.13	11:05	7.09	0.19	7.26	9.00	1.64	2.62	3.03	0.07	2.34	ND	ND	ND	2.39
2015.07.23	16:55	6.97	0.13	43.50	84.00	8.01	17.60	1.78	0.05	1.13	ND	ND	ND	6.07
2015.07.23	18:20	6.87	0.10	54.70	115.00	6.54	13.96	2.05	0.07	1.47	ND	ND	ND	4.52
2015.07.23	21:40	7.05	0.12	17.90	73.00	3.66	6.82	1.99	0.09	1.37	ND	ND	ND	6.41
2015.07.24	2:15	7.22	0.14	6.47	14.00	2.00	3.18	2.26	0.04	1.75	ND	ND	ND	4.71
2015.07.24	8:05	6.67	0.06	111.00	221.00	8.77	18.64	1.03	0.08	0.68	ND	ND	ND	3.82
2015.07.24	14:10	6.61	0.08	8.17	14.00	2.77	4.84	2.32	0.18	1.78	ND	ND	0.05	5.07
2015.07.29	10:00	6.84	0.07	21.10	62.00	5.11	10.92	3.01	0.27	0.94	ND	ND	0.06	6.60
2015.07.29	10:25	6.70	0.07	171.00	484.00	11.40	28.36	2.81	0.85	0.98	ND	ND	ND	6.27
2015.07.29	12:20	6.91	0.08	28.30	59.00	4.82	10.24	3.81	0.22	1.79	ND	ND	ND	6.36
2015.07.29	13:55	6.98	0.09	13.00	25.00	3.14	5.88	4.60	0.08	2.40	ND	ND	ND	5.21
2015.07.29	16:00	6.98	0.09	8.32	13.00	2.16	4.14	5.04	0.05	2.49	ND	ND	ND	4.06
2015.10.01	9:30	7.41	0.17	6.80	22.00	1.19	2.10	1.98	0.08	1.71	ND	ND	ND	2.47
2015.10.01	10:00	7.35	0.18	9.82	17.00	2.01	3.24	2.01	0.11	1.76	ND	ND	ND	2.49
2015.10.01	11:00	7.36	0.18	5.73	14.00	1.81	2.74	2.10	0.07	1.78	ND	ND	ND	2.91
2015.10.01	11:55	7.35	0.17	12.60	13.00	1.91	3.20	2.42	0.08	1.84	ND	ND	ND	3.40

중간지역 모니터링 결과

1) 정기 모니터링 조사 결과

<표-279> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-8)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	2.9	5.0	2.7	1.313	0.147	0.935	0.529	0.035
4月	3.2	5.8	3.6	1.964	0.189	1.399	0.791	0.045
5月	3.9	7.0	3.0	2.521	0.232	1.795	1.015	0.055
6月	2.2	4.2	3.2	0.994	0.114	0.708	0.400	0.027
7月	2.9	4.3	4.2	1.277	0.125	0.909	0.514	0.030
8月	1.6	3.0	5.2	0.915	0.091	0.651	0.368	0.022
9月	2.0	4.4	3.2	1.125	0.127	0.801	0.453	0.030
10月	2.2	5.1	3.0	1.563	0.139	1.113	0.629	0.033
11月	2.6	5.3	3.1	1.632	0.144	1.163	0.657	0.034

<표-280> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-7)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	4.8	6.8	3.8	2.177	0.170	1.551	0.876	0.040
4月	5.4	7.9	4.3	2.856	0.194	2.034	1.150	0.046
5月	6.0	9.8	3.9	3.416	0.219	2.433	1.375	0.052
6月	3.2	4.8	4.2	1.523	0.123	1.084	0.613	0.029
7月	3.7	5.1	5.0	1.319	0.155	0.939	0.531	0.037
8月	1.4	4.0	6.7	1.005	0.108	0.715	0.405	0.026
9月	1.8	5.2	4.0	1.115	0.133	0.794	0.449	0.031
10月	3.3	6.4	3.8	2.032	0.159	1.447	0.818	0.038
11月	2.4	7.2	3.6	2.199	0.166	1.566	0.885	0.039

<표-281> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-6)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	2.7	4.8	8.0	1.781	0.149	1.268	0.717	0.035
4月	3.0	5.4	9.0	2.548	0.188	1.815	1.026	0.044
5月	3.7	8.4	7.0	3.259	0.203	2.321	1.312	0.048
6月	2.1	4.4	7.5	1.432	0.119	1.020	0.576	0.028
7月	2.5	4.7	12.0	1.288	0.138	0.917	0.518	0.033
8月	1.0	4.0	15.0	1.112	0.089	0.792	0.448	0.021
9月	1.8	4.7	10.0	1.233	0.121	0.878	0.496	0.029
10月	2.4	5.3	9.0	1.363	0.128	0.970	0.549	0.030
11月	2.0	5.8	8.5	1.467	0.135	1.045	0.591	0.032

<표-282> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-5)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	2.4	4.2	7.0	1.414	0.156	1.007	0.569	0.037
4月	2.8	5.0	7.5	2.332	0.178	1.661	0.939	0.042
5月	3.1	9.2	6.5	2.985	0.189	2.126	1.202	0.045
6月	1.9	4.0	7.0	1.115	0.103	0.794	0.449	0.024
7月	2.5	4.5	10.5	1.285	0.123	0.915	0.517	0.029
8月	1.4	3.6	12.5	1.048	0.078	0.746	0.422	0.018
9月	1.2	4.9	6.5	1.123	0.114	0.799	0.452	0.027
10月	3.0	4.6	6.0	1.569	0.118	1.117	0.632	0.028
11月	2.8	5.0	6.2	1.783	0.126	1.270	0.718	0.030

<표-283> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-4)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	2.0	3.6	2.0	1.499	0.154	1.067	0.603	0.036
4月	2.4	4.7	3.0	2.415	0.173	1.721	0.972	0.041
5月	2.7	9.4	2.5	3.125	0.189	2.226	1.258	0.045
6月	1.8	5.2	2.5	1.238	0.115	0.881	0.498	0.027
7月	2.0	4.3	6.5	1.296	0.139	0.923	0.522	0.033
8月	1.4	3.2	9.5	1.005	0.104	0.715	0.405	0.025
9月	1.0	4.1	5.5	1.234	0.124	0.879	0.497	0.029
10月	2.1	3.2	5.0	1.526	0.133	1.087	0.614	0.031
11月	2.2	4.5	2.4	1.601	0.143	1.140	0.644	0.034

<표-284> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-3)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	1.6	3.4	2.5	1.505	0.142	1.072	0.606	0.034
4月	1.8	4.7	3.0	2.495	0.165	1.777	1.004	0.039
5月	2.2	7.6	2.5	3.221	0.177	2.294	1.297	0.042
6月	1.4	3.1	3.0	1.312	0.109	0.934	0.528	0.026
7月	1.9	4.7	5.5	1.201	0.134	0.855	0.483	0.032
8月	1.2	3.2	6.0	1.032	0.084	0.735	0.415	0.020
9月	0.8	4.0	4.0	1.118	0.119	0.796	0.450	0.028
10月	2.0	4.2	2.5	1.436	0.122	1.022	0.578	0.029
11月	1.8	4.9	2.8	1.498	0.137	1.067	0.603	0.032

<표-285> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-2)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	1.7	4.0	9.0	1.330	0.116	0.947	0.535	0.027
4月	2.1	4.8	10.0	2.021	0.132	1.439	0.814	0.031
5月	2.4	7.2	8.0	2.542	0.152	1.811	1.023	0.036
6月	1.1	3.4	10.0	1.025	0.101	0.730	0.413	0.024
7月	1.8	4.1	13.0	1.184	0.104	0.843	0.477	0.025
8月	1.2	3.6	18.5	0.984	0.075	0.701	0.396	0.018
9月	0.9	4.0	14.0	1.099	0.109	0.782	0.442	0.026
10月	2.2	4.4	9.0	1.465	0.111	1.043	0.590	0.026
11月	1.9	4.6	8.4	1.532	0.129	1.091	0.617	0.031

<표-286> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (MW-1)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	1.3	3.2	7.0	1.148	0.112	0.817	0.462	0.026
4月	1.7	4.0	8.0	1.853	0.124	1.319	0.746	0.029
5月	2.1	6.4	6.0	2.039	0.139	1.452	0.821	0.033
6月	1.0	2.8	6.5	0.915	0.094	0.651	0.368	0.022
7月	1.0	3.7	8.0	1.110	0.105	0.791	0.447	0.025
8月	0.9	2.8	10.5	0.885	0.063	0.630	0.356	0.015
9月	0.8	3.7	7.5	1.006	0.101	0.716	0.405	0.024
10月	1.9	3.6	5.0	1.265	0.109	0.901	0.509	0.026
11月	1.9	4.2	6.5	1.355	0.115	0.965	0.545	0.027

2) 정밀 모니터링 조사 결과 (1차)

<표-287> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
MW-4	1.2	2.3	1.9	1.8	2.4	1.9	1.7
MW-5	0.9	1.8	1.6	1.3	1.8	1.6	1
MW-7	0.7	1.2	1	0.8	1.8	1.4	1.1

<표-288> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
MW-4	4.1	5.8	5.4	4.9	6.1	5.3	4.8
MW-5	3.5	5.5	5.3	4.8	5.7	5.1	4.6
MW-7	3.5	5.2	4.9	4.4	5.7	5	4.1

<표-289> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
MW-4	7.2	9.9	9.2	8.4	13.1	10.2	9.9
MW-5	6.8	9.8	9.4	8.1	12.3	10.3	9.6
MW-7	5.2	6.5	6.3	6.1	8.4	6.3	5.7

<표-290> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
MW-4	1.856	3.259	3.102	2.956	3.338	2.985	2.842
MW-5	1.569	2.652	2.256	2.137	2.956	2.561	2.458
MW-7	1.025	1.963	1.841	1.726	2.036	1.884	1.635

<표-291> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
MW-4	0.279	0.341	0.316	0.304	0.364	0.357	0.316
MW-5	0.253	0.326	0.291	0.286	0.339	0.315	0.291
MW-7	0.215	0.298	0.266	0.254	0.325	0.301	0.284

<표-292> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO3	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
MW-4	1.327	2.331	2.219	2.114	2.387	2.135	2.033
MW-5	1.122	1.897	1.614	1.528	2.114	1.832	1.758
MW-7	0.733	1.404	1.317	1.234	1.456	1.348	1.169

<표-293> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH4	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
MW-4	0.472	0.828	0.788	0.751	0.848	0.758	0.722
MW-5	0.399	0.674	0.573	0.543	0.751	0.651	0.625
MW-7	0.260	0.499	0.468	0.439	0.517	0.479	0.415

<표-294> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
MW-4	0.191	0.234	0.217	0.208	0.249	0.245	0.217
MW-5	0.173	0.223	0.199	0.196	0.232	0.216	0.199
MW-7	0.147	0.204	0.182	0.174	0.223	0.206	0.195

3) 정밀 모니터링 조사 결과 (2차)

<표-295> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.3	6.4	5.9	5.2
MW-5	1.1	5.2	4.9	2.4
MW-7	0.8	3.6	2.4	1.6

<표-296> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	5.6	24.1	20.6	19.6
MW-5	5.2	20.6	18.3	14.8
MW-7	4.8	15.9	13.6	10.3

<표-297> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	7.4	70.5	66.8	52.3
MW-5	6.2	64.3	54.3	47.8
MW-7	5.3	48.6	42.8	40.2

<표-298> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.695	5.321	5.216	4.652
MW-5	1.548	4.257	4.029	3.875
MW-7	0.989	3.598	3.512	3.142

<표-299> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	0.245	0.532	0.495	0.468
MW-5	0.263	0.452	0.439	0.412
MW-7	0.225	0.423	0.406	0.384

<표-300> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.212	3.806	3.731	3.327
MW-5	1.107	3.045	2.882	2.772
MW-7	0.707	2.573	2.512	2.247

<표-301> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	0.431	1.352	1.325	1.182
MW-5	0.393	1.082	1.024	0.985
MW-7	0.251	0.914	0.892	0.798

<표-302> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간			
	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	0.168	0.365	0.339	0.321
MW-5	0.180	0.310	0.301	0.282
MW-7	0.154	0.290	0.278	0.263

4) 정밀 모니터링 조사 결과 (3차)

<표-303> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간							
	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.3	3.5	2.9	3.1	3	3.1	2.8	2.7
MW-5	0.8	2.4	2	1.9	2.1	2.1	1.6	1.4
MW-7	0.9	1.9	1.6	1.7	1.3	1.5	1	1

<표-304> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간							
	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	4.6	6.9	6.5	6.6	6.2	6.4	5.8	5.9
MW-5	4.3	6.9	6.1	6	6.2	6.7	6	5.4
MW-7	3.8	5.8	5.2	5.4	5	5.6	4.3	4.1

<표-305> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간							
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	7.9	11.3	10.9	10.2	10.1	10.6	9.3	9.1
MW-5	7.2	9.6	9.2	9.1	8.8	9	8.3	7.9
MW-7	6.4	8.9	8.3	8.3	7.9	8.1	7.6	7.1

<표-306> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간							
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.429	2.698	2.532	2.411	2.402	2.634	2.301	2.155
MW-5	1.205	2.241	2.203	1.963	2.015	2.206	1.963	1.832
MW-7	0.996	1.632	1.562	1.584	1.369	1.598	1.426	1.321

<표-307> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간							
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	0.295	0.411	0.403	0.394	0.388	0.397	0.362	0.322
MW-5	0.269	0.389	0.374	0.356	0.325	0.345	0.314	0.286
MW-7	0.232	0.326	0.316	0.309	0.293	0.306	0.275	0.254

<표-308> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간							
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	1.022	1.930	1.811	1.724	1.718	1.884	1.646	1.541
MW-5	0.862	1.603	1.576	1.404	1.441	1.578	1.404	1.310
MW-7	0.712	1.167	1.117	1.133	0.979	1.143	1.020	0.945

<표-309> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간							
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
MW-4	0.363	0.686	0.643	0.613	0.610	0.669	0.585	0.548
MW-5	0.306	0.569	0.560	0.499	0.512	0.561	0.499	0.466
MW-7	0.253	0.415	0.397	0.402	0.348	0.406	0.362	0.336

<표-310> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간							
	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00
지점								
MW-4	0.202	0.282	0.276	0.270	0.266	0.272	0.248	0.221
MW-5	0.184	0.267	0.256	0.244	0.223	0.236	0.215	0.196
MW-7	0.159	0.223	0.217	0.212	0.201	0.210	0.188	0.174

5) 정밀 모니터링 조사 결과 (4차)

<표-311> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점				
MW-4	1.7	1.8	7.2	6.4
MW-5	1.3	1.3	6.3	5.3
MW-7	1.1	1.3	5.2	5.1

<표-312> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점				
MW-4	6.4	6.5	24.6	22.3
MW-5	5.8	6	18.3	17.6
MW-7	5.3	4.9	16.5	15.8

<표-313> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점				
MW-4	7.4	7.9	65.8	60.3
MW-5	6.6	7.2	56.3	50.5
MW-7	6.2	6.5	50.3	48.3

<표-314> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점	5:00	7:00	9:00	11:00
MW-4	1.459	1.426	4.698	4.265
MW-5	1.325	1.396	4.032	3.856
MW-7	1.105	1.152	3.695	3.452

<표-315> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점	5:00	7:00	9:00	11:00
MW-4	0.294	0.287	0.632	0.584
MW-5	0.266	0.278	0.596	0.542
MW-7	0.254	0.265	0.521	0.496

<표-316> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점	5:00	7:00	9:00	11:00
MW-4	1.044	1.020	3.360	3.050
MW-5	0.948	0.998	2.884	2.758
MW-7	0.790	0.824	2.643	2.469

<표-317> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점	5:00	7:00	9:00	11:00
MW-4	0.371	0.362	1.194	1.084
MW-5	0.337	0.355	1.025	0.980
MW-7	0.281	0.293	0.939	0.877

<표-318> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간			
	5:00	7:00	9:00	11:00
지점	5:00	7:00	9:00	11:00
MW-4	0.201	0.197	0.433	0.400
MW-5	0.182	0.190	0.408	0.371
MW-7	0.174	0.182	0.357	0.340

6) 정밀 모니터링 조사 결과 (5차)

<표-319> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간						
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
지점							
MW-4	1.2	1.9	3.5	3.1	2.7	2.6	1.9
MW-5	1.4	1.7	2.9	2.4	2.3	2	1.4
MW-7	1.2	1.8	2.4	2.1	2	1.7	1.3

<표-320> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간						
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
지점							
MW-4	3.7	4.6	8.3	8.1	6.8	5.4	5.2
MW-5	3.8	4	7.5	7.2	5.2	4.8	4.1
MW-7	3.4	4	5.8	5	4.6	4.1	3.7

<표-321> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간						
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
지점							
MW-4	8.9	12.6	22.1	16.9	12.3	10.2	9.1
MW-5	7.1	9.2	16.5	12.8	9.7	8.3	6.8
MW-7	7.5	8.6	10.6	9.8	8.2	7.3	5.4

<표-322> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간						
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
지점							
MW-4	1.852	2.369	4.956	4.632	4.212	3.885	3.254
MW-5	1.563	2.012	4.215	4.092	3.685	3.025	2.995
MW-7	1.256	1.953	3.895	3.694	3.261	2.832	2.531

<표-323> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간						
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
MW-4	0.256	0.269	0.496	0.463	0.411	0.375	0.338
MW-5	0.236	0.246	0.448	0.436	0.396	0.345	0.311
MW-7	0.213	0.265	0.396	0.351	0.310	0.269	0.238

<표-324> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO3	시간						
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
MW-4	1.325	1.694	3.545	3.313	3.013	2.779	2.327
MW-5	1.118	1.439	3.015	2.927	2.636	2.164	2.142
MW-7	0.898	1.397	2.786	2.642	2.332	2.026	1.810

<표-325> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH4	시간						
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
MW-4	0.471	0.602	1.259	1.177	1.070	0.987	0.827
MW-5	0.397	0.511	1.071	1.040	0.936	0.769	0.761
MW-7	0.319	0.496	0.990	0.939	0.829	0.720	0.643

<표-326> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간						
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
MW-4	0.175	0.184	0.340	0.317	0.282	0.257	0.232
MW-5	0.162	0.169	0.307	0.299	0.271	0.236	0.213
MW-7	0.146	0.182	0.271	0.241	0.212	0.184	0.163

간척지역 모니터링 결과

1) 정기 모니터링 조사 결과

<표-327> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-8)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	2.6	6.4	16.0	6.221	0.098	4.433	1.543	0.009
4月	1.0	4.2	19.5	7.256	0.104	5.170	1.801	0.010
5月	2.8	6.4	23.6	6.321	0.101	4.504	1.568	0.009
6月	3.2	7.2	16.8	7.639	0.152	5.443	1.895	0.014
7月	2.8	7.6	18.0	8.526	0.175	6.075	2.115	0.016
8月	3.1	7.8	12.2	9.021	0.201	6.428	2.238	0.019
9月	3.0	6.6	17.3	8.154	0.154	5.810	2.023	0.014
10月	3.4	5.8	19.3	8.967	0.112	6.389	2.224	0.010
11月	3.2	4.9	19.9	6.335	0.108	4.785	1.571	0.009

<표-328> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-7)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	3.4	8	19.0	8.631	0.285	6.150	2.141	0.026
4月	1.3	5.2	22.5	9.985	0.312	7.115	2.477	0.029
5月	3.2	8.4	32.9	9.295	0.305	6.623	2.306	0.028
6月	4.8	10	17.3	10.632	0.349	7.576	2.637	0.032
7月	3.2	8.8	23.0	12.036	0.379	8.576	2.986	0.035
8月	5.1	12.2	14.3	13.636	0.395	9.716	3.383	0.036
9月	4.4	9	18.9	11.015	0.321	7.849	2.732	0.030
10月	4.2	9.4	18.6	12.145	0.311	8.654	3.013	0.029
11月	4.2	7.4	22.3	9.354	0.301	7.066	2.325	0.026

<표-329> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-6)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	3.2	6.8	12.5	6.758	0.195	4.815	1.676	0.018
4月	1.1	4.6	20.8	7.523	0.211	5.361	1.866	0.019
5月	3.4	6.8	30.2	7.021	0.208	5.003	1.741	0.019
6月	4.4	8	20.4	7.695	0.278	5.483	1.909	0.026
7月	3.4	8	25.5	8.239	0.301	5.871	2.044	0.028
8月	4.7	10.6	16.2	8.885	0.312	6.331	2.204	0.029
9月	3.8	7.4	20.3	8.096	0.284	5.769	2.008	0.026
10月	3.8	6.6	18.6	8.612	0.221	6.136	2.136	0.020
11月	3.1	5.8	23.6	6.251	0.204	4.722	1.558	0.017

<표-330> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-5)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	4.0	7.2	12.0	5.963	0.233	4.249	1.479	0.021
4月	1.6	4.8	19.8	7.496	0.269	5.341	1.859	0.025
5月	3.8	7.2	28.4	6.325	0.249	4.507	1.569	0.023
6月	4.6	8.8	22.4	6.852	0.295	4.882	1.699	0.027
7月	3.8	9.6	26.5	7.963	0.345	5.674	1.975	0.032
8月	5.1	11.8	18.4	8.697	0.379	6.197	2.157	0.035
9月	4.2	8.6	21.9	8.028	0.314	5.720	1.991	0.029
10月	5.6	7.8	20.3	8.453	0.256	6.023	2.097	0.024
11月	5.0	6.6	24.6	6.412	0.212	4.844	1.594	0.018

<표-331> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-4)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	4.8	8.4	17.0	6.441	0.251	4.589	1.598	0.023
4月	2.4	5.6	22.9	7.072	0.280	5.039	1.754	0.026
5月	4.0	8	32.5	6.589	0.278	4.695	1.634	0.026
6月	4.8	10.4	25.3	6.862	0.323	4.889	1.702	0.030
7月	4.0	10.8	30.5	7.526	0.369	5.363	1.867	0.034
8月	6.3	13.4	23.6	8.364	0.381	5.960	2.075	0.035
9月	4.0	9.4	26.4	7.632	0.336	5.438	1.893	0.031
10月	6.2	8.6	26.8	8.009	0.285	5.707	1.987	0.026
11月	5.5	8.1	30.0	6.077	0.267	4.591	1.507	0.023

<표-332> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-3)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	5.4	9.6	18.0	8.039	0.201	5.728	1.994	0.018
4月	4.1	7.6	24.2	8.903	0.243	6.343	2.208	0.022
5月	5.6	8.4	37.4	8.412	0.229	5.994	2.087	0.021
6月	5.4	11.2	27.8	9.021	0.284	6.428	2.238	0.026
7月	5.6	11.6	32.0	10.052	0.315	7.162	2.493	0.029
8月	6.7	13.8	24.1	12.639	0.333	9.006	3.135	0.031
9月	5.8	10.6	28.7	9.964	0.298	7.100	2.472	0.027
10月	7.4	10.2	27.2	10.232	0.248	7.291	2.538	0.023
11月	6.2	9.1	32.6	9.458	0.224	7.145	2.346	0.019

<표-333> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-2)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	9.6	13.6	38.5	8.526	0.291	6.075	2.115	0.026
4月	6.2	8.4	44.3	10.886	0.350	7.757	2.701	0.032
5月	7.2	9.6	53.9	9.526	0.315	6.788	2.363	0.029
6月	6.8	12	33.9	9.859	0.389	7.025	2.446	0.036
7月	7.0	13.6	50.5	11.302	0.401	8.053	2.804	0.037
8月	8.1	15	27.6	14.396	0.425	10.258	3.571	0.039
9月	7.4	13	37.4	10.526	0.386	7.500	2.611	0.036
10月	8.6	12.6	40.2	11.259	0.319	8.022	2.793	0.029
11月	8.0	11.4	44.8	8.521	0.288	6.437	2.114	0.024

<표-334> 정기 모니터링 수질 분석 결과 (RW-1)

Date	BOD	COD _{mn}	TSS	T-N	T-P	NO3-N	NH4-N	PO4-P
3月	5.8	10.0	27.0	5.421	0.195	3.863	1.344	0.017
4月	3.3	8.0	30.2	6.568	0.237	4.680	1.629	0.022
5月	4.6	8.8	44.9	5.743	0.221	4.092	1.424	0.020
6月	4.0	10.0	30.8	5.896	0.263	4.201	1.462	0.024
7月	3.8	10.8	42.5	6.859	0.284	4.887	1.701	0.026
8月	3.9	10.6	24.8	8.526	0.319	6.075	2.115	0.029
9月	4.4	10.6	31.5	6.085	0.269	4.336	1.509	0.025
10月	4.6	10.6	30.5	6.412	0.236	4.569	1.59	0.022
11月	4.2	10.4	32.4	5.021	0.184	3.793	1.245	0.016

2) 정밀 모니터링 조사 결과 (1차)

<표-335> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
RW-8	5.5	4.8	4.2	3.9	3.2	3	4.2
RW-7	11.2	8.4	7.6	7.2	6.8	6.1	6.9
RW-6	6.1	5.8	6	4.8	4.2	3.9	4
RW-3	6.9	5.3	6.2	5.7	5.1	4.8	5.3
RW-1	5.5	3.9	4.9	4.5	3.9	3.4	3.6

<표-336> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD _(Mn)	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
RW-8	12.4	10.5	11.3	9.5	8.2	7.7	9.3
RW-7	21.4	15.5	17.3	12.5	10.4	8.5	9.2
RW-6	14.2	12.0	13.1	10.2	9.6	7.2	8.3
RW-3	11.4	12.5	11.1	10.3	9.2	7.9	8.4
RW-1	8.8	7.3	7.9	7.2	6.9	5.8	6.4

<표-337> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간						
	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
지점							
RW-8	38.4	36.5	30.5	27.3	22.5	19.2	23.4
RW-7	50.4	46.7	40.3	38.9	35.2	30.3	32.4
RW-6	44.2	42.4	36.7	32.4	29.8	27.2	28.0
RW-3	36.4	33.2	27.4	26.5	22.4	20.5	23.1
RW-1	34.4	30.5	28.8	26.7	24.3	22.4	25.6

<표-338> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간						
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
RW-8	6.224	5.909	5.683	5.021	4.932	4.321	5.098
RW-7	10.743	9.365	9.023	8.659	8.302	6.332	7.236
RW-6	12.369	11.859	10.637	10.958	10.352	9.338	10.025
RW-3	8.135	7.899	7.526	6.335	7.025	6.035	6.339
RW-1	9.998	9.132	8.569	8.697	8.023	7.632	8.125

<표-339> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간						
지점	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
RW-8	0.245	0.218	0.196	0.177	0.156	0.118	0.145
RW-7	0.495	0.451	0.403	0.368	0.374	0.297	0.312
RW-6	0.481	0.463	0.477	0.378	0.321	0.312	0.319
RW-3	0.455	0.412	0.371	0.325	0.302	0.296	0.312
RW-1	0.566	0.549	0.506	0.484	0.433	0.412	0.391

<표-340> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간						
지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00	7:00
RW-8	4.452	4.226	4.065	3.591	3.528	3.091	3.646
RW-7	7.684	6.698	6.454	6.193	5.938	4.529	5.175
RW-6	8.847	8.482	7.608	7.838	7.404	6.679	7.170
RW-3	5.818	5.650	5.383	4.531	5.025	4.316	4.534
RW-1	7.151	6.532	6.129	6.220	5.738	5.459	5.811

<표-341> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간						
	지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
RW-8	1.582	1.501	1.444	1.276	1.253	1.098	1.295
RW-7	2.730	2.380	2.293	2.200	2.110	1.609	1.839
RW-6	3.143	3.013	2.703	2.784	2.630	2.373	2.547
RW-3	2.067	2.007	1.912	1.610	1.785	1.533	1.611
RW-1	2.540	2.320	2.177	2.210	2.039	1.939	2.065

<표-342> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간						
	지점	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
RW-8	0.168	0.149	0.134	0.121	0.107	0.081	0.099
RW-7	0.339	0.309	0.276	0.252	0.256	0.204	0.214
RW-6	0.330	0.317	0.327	0.259	0.220	0.214	0.219
RW-3	0.312	0.282	0.254	0.223	0.207	0.203	0.214
RW-1	0.388	0.376	0.347	0.332	0.297	0.282	0.268

3) 정밀 모니터링 조사 결과 (2차)

<표-343> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간				
	지점	17:00	19:00	21:00	22:00
RW-8	6.7	8.6	7.8	6.2	6.1
RW-7	8.0	9.7	8.4	7.5	8.9
RW-6	7.5	10.3	9.6	8.4	10.9
RW-3	8.4	11.9	10.5	10.1	12.3
RW-1	9.1	13.5	12.4	10.5	14.6

<표-344> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	15.1	16.8	16.2	15.2	14.4
RW-7	16.8	20.3	18.3	19.6	21.8
RW-6	14.8	18.6	15.6	16.3	18.7
RW-3	17.6	22.3	20.2	18.1	24.1
RW-1	20.9	24.3	22.6	21.3	25.3

<표-345> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	38.2	49.3	48.5	47.2	42.8
RW-7	42.6	62.3	58.2	64.9	70.4
RW-6	38.4	54.3	42.9	54.6	66.3
RW-3	32.9	47.2	39.6	42.8	60.8
RW-1	40.6	62.9	52.5	53.6	66.8

<표-346> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	7.523	9.632	8.552	6.125	7.568
RW-7	8.526	10.625	9.452	11.236	11.565
RW-6	8.795	14.639	12.365	13.554	15.326
RW-3	9.021	12.369	11.563	12.956	13.265
RW-1	12.634	16.527	13.634	12.648	17.569

<표-347> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	0.345	0.453	0.412	0.352	0.332
RW-7	0.434	0.497	0.324	0.458	0.532
RW-6	0.523	0.645	0.586	0.602	0.674
RW-3	0.513	0.602	0.559	0.615	0.627
RW-1	0.603	0.645	0.629	0.648	0.669

<표-348> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	5.381	6.889	6.117	4.381	5.413
RW-7	6.098	7.599	6.760	8.036	8.272
RW-6	6.291	10.470	8.844	9.694	10.962
RW-3	6.452	8.847	8.270	9.267	9.488
RW-1	9.036	11.821	9.752	9.046	12.566

<표-349> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간				
	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
지점					
RW-8	1.912	2.447	2.173	1.556	1.923
RW-7	2.166	2.700	2.402	2.855	2.939
RW-6	2.235	3.720	3.142	3.444	3.894
RW-3	2.292	3.143	2.938	3.292	3.371
RW-1	3.210	4.200	3.464	3.214	4.464

<표-350> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간					
	지점	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8		0.236	0.310	0.282	0.241	0.227
RW-7		0.297	0.341	0.222	0.314	0.365
RW-6		0.358	0.442	0.402	0.412	0.462
RW-3		0.352	0.412	0.383	0.421	0.430
RW-1		0.413	0.442	0.431	0.444	0.458

4) 정밀 모니터링 조사 결과 (3차)

BOD	시간									
	지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8		4.2	4.3	4	5.1	5.3	6.8	6.4	6.3	5.4
RW-7		5.2	5.8	6.1	7.5	7.7	9	8.4	7.4	7
RW-6		5.6	6.1	5.3	6.7	8.9	11.2	10.5	9.9	9.2
RW-3		5.5	6.4	6.8	8.4	10.6	13.6	14.6	11.2	8.8
RW-1		6.1	6.3	6.4	9.6	14.2	18.4	16.3	14.3	13.5

COD	시간									
	지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8		11.2	10.9	12.1	11.4	13.2	17.8	14.3	12.2	11.7
RW-7		13.9	14.3	14.4	13.8	16.3	21.3	22.1	17.6	16.3
RW-6		12.6	13.0	13.9	16.3	20.2	26.3	27.3	26.1	19.3
RW-3		12.4	12.7	12.8	17.3	19.6	28.6	26.2	24.3	19.5
RW-1		14.3	15.6	15.2	20.4	26.8	32.6	29.6	28.3	24.1

TSS	시간									
	지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8		51.3	52.4	53.1	66.3	72.3	79.5	54.3	52.3	50.1
RW-7		52.1	54.9	56.2	70.4	78.3	84.3	68.4	66.3	61.0
RW-6		33.5	40.2	41.6	50.3	57.2	60.2	56.3	55.1	41.2
RW-3		48.6	52.6	55.2	78.9	84.6	92.3	84.6	64.1	58.2
RW-1		55.9	54.3	64.3	80.2	88.6	102.3	94.6	82.6	70.2

T-N	시간								
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8	5.269	5.784	6.025	6.335	7.251	7.632	6.569	6.465	6.231
RW-7	5.741	5.965	6.328	8.456	8.965	10.325	9.635	8.632	7.569
RW-6	6.632	6.482	6.919	7.563	7.595	8.632	7.953	7.526	7.512
RW-3	5.752	6.335	7.526	9.451	12.254	12.632	10.458	9.635	8.526
RW-1	6.589	6.985	7.125	10.365	13.695	13.529	11.325	10.854	10.125

T-P	시간								
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8	0.175	0.204	0.253	0.321	0.331	0.354	0.315	0.274	0.256
RW-7	0.374	0.402	0.441	0.475	0.501	0.523	0.475	0.438	0.365
RW-6	0.341	0.415	0.422	0.496	0.548	0.623	0.571	0.524	0.478
RW-3	0.412	0.441	0.462	0.523	0.612	0.685	0.601	0.575	0.551
RW-1	0.433	0.458	0.512	0.574	0.629	0.686	0.711	0.623	0.574

NO ₃ -N	시간								
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8	3.769	4.137	4.309	4.531	5.186	5.459	4.698	4.624	4.457
RW-7	4.106	4.266	4.526	6.048	6.412	7.385	6.891	6.174	5.414
RW-6	4.743	4.636	4.949	5.409	5.432	6.174	5.688	5.383	5.373
RW-3	4.114	4.531	5.383	6.760	8.765	9.035	7.480	6.891	6.098
RW-1	4.713	4.996	5.096	7.413	9.795	9.676	8.100	7.763	7.242

NH ₄ -N	시간								
지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00	23:00
RW-8	1.339	1.470	1.531	1.610	1.842	1.939	1.669	1.643	1.583
RW-7	1.459	1.516	1.608	2.149	2.278	2.624	2.448	2.193	1.923
RW-6	1.685	1.647	1.758	1.922	1.930	2.193	2.021	1.912	1.909
RW-3	1.462	1.610	1.912	2.401	3.114	3.210	2.657	2.448	2.166
RW-1	1.674	1.775	1.810	2.634	3.480	3.438	2.878	2.758	2.573

PO ₄ -P	시간								
	지점	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	22:00
RW-8	0.120	0.140	0.173	0.220	0.227	0.243	0.216	0.188	0.175
RW-7	0.256	0.275	0.302	0.325	0.343	0.358	0.325	0.300	0.250
RW-6	0.234	0.284	0.289	0.340	0.375	0.427	0.391	0.359	0.328
RW-3	0.282	0.302	0.317	0.358	0.419	0.469	0.412	0.394	0.378
RW-1	0.297	0.314	0.351	0.393	0.431	0.470	0.487	0.427	0.393

5) 정밀 모니터링 조사 결과 (4차)

<표-359> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

BOD	시간				
	지점	5:00	7:00	9:00	11:00
RW-8	3.4	5.3	4.7	4.1	3.7
RW-7	4.8	7.4	7.1	6.3	5.7
RW-6	4.3	6.9	6.3	5.8	4.3
RW-3	5.1	8.4	7.6	6.5	5.9
RW-1	5.5	9.3	7.2	7	6.4

<표-360> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

COD	시간				
	지점	5:00	7:00	9:00	11:00
RW-8	7.5	10.3	9.6	8.1	7
RW-7	9.6	14.3	11.3	10.4	9.8
RW-6	8.2	12.6	11.2	9.2	8.6
RW-3	9.8	15.6	14.3	13.6	11.9
RW-1	9.9	16.9	15.3	13.8	12.5

<표-361> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

TSS	시간				
지점	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00
RW-8	31.2	52.4	48.3	40.2	36.5
RW-7	42.3	66.9	60.3	57.3	42.3
RW-6	41.3	62.3	57.3	51.3	49.3
RW-3	52.3	78.4	73.5	72.3	64.3
RW-1	55.3	82.6	75.3	70.2	67.3

<표-362> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-N	시간				
지점	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00
RW-8	5.325	7.326	5.395	5.015	4.741
RW-7	6.239	8.639	7.586	7.256	6.985
RW-6	7.326	10.325	9.568	8.889	7.032
RW-3	6.524	9.526	9.152	8.475	8.032
RW-1	7.425	11.256	10.365	9.562	9.412

<표-363> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

T-P	시간				
지점	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
RW-8	0.321	0.547	0.412	0.374	0.321
RW-7	0.458	0.623	0.551	0.507	0.449
RW-6	0.511	0.741	0.632	0.612	0.547
RW-3	0.487	0.698	0.632	0.574	0.504
RW-1	0.581	0.842	0.753	0.652	0.599

<표-364> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NO ₃ -N	시간					
	지점	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00
RW-8		3.809	5.240	3.859	3.587	3.391
RW-7		4.462	6.179	5.426	5.190	4.996
RW-6		5.240	7.385	6.843	6.358	5.030
RW-3		4.666	6.813	6.546	6.062	5.745
RW-1		5.311	8.051	7.413	6.839	6.732

<표-365> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

NH ₄ -N	시간					
	지점	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00
RW-8		1.353	1.862	1.371	1.274	1.205
RW-7		1.585	2.195	1.928	1.844	1.775
RW-6		1.862	2.624	2.431	2.259	1.787
RW-3		1.658	2.421	2.326	2.153	2.041
RW-1		1.887	2.860	2.634	2.430	2.392

<표-366> 정밀 모니터링 수질 분석 결과

PO ₄ -P	시간					
	지점	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00
RW-8		0.220	0.375	0.282	0.256	0.220
RW-7		0.314	0.427	0.378	0.347	0.308
RW-6		0.350	0.508	0.433	0.419	0.375
RW-3		0.334	0.478	0.433	0.393	0.345
RW-1		0.398	0.577	0.516	0.447	0.410

6) 정밀 모니터링 조사 결과 (5차)

BOD	시간							
	지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00
RW-8	2.7	3.6	3	3.2	3.9	4.8	4.2	3.7
RW-7	3.9	5.3	4.8	4.7	6.9	6.8	6	5.4
RW-6	4.6	7.1	5.9	6.1	6.1	5.7	5.3	5.1
RW-3	4.8	8.9	7.6	7.2	8.2	8.1	7.6	7.9
RW-1	5.2	9.6	9.1	8.6	9.4	8.5	8.3	8.1

COD	시간							
	지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00
RW-8	7.2	8.3	7.8	7.6	9.2	10.3	9	8.1
RW-7	8.6	10.3	9.9	9.1	15.3	14.4	12.5	11.1
RW-6	8	11.3	10.7	10.3	9.3	9.1	8.6	8.1
RW-3	8.2	14.8	12.6	10.5	13.6	12.8	12.3	12.1
RW-1	8.9	15.3	14.3	13.2	16.2	14.8	13.9	12.4

TSS	시간							
	지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00
RW-8	24.6	47.8	41.2	40.3	41.3	54.9	34.8	33.5
RW-7	47.6	65.3	51.2	50.3	54.8	77.6	67.3	62.5
RW-6	38.4	40.2	39.5	38.1	37.2	36.4	36.2	35.8
RW-3	45.5	68.3	55.7	52.6	55.6	70.5	69.5	64.2
RW-1	47.5	70.2	60.2	61.3	62.5	74.2	71.6	70.5

T-N	시간							
	지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00
RW-8	4.795	7.236	6.954	6.254	6.354	7.695	7.023	6.857
RW-7	6.235	8.254	7.632	7.669	8.032	9.845	9.652	8.254
RW-6	5.896	6.325	6.032	5.895	5.965	6.412	5.321	5.032
RW-3	6.895	8.235	7.236	7.352	7.421	9.632	9.212	8.321
RW-1	6.389	8.632	7.021	6.985	6.857	11.256	10.639	10.025

T-P	시간							
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00	19:00
RW-8	0.256	0.359	0.241	0.232	0.245	0.362	0.312	0.289
RW-7	0.378	0.523	0.478	0.485	0.474	0.589	0.503	0.478
RW-6	0.426	0.525	0.587	0.558	0.513	0.523	0.475	0.438
RW-3	0.459	0.685	0.525	0.503	0.478	0.698	0.674	0.632
RW-1	0.512	0.698	0.615	0.604	0.598	0.725	0.694	0.647

NO ₃ -N	시간							
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00	19:00
RW-8	3.430	5.175	4.974	4.473	4.545	5.504	5.023	4.904
RW-7	4.459	5.904	5.459	5.485	5.745	7.042	6.903	5.904
RW-6	4.217	4.524	4.314	4.216	4.266	4.586	3.806	3.599
RW-3	4.932	5.890	5.175	5.258	5.308	6.889	6.589	5.951
RW-1	4.570	6.174	5.022	4.996	4.904	8.051	7.609	7.170

NH ₄ -N	시간							
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00	19:00
RW-8	1.218	1.839	1.767	1.589	1.615	1.955	1.785	1.742
RW-7	1.584	2.097	1.939	1.949	2.041	2.502	2.453	2.097
RW-6	1.498	1.607	1.533	1.498	1.516	1.629	1.352	1.279
RW-3	1.752	2.093	1.839	1.868	1.886	2.447	2.341	2.114
RW-1	1.623	2.193	1.784	1.775	1.742	2.860	2.703	2.547

PO ₄ -P	시간							
지점	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	18:00	19:00
RW-8	0.175	0.246	0.165	0.159	0.168	0.248	0.214	0.198
RW-7	0.259	0.358	0.328	0.332	0.325	0.404	0.345	0.328
RW-6	0.292	0.360	0.402	0.382	0.352	0.358	0.325	0.300
RW-3	0.315	0.469	0.360	0.345	0.328	0.478	0.462	0.433
RW-1	0.351	0.478	0.421	0.414	0.410	0.497	0.476	0.443