

예당저수지 수질개선 기본계획

최종보고서 | 2013. 8

예
당
저
수
지
수
질
개
선
기
본
계
획

최
종
보
고
서
2
0
1
3
·
8

예
산
군





1. 계획수립의 개요

1. 계획수립의 배경
2. 계획수립의 목적
3. 계획의 기초와 역할
4. 계획수립의 범위와 추진체계



2. 유역 현황 및 여건분석

1. 일반개황 및 특성분석
2. 유역 환경 및 특성분석
3. 국내 · 외 사례조사



3. 유역현황 진단 및 평가

1. 하천 수질 및 유량 조사
2. 호소 수질 및 유량 조사
3. 퇴적물 조사



4. 오염원 및 배출특성 분석

1. 유역의 행정구역 점유 현황
2. 오염원
3. 오염부하량
4. 오염부하밀도



5. 여건변화 및 전망

1. 오염원 전망
2. 오염부하량 전망



6. 장래 수질변화 예측

1. 수질모델의 선정
2. 모델의 개요
3. 모델의 적용



7. 수질개선방안 마련

1. 중점관리 유역 도출
2. 관리 목표수질 설정
3. 수질개선 대책
4. 주요 수질저감대책에 따른 수질변화 예측



8. 중장기적 유역관리 로드맵

1. 예당호 수질개선 과제 및 추진 방향
2. 추진 기반 조성
3. 추진 조직 구성
4. 추진 사업
5. 사업추진 로드맵



9. 예산 및 투자계획

1. 관련 예산
2. 예당저수지 수질개선 투자 계획
3. 투자재원 조달방안



사 업 조 서



부 록

1. 현장조사
2. 인터뷰
3. 인공습지 사례 조사
4. 수질개선 기술, 공법, 설치위치별 분류
5. 최종보고회 자료

목 차

제1장 계획수립의 개요	1
1. 계획수립의 배경	1
2. 계획수립의 목적	2
3. 계획의 기초와 역할	3
1) 계획의 기초	3
2) 계획의 역할	4
3) 계획수립의 방향	5
4. 계획수립의 범위와 추진체계	6
1) 계획의 범위	6
2) 계획의 추진체계	7
제2장 유역 현황 및 여건분석	9
1. 일반개황 및 특성분석	9
1) 예당저수지 일반현황	9
2) 기후현황	10
3) 수위 및 저수량	11
2. 유역 환경 및 특성분석	31
1) 유역 일반 현황	31
2) 수계 현황	31
3. 국내·외 사례조사	22
1) 국내 사례조사	22
2) 국외 사례조사	22
제3장 유역현황 진단 및 평가	33
1. 하천 수질 및 유량 조사	33

1) 수질측정망	33
2) 수질 및 유량 모니터링	24
2. 호소 수질 및 유량 조사	06
1) 수질측정망	06
3. 퇴적물 조사	8
1) 퇴적물 조사지점 및 방법	8 6
2) 퇴적물 조사결과	96

제4장 오염원 및 배출특성 분석 3 7

1. 유역의 행정구역 점유 현황	3 7
2. 오염원	7
1) 오염원 조사방법	57
2) 오염원 조사결과	77
3. 오염부하량	8
1) 발생부하량 산정방법	6 8
2) 배출부하량 산정방법	09
3) 오염부하량 산정결과	29
4. 오염부하밀도	14
1) 생활계	14
2) 축산계	19
3) 산업계	14
4) 토지계	19
5) 양식계	14
6) 매립계	19
7) 총 부하밀도	14

제5장 여건변화 및 전망 6

1. 오염원 전망	6
1) 자연증감에 의한 오염원 전망	161
2) 개발·삭감계획에 의한 전망	171

2. 오염부하량 전망	13
1) 자연증감에 의한 오염부하량 전망	371
2) 개발계획 및 삭감계획에 의한 오염부하량 전망	981
3) 오염부하량 총괄 전망	11

제6장 장래 수질변화 예측 9

1. 수질모델의 선정	9
2. 모델의 개요	19
1) EFDC 유동모델의 개요	9
2) WASP 수질모델의 개요	10
3. 모델의 적용	23
1) EFDC 유동모델의 적용	23
2) WASP 수질모델의 적용	10

제7장 수질개선방안 마련 23

1. 중점관리 유역 도출	2
1) 오염원 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단	322
2) 주요 오염원별 중점관리 유역 도출	132
2. 관리 목표수질 설정	21
3. 수질개선 대책	25
1) 유역대책	26
2) 호내대책	24
4. 주요 수질저감대책에 따른 수질변화 예측	852
1) 수질저감대책 효과 평가	82
2) 시나리오 구성	29
3) 수질변화 예측 결과	10

제8장 중장기적 유역관리 로드맵 72

1. 예당호 수질개선 과제 및 추진 방향	72
------------------------	----

1) 예당호 수질개선 과제	72
2) 예당호 수질개선 추진 방향	72
3) 예당호 중장기 유역관리 추진 체계	82
2. 추진 기반 조성	29
1) 예당호 수질개선 100년 계획 수립	92
2) 예당호 조례(가칭) 제정	22
3) 예당호 기금(가칭) 조성	42
3. 추진 조직 구성	28
1) 예당호 수질개선 협의체 구성 및 활성화	872
2) 예당호 네트워크 구성	8
3) 예당호 수질개선 추진을 위한 중간지원조직 구성	182
4. 추진 사업	286
1) 수질개선	36
2) 조사·모니터링	9
3) 예당호 생태공간 조성	9
4) 환경교육 및 실천	9
5) 경제사업	36
6) 예당호 수질개선 관련 제도 검토 및 개선 건의	013
5. 사업추진 로드맵	31

제9장 예산 및 투자계획 3

1. 관련 예산	35
1) 환경부 예산 편성	3
2) 충청남도 환경예산	6
3) 예산군 환경예산	3
2. 예당저수지 수질개선 투자 계획	93
1) 추진사업별 세부 투자계획	93
3. 투자재원 조달방안	2
1) 투자재원 조달의 기본원칙 강화	223
2) 수질개선 예산의 확충	2
3) 안정적인 예산 마련	3

표 목 차

<표 2-1> 제원	0	1
<표 2-2> 기온 및 강수량	0	1
<표 2-3> 예당저수지의 월평균 수위 및 저수량(2011~2012년)	1	1
<표 2-4> 표고분석	3	1
<표 2-5> 경사분석	4	1
<표 2-6> 예당호 조류 1차 현장조사 결과(2012.11.26)	7	1
<표 2-7> 예당호 조류 2차 현장조사 결과(2013.03.18)	7	1
<표 2-8> 예당저수지 유역 하천의 현황	0	2
<표 2-9> 가스미가우라호의 수질보전계획(2005-2010)	7	2
<표 2-10> 아사자 프로젝트 주요 활동	9	2
<표 2-11> 비와호 관리기금 사업	0	3
<표 3-1> 하천 수질측정망 조사항목, 횟수, 주기	3	3
<표 3-2> 예당저수지 유역 수질측정망 운영현황	4	3
<표 3-3> 하천수 수질측정망 운영자료(연평균)	6	3
<표 3-4> 하천수 수질측정망 운영자료(월평균)	9	3
<표 3-5> 하천수 수질측정망 운영자료(월평균)-계속	0	4
<표 3-6> 조사 일시 및 기상현황	2	4
<표 3-7> 수질 및 유량 모니터링 조사지점	3	4
<표 3-8> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황	4	4
<표 3-9> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	4	4
<표 3-10> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	5	4
<표 3-11> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	5	4
<표 3-12> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	6	4
<표 3-13> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	6	4
<표 3-14> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	7	4
<표 3-15> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속	7	4
<표 3-16> 수질 항목별 분석방법	9	4
<표 3-17> 수질 및 유량 측정결과(비강우-6월)	9	4
<표 3-18> 수질 및 유량 측정결과(비강우-10월)	9	4
<표 3-19> 수질 및 유량 측정결과(비강우-12월)	0	5
<표 3-20> 수질 및 유량 측정결과(비강우-3월)	0	5

<표 3-21> 수질 및 유량 측정결과(비강우-연평균)	0	5
<표 3-22> 수질 측정결과(강우-6월)	3	5
<표 3-23> 수질 측정결과(강우-9월)	4	5
<표 3-24> 호소 수질측정망 조사항목, 횟수, 주기	0	6
<표 3-25> 예당저수지 유역 수질측정망 운영현황	1	6
<표 3-26> 호소수 수질측정망 운영자료(연평균)	2	6
<표 3-27> 호소수 수질측정망 운영자료(월평균)	5	6
<표 3-28> 퇴적물 조사결과	9	6
<표 3-29> 예당저수지 퇴적물 분석 결과	1	7
<표 4-1> 예당저수지 유역 행정구역	3	7
<표 4-2> 소유역별 인구현황	8	7
<표 4-3> 소유역별 축산현황	1	8
<표 4-4> 소유역별 산업현황	3	8
<표 4-5> 소유역별 토지현황	5	8
<표 4-6> 소유역별 양식현황	5	8
<표 4-7> 소유역별 매립시설 현황	5	8
<표 4-8> 생활계 분뇨발생유량원단위, 분뇨발생유량비 및 잡배수오수전환율	6	8
<표 4-9> 생활계 가정인구 발생부하 원단위	7	8
<표 4-10> 축종별 발생유량 원단위	7	8
<표 4-11> 축산계 발생부하 원단위	7	8
<표 4-12> 토지계 발생부하 원단위	8	8
<표 4-13> 양식계 사료투여량 대비 발생부하비	9	8
<표 4-14> 오염물질 발생부하량 산정방법	9	8
<표 4-15> 소유역별 생활계 발생부하량	3	9
<표 4-16> 소유역별 생활계 배출부하량	4	9
<표 4-17> 소유역별 축산계 발생부하량	7	9
<표 4-18> 소유역별 축산계 배출부하량	8	9
<표 4-19> 소유역별 산업계 발생부하량	10	1
<표 4-20> 소유역별 산업계 배출부하량	20	1
<표 4-21> 소유역별 토지계 발생부하량	50	1
<표 4-22> 소유역별 토지계 배출부하량	60	1
<표 4-23> 소유역별 양식계 발생부하량	90	1
<표 4-24> 소유역별 양식계 배출부하량	01	1
<표 4-25> 소유역별 매립계 발생부하량	31	1

<표 4-26> 소유역별 매립계 배출부하량	4 1 1
<표 4-27> 오염원별 총 발생부하량	7 1 1
<표 4-28> 오염원별 총 배출부하량	8 1 1
<표 4-29> 소유역별 총 배출부하량(BOD ₅)	9 1 1
<표 4-30> 소유역별 총 배출부하량(T-N)	0 2 1
<표 4-31> 소유역별 총 배출부하량(T-P)	1 2 1
<표 4-32> 소유역별 생활계 오염부하밀도(BOD ₅)	5 2 1
<표 4-33> 소유역별 생활계 오염부하밀도(T-N)	6 2 1
<표 4-34> 소유역별 생활계 오염부하밀도(T-P)	7 2 1
<표 4-35> 소유역별 축산계 오염부하밀도(BOD ₅)	0 3 1
<표 4-36> 소유역별 축산계 오염부하밀도(T-N)	1 3 1
<표 4-37> 소유역별 축산계 오염부하밀도(T-P)	2 3 1
<표 4-38> 소유역별 산업계 부하밀도(BOD ₅)	5 3 1
<표 4-39> 소유역별 산업계 오염부하밀도(T-N)	6 3 1
<표 4-40> 소유역별 산업계 오염부하밀도(T-P)	7 3 1
<표 4-41> 소유역별 토지계 오염부하밀도(BOD ₅)	0 4 1
<표 4-42> 소유역별 토지계 오염부하밀도(T-N)	1 4 1
<표 4-43> 소유역별 토지계 오염부하밀도(T-P)	2 4 1
<표 4-44> 소유역별 양식계 오염부하밀도(BOD ₅)	5 4 1
<표 4-45> 소유역별 양식계 오염부하밀도(T-N)	6 4 1
<표 4-46> 소유역별 양식계 오염부하밀도(T-P)	7 4 1
<표 4-47> 소유역별 매립계 오염부하밀도(BOD ₅)	0 5 1
<표 4-48> 소유역별 매립계 오염부하밀도(T-N)	1 5 1
<표 4-49> 소유역별 매립계 오염부하밀도(T-P)	2 5 1
<표 4-50> 소유역별 총 부하밀도(BOD ₅)	5 5 1
<표 4-51> 소유역별 총 부하밀도(T-N)	6 5 1
<표 4-52> 소유역별 총 부하밀도(T-P)	7 5 1
<표 5-1> 소유역별 인구 전망	2 6 1
<표 5-2> 축종별 가축사육두수 전망(전체)	3 6 1
<표 5-3> 소유역별 가축사육두수 전망	4 6 1
<표 5-4> 소유역별 가축사육두수 전망-계속	5 6 1
<표 5-5> 소유역별 산업폐수 발생량 및 배출량 전망	6 6 1
<표 5-6> 토지지목별 면적 전망(전체)	7 6 1
<표 5-7> 소유역별 토지지목별 면적 전망	8 6 1

<표 5-8> 소유역별 토지지목별 면적 전망-계속	9 6 1
<표 5-9> 소유역별 토지지목별 면적 전망-계속	0 7 1
<표 5-10> 개발계획 현황	171
<표 5-11> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획	2 7 1
<표 5-12> 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(전체)	3 7 1
<표 5-13> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(BOD ₅)	4 7 1
<표 5-14> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(T-N)	5 7 1
<표 5-15> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(T-P)	6 7 1
<표 5-16> 자연증감에 의한 축산계 부하량 전망(전체)	7 7 1
<표 5-17> 소유역별 축산계 부하량 전망(BOD ₅)	8 7 1
<표 5-18> 소유역별 축산계 부하량 전망(T-N)	9 7 1
<표 5-19> 소유역별 축산계 부하량 전망(T-P)	0 8 1
<표 5-20> 자연증감에 의한 산업계 부하량 전망(전체)	1 8 1
<표 5-21> 소유역별 산업계 부하량 전망(BOD ₅)	2 8 1
<표 5-22> 소유역별 산업계 부하량 전망(T-N)	3 8 1
<표 5-23> 소유역별 산업계 부하량 전망(T-P)	4 8 1
<표 5-24> 자연증감에 의한 토지계 부하량 전망(전체)	5 8 1
<표 5-25> 소유역별 토지계 부하량 전망(BOD ₅)	6 8 1
<표 5-26> 소유역별 토지계 부하량 전망(T-N)	7 8 1
<표 5-27> 소유역별 토지계 부하량 전망(T-P)	8 8 1
<표 5-28> 개발계획에 따른 부하량	981
<표 5-29> 소유역별 개발계획 부하량	981
<표 5-30> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획	0 9 1
<표 5-31> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획수질	0 9 1
<표 5-32> 소유역별 총 오염부하량 전망(BOD ₅)	1 9 1
<표 5-33> 소유역별 총 오염부하량 전망(T-N)	2 9 1
<표 5-34> 소유역별 총 오염부하량 전망(T-P)	3 9 1
<표 6-1> 수질모델의 종류 및 특성	591
<표 6-2> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례	6 9 1
<표 6-3> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례-계속	7 9 1
<표 6-4> 수질모델 보정을 위한 경계수질농도	8 0 2
<표 6-5> 국내 하천 및 호소에 적용된 용존성 인 용출률	9 0 2
<표 6-6> 국내 하천 및 호소에 적용된 암모니아성 질소 용출률	0 1 2
<표 6-7> 반응계수 적용값	212

<표 6-8> 반응계수 적용값-계속	312
<표 6-9> 강우배출비	42
<표 6-10> 강우배출비를 고려한 현재 월별 총 배출부하량 변화-무한천	5 1 2
<표 6-11> 강우배출비를 고려한 2015년 월별 총 배출부하량 변화-무한천	1 2
<표 6-12> 강우배출비를 고려한 2020년 월별 총 배출부하량 변화-무한천	1 2
<표 6-13> 강우배출비를 고려한 현재 월별 총 배출부하량 변화-신양천	7 1 2
<표 6-14> 강우배출비를 고려한 2015년 월별 총 배출부하량 변화-신양천	1 2
<표 6-15> 강우배출비를 고려한 2020년 월별 총 배출부하량 변화-신양천	1 2
<표 6-16> 모의 시나리오 구성	812
<표 6-17> 예당저수지내 월별 수질예측 결과	9 1 2
<표 6-18> 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속	0 2 2
<표 7-1> 관리 목표수질	432
<표 7-2> 마을단위 공공하수처리시설 설치 계획(기준)	6 3 2
<표 7-3> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치 개요	7 3 2
<표 7-4> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치에 따른 시설별 삭감부하량	3 2
<표 7-5> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치에 따른 유역별 삭감부하량	3 2
<표 7-6> 가축분뇨 공공처리시설 증설 설치 개요	1 4 2
<표 7-7> 가축분뇨 공공처리시설 증설(1단계)에 따른 유역별 삭감부하량	1 4 2
<표 7-8> 가축분뇨 공공처리시설 증설(2단계)에 따른 유역별 삭감부하량	2 4 2
<표 7-9> 무한천, 신양천 인공습지 처리량	442
<표 7-10> 인공습지 저감 효율	442
<표 7-11> 인공습지 설치에 의한 삭감부하량 산정	5 4 2
<표 7-12> 주요 습지식물의 수질정화 능력	7 4 2
<표 7-13> 기계식 청소와 진공흡입식 장치의 오염물질 저감효율	3 5 2
<표 7-14> 낚시 떡밥 및 재료의 부영양화 지표 분석	4 5 2
<표 7-15> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(BOD ₅)	5 5 2
<표 7-16> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(T-N)	5 5 2
<표 7-17> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(T-P)	6 5 2
<표 7-18> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과	0 6 2
<표 7-19> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속	1 6 2
<표 7-20> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속	1 6 2
<표 7-21> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속	2 6 2

<표 8-1> 비와호 비전(A Vision for Lake Biwa)	072
<표 8-2> 비와호 종합보전계획(2000)	172
<표 8-3> 아사자프로젝트 주요 활동	272
<표 8-4> 운영 목적별 조례	672
<표 8-5> 재원별 조례	672
<표 8-6> 비와호 관리기금 사업	772
<표 8-7> 행정협의회 관계 법령	972
<표 8-8> 대청호 보전 운동본부 2010년도 예산안	382
<표 8-9> 아사자 기금 2008년도 예산	482
<표 8-10> FAO 등재 농어업 유산	503
<표 8-11> 호수 부유쓰레기 수거·처리 규정	213
<표 9-1> 환경부 세출예산안 개요	513
<표 9-2> 충남 중기재정계획 분야별 투자재원 배분	613
<표 9-3> 충청남도 환경예산 연도별 투자계획	713
<표 9-4> 분야별 투자계획	713
<표 9-5> 연도별 환경분야 투자계획	813
<표 9-6> 부문별 총 투자사업비	913
<표 9-7> 조사·모니터링 세부 투자계획	023
<표 9-8> 환경교육·실천 투자계획	023
<표 9-9> 경제사업 투자계획	023
<표 9-10> 생태공간조성 투자계획	123
<표 9-11> 수질개선사업 투자계획	123

그 립 목 차

[그림 1-1] 계획수립의 배경	1
[그림 1-2] 계획수립의 목적	2
[그림 1-3] 예당저수지 유역 위치도	6
[그림 1-4] 예당저수지 수질개선 기본계획 수립 추진체계	8
[그림 2-1] 예당저수지 위치도	9
[그림 2-2] 예당저수지의 월별 수위 및 저수율(2011~2012년)	2 1
[그림 2-3] 예당저수지 표고분석도	3 1
[그림 2-4] 예당저수지 경사분석도	4 1
[그림 2-5] 예당저수지 토지이용현황	5 1
[그림 2-6] 예당저수지 유역 포유류 현황	6 1
[그림 2-7] 예당저수지 유역 조류 현황	6 1
[그림 2-8] 예당저수지 유역 양서·파충류 현황	8 1
[그림 2-9] 예당저수지 유역 어류 현황	8 1
[그림 2-10] 예당저수지 수계도	9 1
[그림 2-11] 예당저수지 유역 하천 모식도	1 2
[그림 2-12] 감돈저수지 조감도	2 2
[그림 2-13] 감돈저수지 사업전·후 수질 변화	3 2
[그림 2-14] 마산저수지 사업전·후 수질 변화	4 2
[그림 2-15] 왕송저수지 사업전·후 수질 변화	5 2
[그림 2-16] 호소 수질정화대책 실행 위치도	6 2
[그림 2-17] 아사자 프로젝트의 순환형 사회 개념도	8 2
[그림 2-18] 비와호 유역단위 대응체계	1 3
[그림 3-1] 예당저수지 유역 하천 수질측정망 운영현황	5 3
[그림 3-2] 하천 측정망 연평균(BOD ₅)	7 3
[그림 3-3] 하천 측정망 연평균(COD _{Mn})	7 3
[그림 3-4] 하천 측정망 연평균(TSS)	7 3
[그림 3-5] 하천 측정망 연평균(T-N)	8 3
[그림 3-6] 하천 측정망 연평균(T-P)	8 3
[그림 3-7] 하천 측정망 월평균-BOD ₅	1 4
[그림 3-8] 하천 측정망 월평균-COD _{Mn}	1 4
[그림 3-9] 하천 측정망 월평균-TSS	1 4

[그림 3-10] 하천 측정망 월평균-T-N	1	4
[그림 3-11] 하천 측정망 월평균-T-P	2	4
[그림 3-12] 하천수질 측정지점 위치도	3	4
[그림 3-13] 수질분석결과(BOD ₅)	1	5
[그림 3-14] 수질분석결과(COD _{Mn})	1	5
[그림 3-15] 수질분석결과(T-N)	2	5
[그림 3-16] 수질분석결과(T-P)	2	5
[그림 3-17] 수질분석결과(TSS)	2	5
[그림 3-18] 수질분석결과-1차 측정(COD _{Mn})	5	5
[그림 3-19] 수질분석결과-2차 측정(COD _{Mn})	5	5
[그림 3-20] 수질분석결과-1차 측정(BOD ₅)	6	5
[그림 3-21] 수질분석결과-2차 측정(BOD ₅)	6	5
[그림 3-22] 수질분석결과-1차 측정(TSS)	7	5
[그림 3-23] 수질분석결과-2차 측정(TSS)	7	5
[그림 3-24] 수질분석결과-1차 측정(T-N)	8	5
[그림 3-25] 수질분석결과-2차 측정(T-N)	8	5
[그림 3-26] 수질분석결과-1차 측정(T-P)	9	5
[그림 3-27] 수질분석결과-2차 측정(T-P)	9	5
[그림 3-28] 예당저수지 유역 호소 수질측정망 운영현황	1	6
[그림 3-29] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(DO)	3	6
[그림 3-30] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(BOD ₅)	3	6
[그림 3-31] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(COD _{Mn})	3	6
[그림 3-32] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(TSS)	4	6
[그림 3-33] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(T-N)	4	6
[그림 3-34] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(T-P)	4	6
[그림 3-35] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(DO)	6	6
[그림 3-36] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(BOD ₅)	6	6
[그림 3-37] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(COD _{Mn})	6	6
[그림 3-38] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(TSS)	7	6
[그림 3-39] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(T-N)	7	6
[그림 3-40] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(T-P)	7	6
[그림 3-41] 퇴적물 조사지점	8	6
[그림 3-42] 예당저수지내 퇴적물 샘플 채취	9	6
[그림 3-43] 퇴적물 분석	1	7
[그림 4-1] 예당저수지 유역 현황	4	7

[그림 4-2] 예당저수지 유역 행정구역	4 7
[그림 4-3] 유역의 인구현황	7 7
[그림 4-4] 유역별 인구현황	7 7
[그림 4-5] 인구 분포도	9 7
[그림 4-6] 인구 밀도 분포도	9 7
[그림 4-7] 유역별 축산현황	9 7
[그림 4-8] 축산 분포도	2 8
[그림 4-9] 유역별 산업체 폐수방류량	3 8
[그림 4-10] 산업 폐수발생·배출량	4 8
[그림 4-11] 유역의 토지현황	4 8
[그림 4-12] 생활계 부하량(BOD ₅)	5 9
[그림 4-13] 생활계 부하량(T-N)	5 9
[그림 4-14] 생활계 부하량(T-P)	6 9
[그림 4-15] 축산계 부하량(BOD ₅)	9 9
[그림 4-16] 축산계 부하량(T-N)	9 9
[그림 4-17] 축산계 부하량(T-P)	0 0 1
[그림 4-18] 산업계 부하량(BOD ₅)	3 0 1
[그림 4-19] 산업계 부하량(T-N)	3 0 1
[그림 4-20] 산업계 부하량(T-P)	4 0 1
[그림 4-21] 토지계 부하량(BOD ₅)	7 0 1
[그림 4-22] 토지계 부하량(T-N)	7 0 1
[그림 4-23] 토지계 부하량(T-P)	8 0 1
[그림 4-24] 양식계 부하량(BOD ₅)	1 1 1
[그림 4-25] 양식계 부하량(T-N)	1 1 1
[그림 4-26] 양식계 부하량(T-P)	2 1 1
[그림 4-27] 매립계 부하량(BOD ₅)	5 1 1
[그림 4-28] 매립계 부하량(T-N)	5 1 1
[그림 4-29] 매립계 부하량(T-P)	6 1 1
[그림 4-30] 오염원별 총 발생부하량	7 1 1
[그림 4-31] 오염원별 총 배출부하량	8 1 1
[그림 4-32] 소유역 총 부하량(BOD ₅)	2 2 1
[그림 4-33] 소유역 총 부하량(T-N)	2 2 1
[그림 4-34] 소유역 총 부하량(T-P)	3 2 1
[그림 4-35] 생활계 오염부하밀도(BOD ₅)	8 2 1

[그림 4-36] 생활계 오염부하밀도(T-N)	8 2 1
[그림 4-37] 생활계 오염부하밀도(T-P)	9 2 1
[그림 4-38] 축산계 오염부하밀도(BOD ₅)	3 3 1
[그림 4-39] 축산계 오염부하밀도(T-N)	3 3 1
[그림 4-40] 축산계 오염부하밀도(T-P)	4 3 1
[그림 4-41] 산업계 오염부하밀도(BOD ₅)	8 3 1
[그림 4-42] 산업계 오염부하밀도(T-N)	8 3 1
[그림 4-43] 산업계 오염부하밀도(T-P)	9 3 1
[그림 4-44] 토지계 오염부하밀도(BOD ₅)	3 4 1
[그림 4-45] 토지계 오염부하밀도(T-N)	3 4 1
[그림 4-46] 토지계 오염부하밀도(T-P)	4 4 1
[그림 4-47] 양식계 오염부하밀도(BOD ₅)	8 4 1
[그림 4-48] 양식계 오염부하밀도(T-N)	8 4 1
[그림 4-49] 양식계 오염부하밀도(T-P)	9 4 1
[그림 4-50] 매립계 오염부하밀도(BOD ₅)	3 5 1
[그림 4-51] 매립계 오염부하밀도(T-N)	3 5 1
[그림 4-52] 매립계 오염부하밀도(T-P)	4 5 1
[그림 4-53] 소유역 총부하밀도(BOD ₅)	8 5 1
[그림 4-54] 소유역 총부하밀도(T-N)	8 5 1
[그림 4-55] 소유역 총부하밀도(T-P)	9 5 1
[그림 5-1] 가축사육두수 전망	3 6 1
[그림 5-2] 산업폐수 발생량 및 배출량 전망	6 6 1
[그림 5-3] 토지지목별 면적 전망	7 6 1
[그림 5-4] 생활계 부하량 전망(BOD ₅)	4 7 1
[그림 5-5] 축산계 부하량 전망(BOD ₅)	7 7 1
[그림 5-6] 산업계 부하량 전망(BOD ₅)	1 8 1
[그림 5-7] 토지계 부하량 전망(BOD ₅)	5 8 1
[그림 5-8] 유역별 총오염부하량 전망(2011년)	4 9 1
[그림 5-9] 유역별 총오염부하량 전망(2015년)	4 9 1
[그림 5-10] 유역별 총오염부하량 전망(2020년)	4 9 1
[그림 6-1] 예당저수지 수질모의 모델 구성도	8 9 1
[그림 6-2] EFDC 모델의 구조	9 9 1
[그림 6-3] WASP7.5 모델의 구성도	1 0 2
[그림 6-4] WASP7.5(EUTRO) 모델 내 수질 항목 반응도	2 0 2

[그림 6-5] 수질모의를 위한 격자구성	302
[그림 6-6] EFDC 격자구성 내용적표 비교	402
[그림 6-7] 예당저수지 과거 월평균 수위 변화	402
[그림 6-8] 예당저수지 10년 평균 월별 수위 변화	502
[그림 6-9] 예당저수지 과거 월평균 강수량 변화	502
[그림 6-10] 예당저수지 과거 10년간 강수량	602
[그림 6-11] 예당저수지 유출입 유량	602
[그림 6-12] EFDC 수위변화 모의결과	702
[그림 6-13] EFDC 수온 모의결과	702
[그림 6-14] WASP 수질모의 보정결과	412
[그림 6-15] 예당저수지내 월별 수질예측결과	122
[그림 7-1] 총 BOD ₅ 발생 및 배출부하량	422
[그림 7-2] 총 BOD ₅ 점 및 비점배출부하량	522
[그림 7-3] 총 BOD ₅ 발생 및 배출부하밀도	622
[그림 7-4] 총 BOD ₅ 점 및 비점배출부하밀도	722
[그림 7-5] 오염원별 총 BOD ₅ 발생 및 배출부하 비율	822
[그림 7-6] 유역별 삭감률(2020년)	922
[그림 7-7] 오염원별 삭감률(2020년)	032
[그림 7-8] 하천별 유달률	02
[그림 7-9] 생활계 중점관리 유역	132
[그림 7-10] 축산계 중점관리 유역	232
[그림 7-11] 토지계 중점관리 유역	332
[그림 7-12] 단계별 예당저수지 관리 목표수질	432
[그림 7-13] 수질개선 대책	52
[그림 7-14] 마을단위 공공처리시설 추가 설치 위치도	732
[그림 7-15] 유역별 축산계 배출부하량 및 축사분포도	042
[그림 7-16] 종류별 인공습지 개념도	342
[그림 7-17] 인공습지 설치 위치도	442
[그림 7-18] 축산농가 밀집지역 저류지 설치 제안 위치도	642
[그림 7-19] 화산천 생태하천 조성사업 위치	642
[그림 7-20] 수질정화 식물	82
[그림 7-21] 무한천 유역분석 현황도	842
[그림 7-22] 무한천 생태하천 복원사업 기본방향 및 추가 저류지 위치	942
[그림 7-23] 탄방천, 강촌천 위치도	942
[그림 7-24] 수변생태벨트 개념도	052

[그림 7-25] 생태농수로 및 둠병 설치 위치도	152
[그림 7-26] 생태농수로 및 둠병의 저감효과	152
[그림 7-27] 호안생태벨트 조성 위치도	252
[그림 7-28] 도로청소 위치도	332
[그림 7-29] 좌대 위치도	42
[그림 7-30] 낚시 인구 및 월별부하량	552
[그림 7-31] 낚시 금지구역 지정 전·후 수질변화	6 5 2
[그림 7-32] 모텔을 이용한 수질개선대책 효과 평가 개요	8 5 2
[그림 7-33] 수질개선방안 검증 모의 시나리오	952
[그림 7-34] 저감대책 적용시 예상저수지 월별 수질예측 결과	3 6 2
[그림 7-35] 저감대책 적용시 예상저수지 연평균 수질예측 결과	4 6 2
[그림 7-36] 시나리오별 예상저수지 월별 수질 변화 예측 농도	5 6 2
[그림 7-37] 시나리오별 예상저수지 연평균 수질 예측 농도	5 6 2
[그림 8-1] 비전 및 추진체계	82
[그림 8-2] 아사자프로젝트의 100년 계획	172
[그림 8-3] 경기도 중점관리저수지 관리 조례안	472
[그림 8-4] 안양천수질개선대책협의회	082
[그림 8-5] 안양천	8
[그림 8-6] 고양시 하천네트워크	182
[그림 8-7] 고양시 농가 EM 교육	182
[그림 8-8] 아사자 프로젝트	42
[그림 8-9] 교란동식물 모니터링 교육	392
[그림 8-10] 안성천 생태탐사	32
[그림 8-11] 호수 주변에 조성된 생태공간(경포호)	5 9 2
[그림 8-12] 생태계 수질정화 시스템	692
[그림 8-13] 수질개선 및 조류 서식지 기능 제공 사례	7 9 2
[그림 8-14] 서식지 기능 개선 사업	892
[그림 8-15] 생태관광 시설	08
[그림 8-16] 다양한 형태의 조류 체험 공간(영국)	1 0 3
[그림 8-17] 조류 체험장 이미지	103
[그림 8-18] 세밀화 그리기	38
[그림 8-19] 세밀화 이용 주민 홍보 활동	303
[그림 8-20] 대청호 옥천살림	88
[그림 8-21] 팔당호 시민생태농장 계획	803

제 출 문

예산군수 귀하

본 보고서를 “예당저수지 수질개선 기본계획 수립 용역”
최종보고서로 제출합니다.

2013년 8월

제1장 계획수립의 개요

1. 계획수립의 배경

- 예당저수지는 1962년에 만들어진 대한민국에서 가장 큰 저수지로 예산군 대흥면, 신양면, 광시면, 응봉면 등 4개 면을 끼고 형성되었으며, 예산군과 당진시의 광활한 내포 평야 중 8,827.5ha의 농지에 물을 공급하고 있음
- 총저수량은 47,103천 m^3 , 유효저수량은 46,070천 m^3 , 제당의 길이는 3백15m, 높이는 13.3m이고 수문의 폭은 6m, 높이는 3.6m, 수문의 연수는 26연으로 예당저수지가 26개 수문을 완전 개방했을 경우 초당 방류량은 1,645ton임
- 1969년 국민관광지로 지정, 개발되어 다양한 휴양지로서 각광을 받았고 중부권 최고의 낚시터로도 알려져 있으며, 최근에는 한국농어촌공사가 예당호 수변 개발을 위한 사업계획을 농림축산식품부에 제출하기도 하였으나 예산군이 생태환경에 대한 악영향을 이유로 반대하였음
- 최근 10년간 예당저수지 수질측정망 자료를 살펴보면 COD_{Mn} 및 T-P 기준 평균 IV등급을 나타내고 있으며, 특히 2006년 이후 최근 5년간 농도가 증가추세를 보임
- 향후 예당저수지의 수질변화를 예상해 보면 최근의 수질증가 추이, 퇴적오니 증가 등에 따른 자연증가 추세와 대규모 수변개발사업, 관광수요 증가 등 외부여건을 고려했을 때 수질농도의 증가가 예측됨. 따라서 이에 대한 대응방안 마련이 시급함



[그림 1-1] 계획수립의 배경

2. 계획수립의 목적

- 향후 관광수요 증가 및 각종 개발계획 시행 등 수질오염 가중에 따른 先대응을 위해 예당저수지의 유역진단을 통한 과학적이고 합리적인 수질개선 마스터플랜을 수립하고자 함



[그림 1-2] 계획수립의 목적

3. 계획의 기초와 역할

- 예당저수지 수질개선 기본계획 수립 및 시행 성과의 목적 달성을 위한 5대 기초와 전략계획으로서 5대 주요 방향을 설정

1) 계획의 기초

■ 사전예방의 원칙

- 예당호는 농업용 저수지로서 농업용수 수질기준인 4등급을 만족하고 있기 때문에 더욱 강화된 수질개선 대책이 시행되지 못하고 있지만, 과거 추세를 고려해 볼 때 수질개선 대책을 시행하지 않을 경우 수질이 5등급으로 악화될 가능성이 있으며 이 경우 천문학적인 수질개선 비용이 소요될 수 있으므로 사전에 수질오염 방지와 수질 개선에 투자함으로써 사회적 비용을 최소화할 필요가 있음

■ 효율성의 원칙

- 예당저수지의 유역내 하천별 특성 조사 및 소유역별로 수질오염물질 발생량, 배출량, 유달량 등에 대한 정확한 정보를 조사·분석하여 우선적으로 수질개선 사업이 필요한 유역을 선별하고 특징을 분석함으로써 수질개선 수단의 경제적 효율성을 높이고 생태적 효과성을 증진함

■ 참여의 원칙

- 예산군 행정 조직의 대규모 시설 설치 사업뿐만 아니라 농민, 어민, 상인, 기업, 시민 단체, 청소년 등 다양한 사람들이 자발적으로 참여하고 책임을 나누어맡고 적극적으로 협력함으로써 단발적으로 끝나는 사업이 아니라 장기적으로 지속가능한 사업으로 추진함

■ 통합의 원칙

- 축산오염원, 생활오수, 산업폐수, 비점오염원, 낚시오염원 등 매체 중심으로 제각각 시행되는 수질개선사업에서 벗어나 농업, 축산, 산림, 도시계획, 산업, 상하수도 등 관련 분야의 계획 및 사업들과 연계하고 통합함으로써 계획집행의 성과를 제고하도록 함

■ 원인자 부담의 원칙과 수익자 부담의 원칙

- 예당호는 예산군에 위치하고 있지만 예당호에 흘러드는 하천의 상류 지역인 홍성군과 청양군에서 발생한 오염원이 예당호 수질에 영향을 미치고 있으며, 예당호의 수질악화와 수질개선은 예당호의 물이 흘러나가는 예산읍 및 하류 삼교호에도 영향을 미치게 되므로 예당호 수질에 대한 오염원인자 및 수익자가 예당호 수질개선 비용을 부담케 함으로써 환경오염 행위의 비용과 편익을 공평하게 나눌 필요가 있음

2) 계획의 역할

■ 군민에게 예당저수지 수질개선에 대한 미래상 제시

- 예당저수지 수질개선에 대한 보다 장기적이고 폭넓은 미래상과 전략을 제시함으로써 예산군의 예당저수지 수질개선 정책 방향에 대한 군민들의 공감을 이끌어내고 예당저수지에 대한 자긍심을 함양

■ 중앙정부 및 충청남도에 사업추진 및 지원요청 근거 제시

- 국가 및 충청남도의 저수지 수질개선 사업과 연계하여 예당저수지 수질개선 사업을 구체화함으로써 중앙정부 및 충청남도의 지원과 상호협력을 강화

■ 예당저수지 수질개선 및 지역발전에 대한 투자 방향을 제시

- 한국농어촌공사 및 예당내수면어업계 등 관련 당사자들이 예당저수지에 대한 합리적인 투자를 결정할 수 있도록 예산군의 예당저수지 수질개선에 대한 종합적이고 장기적인 방침과 시책 등에 대한 정보 제공

■ 이해당사자간 거버넌스 구축방향 제시

- 예당저수지 수질개선 전략시책의 도출 과정에서 예산군, 예산군민, 예당내수면어업계, 축산농가, 한국농어촌공사, 홍성군 및 청양군, 충남도, 환경부 등 이해당사자의 참여와 사회적 합의 형성에 기여

3) 계획수립의 방향

■ 지속가능한 발전의 구현

- 지역 내 사회구성원 모두에게 수질개선에 따른 손실과 편익이 공정하게 돌아가도록 하며, 미래세대에 대한 환경권을 보장
- 수질뿐만 아니라 수질관리에 영향을 미치는 경제사회부문을 통합적으로 고려

■ 관련계획간 연계와 조화

- 국가, 충남도의 저수지 및 하천 수질개선과 관련된 내용을 수용함으로써 수질개선 계획간 수직적·수평적 연계성을 높임

■ 공간계획과 연계한 계획 수립

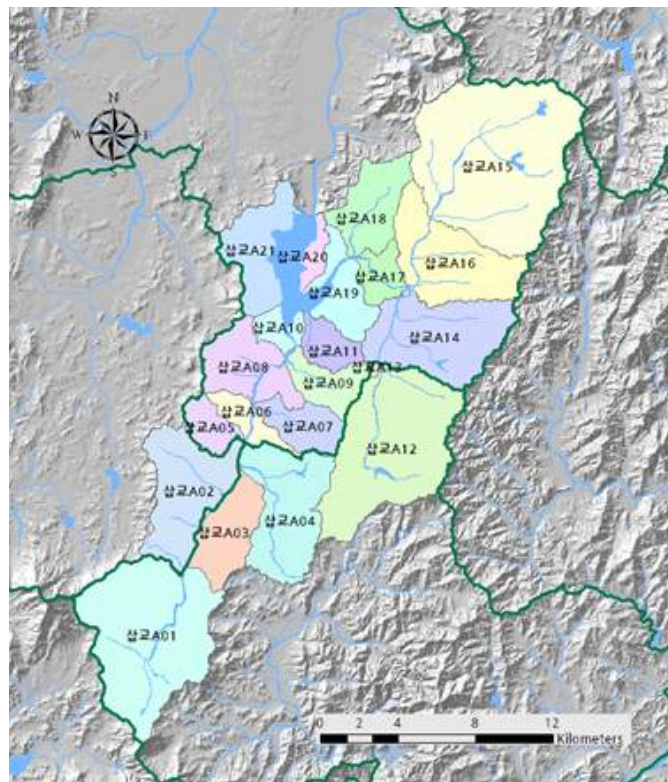
- 기존의 예당호 수질 관련 정보를 가능한 지도화하여 기본계획에 반영함
- 가능한 범위 내에서 수질개선 대책이 필요한 지역을 공간화하고, 이후 수질개선 사업 및 개발사업 수립·시행 시에 예당호 수질을 구체적으로 고려할 수 있도록 함

4. 계획수립의 범위와 추진체계

1) 계획의 범위

■ 공간적 범위

- 대상 지역 : 예산군 대흥면 노동리 일원의 예당저수지와 그 유역 및 인접수계



[그림 1-3] 예당저수지 유역 위치도

■ 시간적 범위

- 계획기간 : 2013년~2020년
 - 사업계획 수립 당시 예당저수지 관련 계획과 연계하여 계획기간을 8년으로 설정
- 기준년도 : 2011년
 - 계획 수립에 필요한 자료 활용 기준이며, 기본 자료가 확보되지 않은 경우 가능한 한 최신년도 적용
- 목표년도 : 2020년

■ 내용적 범위

- 예당저수지 유역 및 인접수계 현황 분석
- 예당저수지 유역 및 인접수계 수질 및 유량, 퇴적물 등 현장조사
- 예당저수지 유역 및 인접수계 오염원 및 배출특성 분석
- 예당저수지 유역 및 인접수계 부하량, 수질전망(수리, 호소모델링)
- 유역 오염원인 분석, 수질개선 로드맵 제시(국내·외 사례분석을 토대로 수질개선 방안 등 세부정책 제시)
- 집행 및 투자계획
- 기타 수질개선을 위하여 필요한 사항

2) 계획의 추진 체계

(1) 계획수립의 방법

■ 참여적 계획기법

- 예당저수지 수질개선 기본계획 수립과정은 전문가가 정책과제를 제시하고 공무원이 이를 집행하는 기존방식에서 벗어나 계획수립 단계부터 다양한 이해당사자간 소통 중심의 계획과정을 통한 전략과제 발굴과 실천에 중점을 두는 충남발전연구원 고유의 CDI 계획모형 적용

■ 상향적 계획기법

- 계획수립 참여주체는 예산군과 공무원, 군민, 전문가, NGO, 연구진 등 지역사회 구성원들의 워크숍, 자문 등의 과정을 거쳐 계획수립 추진

■ 목표지향 계획기법

- 계획수립 과정에서 이해당사자간의 협력과 논의를 통해 계획의 목표를 도출하는 계획기법 적용

(2) 계획수립의 추진체계

- 예당저수지 수질개선 기본계획 수립과정은 계획기조와 위의 수립방법 절차에 따라 계획의 방향설정, 유역환경 분석, 유량 및 수질조사, 오염원조사, 부하량 산정, 배출특성 분석, 부하량 및 수질전망, 오염원인 분석 및 진단, 관리수질 설정, 중장기적 수질개선 방안 로드맵 작성, 투자계획 및 재원조달방안, 행정 및 집행계획을 통해 예당저수지 마스터플랜을 수립함



[그림 1-4] 예당저수지 수질개선 기본계획 수립 추진체계

제2장 유역 현황 및 여건분석

1. 일반개황 및 특성분석

1) 예당저수지 일반현황

(1) 입지

- 예당저수지는 예산군의 남쪽에 위치하고 있으며, 무한천 하류부 약 17km 상류지역에 응봉면, 대흥면, 광시면, 신양면에 걸쳐 입지하고 있음



[그림 2-1] 예당저수지 위치도

(2) 제원

- 삼교호 전체 유역 내에서 유일하게 홍수조절 기능을 갖춘 저수지로 무한천 유역면적의 약 78%에 달함
- 유역면적 373.60km², 만수면적 10.88km²로 우리나라에서 가장 큰 규모의 농업용 저수지임

<표 2-1> 제원

구분		단위	제원
위치		—	충청남도 예산군 대흥면 노동리
유역면적		km ²	373.60
만수면적		km ²	10.88
제 체	형식	—	중심코아형흙댐(준형필댐)
	높이/폭	m	13.3(표고 25.5EL.)/6
	연장	m	314.5
저수량	총저수량	천m ³	47,103
	유효저수량	천m ³	46,070
	홍수위	EL.m	22.5
	만수위	EL.m	22.5
	평수위	EL.m	21.5
	사수위	EL.m	14.5

자료 : 한국농어촌공사, 내부자료, 2012.

2) 기후현황

- 내륙에 위치하며 사계절이 뚜렷하고 같은 위도상의 해안지방에 비해 겨울의 기온이 낮으며, 기온의 연교차가 큰 내륙성 기후의 특징을 지님
- 과거 5년간(2007~2011년) 평균기온은 12.6℃이고 연 최고기온은 2007년에 34.9℃, 연 최저기온은 2011년에 -16.1℃를 나타내고 있음
- 과거 5년간(2007~2011년) 평균강수량은 1,417.4mm로 하절기에 약 60~70%이상의 강우가 집중되며, 상대습도는 평균 66.6%로 연중 비교적 균등하게 나타남

<표 2-2> 기온 및 강수량

구 분	기 온 (℃)			강수량 (mm)	상대습도 (%)	
	평 균	최 고	최 저		평 균	최 저
2007년도	12.5	34.9	-13.6	1,562.4	69.0	12.0
2008년도	12.3	34.2	-13.4	870.1	70.0	8.0
2009년도	12.8	32.7	-13.3	1,090.4	63.3	10.0
2010년도	12.7	33.9	-14.4	1,620.7	66.3	7.0
2011년도	12.6	33.3	-16.1	1,943.4	64.3	6.0

자료 : 예산군, 예산통계연보, 2012.

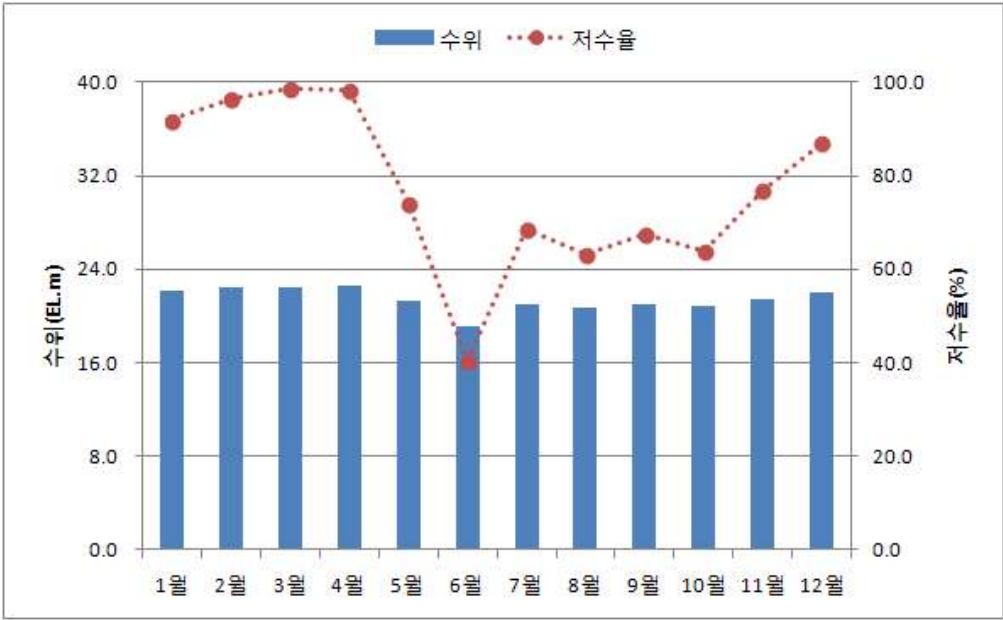
3) 수위 및 저수량

- 만수위가 22.5EL.m인 예당저수지의 운영 수위를 2011년에서 2012년까지 조사한 결과 연평균 운영 수위는 21.4EL.m로 연평균 77.3%의 저수율을 나타냄
- 예당저수지의 2011년 연평균 운영 수위는 21.6EL.m, 연평균 79.3%의 저수율을 나타내고 있으며, 2012년 연평균 운영 수위는 21.3EL.m, 연평균 75.4%의 저수율을 나타냄
- 월평균 수위와 저수량을 비교하면 1월~4월은 평균 96.4%의 저수율을 나타내고, 5월~12월은 67.8%의 저수율을 나타냄
- 특히 2012년 여름은 충남을 비롯한 전국에 심각한 가뭄이 발생하였으며, 예당저수지의 2012년 6월 평균 수위는 17.7EL.m, 19.5%의 저수율을 기록함

<표 2-3> 예당저수지의 월평균 수위 및 저수량(2011~2012년)

구분	2011년			2012년		
	수위 (EL.m)	저수율 (%)	저수량 (천m ³)	수위 (EL.m)	저수율 (%)	저수량 (천m ³)
1월	22.2	97.3	44,826.1	21.9	86.9	40,034.8
2월	22.6	100.0	46,070.0	22.2	93.0	42,845.1
3월	22.5	98.5	45,378.9	22.5	98.8	45,517.2
4월	22.4	97.7	45,010.4	22.7	99.3	45,747.5
5월	21.9	87.0	40,080.9	20.6	61.5	28,333.0
6월	20.7	61.5	28,333.0	17.7	19.5	8,983.6
7월	21.3	73.3	33,769.3	20.8	64.2	29,576.9
8월	21.2	70.9	32,663.6	20.3	55.8	25,707.1
9월	20.8	64.1	29,530.9	21.2	70.9	32,663.6
10월	20.4	56.0	25,799.2	21.2	71.8	33,078.3
11월	21.0	66.4	30,590.5	21.9	87.5	40,311.2
12월	21.6	78.7	36,257.1	22.3	95.7	44,089.0

자료 : 한국농어촌공사, RAWRIS 수위계측정보 통합운영관리시스템(2011~2012년).



[그림 2-2] 예당저수지의 월별 수위 및 저수율(2011~2012년)

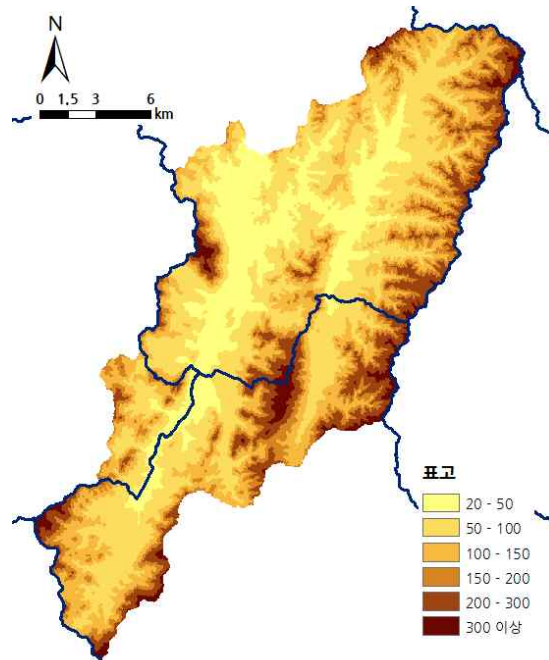
2. 유역 환경 및 특성분석

1) 유역 일반 현황

(1) 자연 현황

■ 표고

- 예당저수지 유역은 유역 가장자리로 도고산, 관모산, 백월산, 봉수산 등 비교적 높은 지역이 자리 잡고 있음
- 100m 이하의 저지대가 전체면적의 50.2%를 차지하며, 300m 이상인 지역이 3.4%를 차지함



[그림 2-3] 예당저수지 표고분석도

<표 2-4> 표고분석

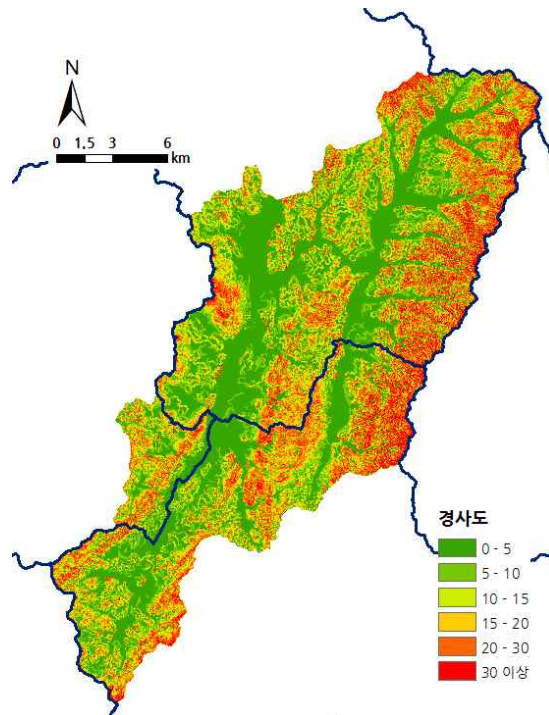
(단위 : km², %)

구 분	계	50m미만	50~100m	100~150m	150~200m	200~300m	300m이상
면 적	368.79	60.93	124.08	84.03	47.68	39.38	12.69
구성비	100.0	16.5	33.7	22.8	12.9	10.7	3.4

주 : 위 내용은 GIS(ArcView) 분석에 의한 수치임

■ 경사

- 경사도 분석 결과 15° 미만의 개발 잠재성이 높은 토지는 62.8%, 20° 이상의 개발 불가능 지역은 23.5%로 나타남



[그림 2-4] 예당저수지 경사분석도

<표 2-5> 경사분석

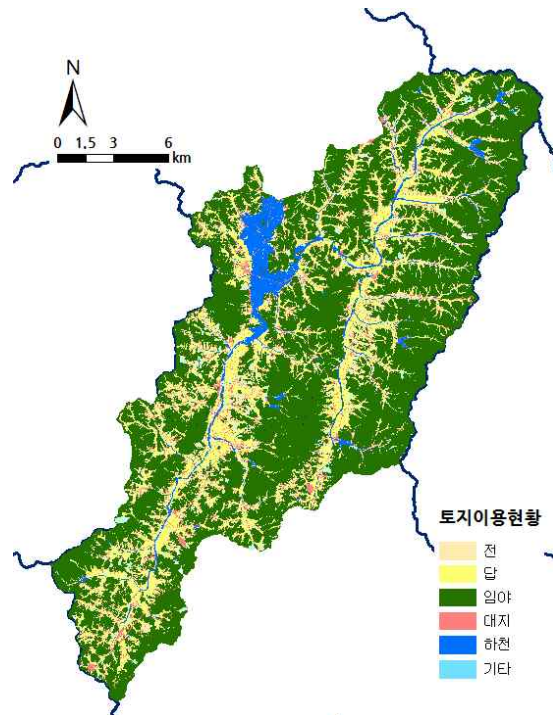
(단위 : km², %)

구 분	계	0~5°	5~10°	10~15°	15~20°	20~30°	30° 이상
면 적	368.79	130.90	48.40	52.43	50.38	65.49	21.19
구성비	100.0	35.5	13.1	14.2	13.7	17.8	5.7

주 : 위 내용은 GIS(ArcView) 분석에 의한 수치임

■ 토지이용현황

- 예당저수지 유역의 지목별 토지이용현황을 살펴보면, 임야가 62.8%로 가장 많은 부분을 차지하고 있으며, 다음으로 전 15.2%, 답 8.7% 순으로 나타남
- 토지지목 중에서 대지는 인구밀도가 높은 시가지역에 대부분 분포하는 것으로 나타남



[그림 2-5] 예당저수지 토지이용현황

(2) 생태 현황

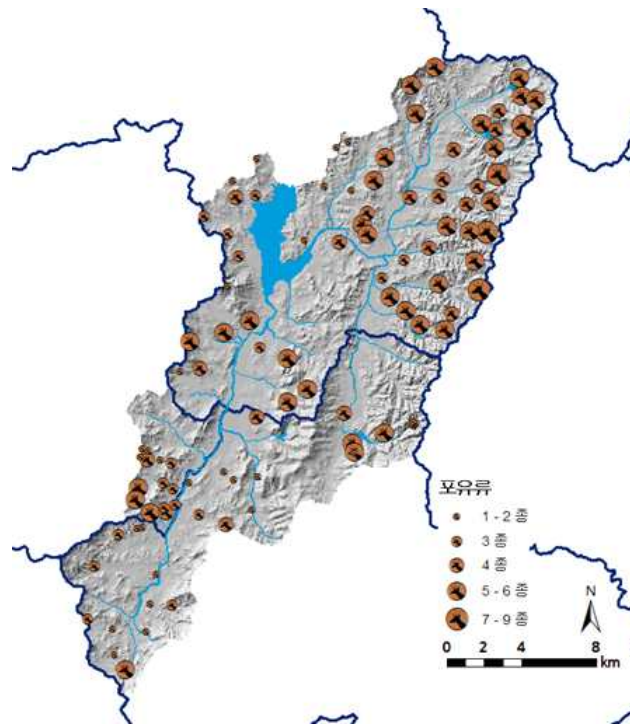
가. 포유류, 조류 및 양서파충류 현황

■ 포유류

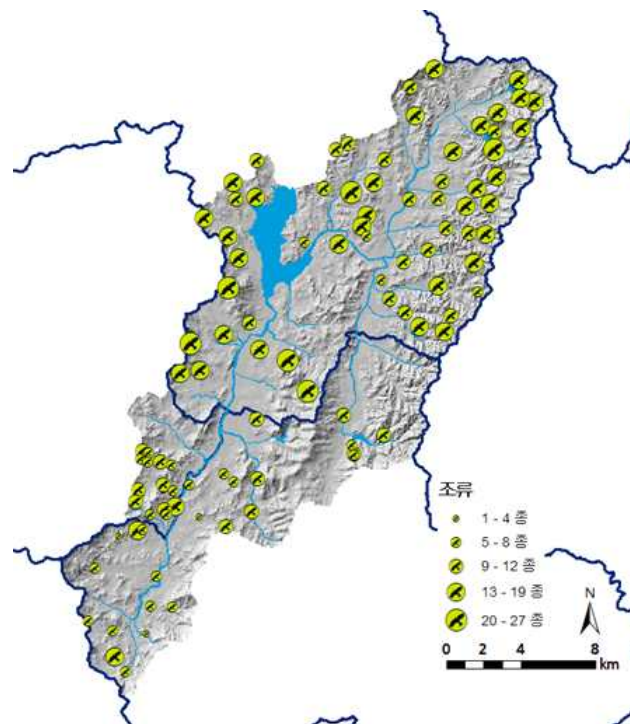
- 예당저수지 유역에서는 총 12종의 포유류 서식이 확인됨
- 멸종위기야생동·식물 I 급, 국제적멸종위기종(CITES) I 급인 수달이 15개 지점에서 서식하는 것으로 확인됨
- 멸종위기야생동·식물 II 급, 국제적멸종위기종(CITES) III 급인 삵은 38개 지점에서 서식하는 것으로 확인됨
- 국제적멸종위기종(CITES) III 급인 족제비는 11개 지점에서 서식이 확인됨

■ 조류

- 예당저수지 유역에서는 총 72종의 조류가 관찰됨
- 멸종위기종 3종(붉은배새매, 새매, 새홀리기 등) 확인
- 천연기념물 6종(붉은배새매, 새매, 소쩍새, 원앙, 큰소쩍새, 황조롱이 등) 확인



[그림 2-6] 예당저수지 유역 포유류 현황



[그림 2-7] 예당저수지 유역 조류 현황

- 예당저수지 조류 1차 현장조사 결과 청둥오리, 흰뺨검둥오리, 물닭, 쇠오리, 비오리, 붉은부리갈매기 등 6종의 월동조류가 관찰됨

- 예당저수지 조류 2차 현장조사 결과 흰뺨검둥오리, 청둥오리, 물닭 등 27종의 조류가 관찰됨
- 천연기념물 1종(원앙) 확인

<표 2-6> 예당호 조류 1차 현장조사 결과(2012.11.26)

종명	개체수	종명	개체수	종명	개체수
청둥오리	172	붉은부리갈매기	1	청딱다구리	1
원앙	5	재갈매기	1	오색딱다구리	1

<표 2-7> 예당호 조류 2차 현장조사 결과(2013.03.18)

종명	개체수	종명	개체수	종명	개체수
청둥오리	172	붉은부리갈매기	1	청딱다구리	1
원앙	5	재갈매기	1	오색딱다구리	1
비오리	36	흰뺨오리	8	말뚝가리	1
흰비오리	4	큰흰죽지	1	멧쟁이새	1
흰뺨검둥오리	248	가창오리	2	까치	2
논병아리	4	물닭	62	노랑턱멧새	3
빨논병아리	83	왜가리	1	쇠박새	5
쇠오리	35	직박구리	2	박새	6
흰죽지	3	어치	3	동고비	2

■ 양서류

- 예당저수지 유역에서는 총 11종의 양서류가 관찰됨
- 멸종위기야생동·식물 II급인 금개구리가 2개의 조사 지점에서 발견되었음
- 한국고유종 한국산개구리의 서식이 확인됨
- 생태계교란야생동물인 황소개구리의 서식이 확인됨

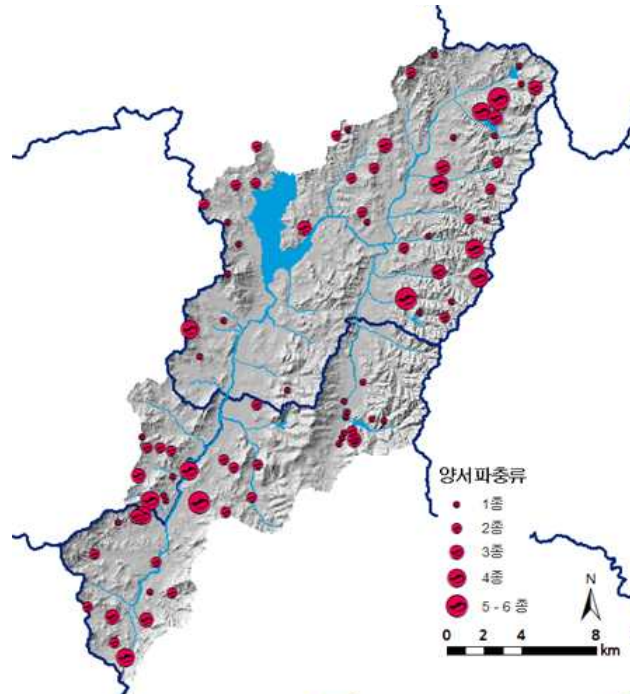
■ 파충류

- 예당저수지 유역에서는 총 10종의 파충류가 관찰됨
- 멸종위기종, 한국고유종, 생태계교란야생동물은 발견되지 않음

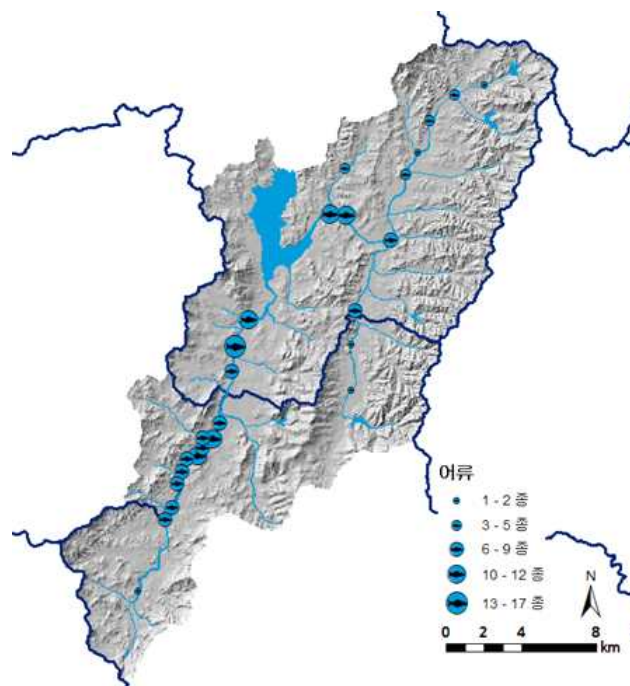
■ 어류

- 예당저수지 유역에서는 총 5목 8과 28종의 담수어류가 관찰됨
- 멸종위기야생동·식물 II급인 한강납줄개가 발견되었음

- 한국고유종은 각시붕어, 돌마자, 왜매치, 한강납줄개, 참중개, 얼룩동사리 등 6종이 발견됨
- 생태계교란야생동물인 큰입배스의 서식이 확인됨



[그림 2-8] 예당저수지 유역 양서·파충류 현황



[그림 2-9] 예당저수지 유역 어류 현황

2) 수계 현황

- 예당저수지 유역의 하천은 금강권역의 삼교호 수계에 해당하며, 무한천, 신양천 등 28개의 지방하천이 있음
- 무한천은 청양군 화성면 산정리에서 발원하여 복류하는 하천으로 강촌천 등 13개의 지류하천과 합류하여 예당저수지로 유입되는 하천임
- 신양천은 청양군 운곡면 모곡리에서 발원하여 복류하며 4개의 지류하천과 합류하고 유하하여 6개의 지류하천과 합류된 화산천과 탄방천, 장전천 등의 지류하천과 합류하여 예당저수지로 유입됨

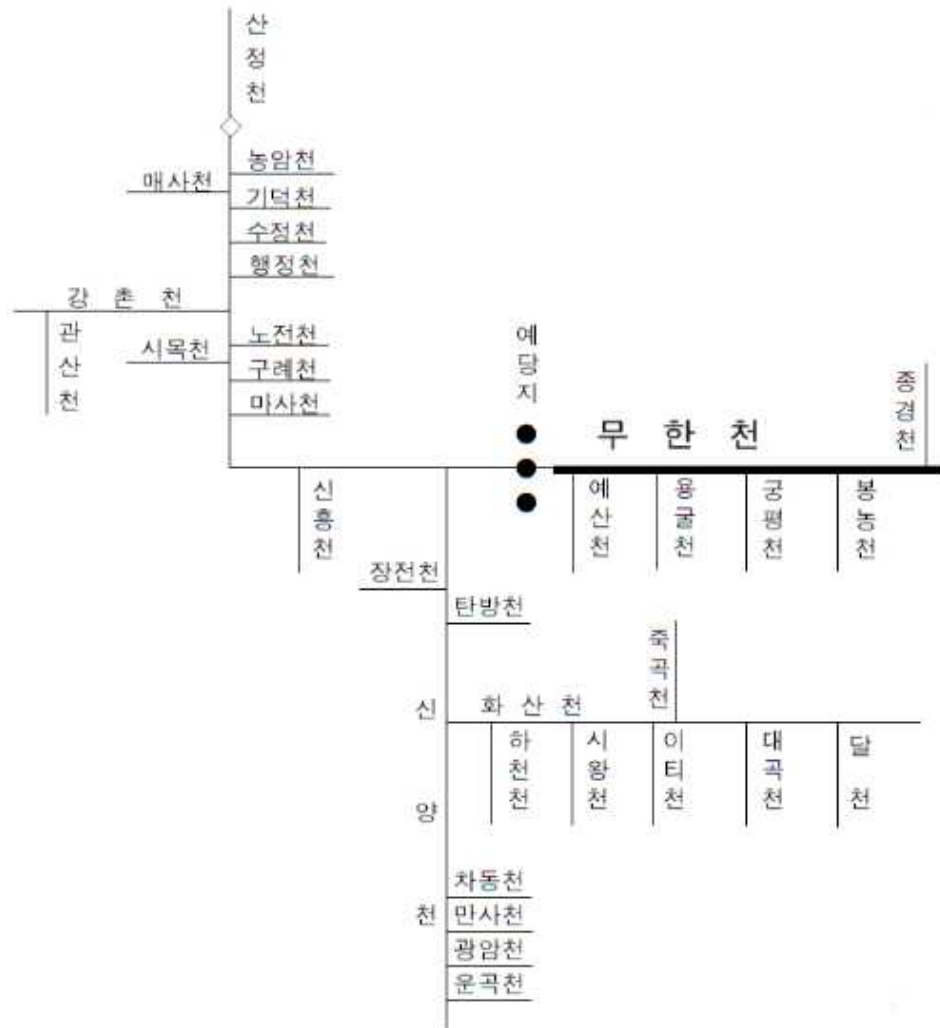


[그림 2-10] 예당저수지 수계도

<표 2-8> 예당저수지 유역 하천의 현황

하천명	하 천 구 간		유 연 로 장 (km)	유 역 면 적 (km ²)
	기점 위치	종점 위치		
무한천	청양 화성 산정 40-3	예산 대흥 무한천(국가) 기점	40.66	382.71
산정천	청양 화성 산정 상류 수로	청양 화성 무한천(지방) 기점	3.39	10.66
농암천	청양 화성 광암 하월부락 앞	청양 화성 무한천(지방) 합류점	2.54	2.32
매산천	청양 화성 매산 산동부락 앞	청양 화성 무한천(지방) 합류점	2.40	1.09
기덕천	청양 화성 화암 619	청양 화성 무한천(지방) 합류점	3.50	2.04
수정천	청양 화성 수정 635-3	청양 화성 무한천(지방) 합류점	3.60	3.82
행정천	홍성 장곡 행정 520-2 천태저수지	홍성 장곡 무한천(지방) 합류점	5.51	9.86
강촌천	청양 비봉 신원리 475	청양 비봉 무한천(지방) 합류점	8.44	18.95
관산천	청양 비봉 관산 136	청양 비봉 강촌천(지방) 합류점	2.92	4.72
노전천	예산 광시 노전703-1	예산 광시 무한천(지방) 합류점	3.45	6.57
시목천	예산 광시 대리 268	예산 광시 무한천(지방) 합류점	2.90	8.58
구례천	예산 광시 구례 71	예산 광시 무한천(지방) 합류점	3.44	4.90
마사천	예산 광시 마사134	예산 광시 무한천(지방) 합류점	3.90	4.51
신흥천	예산 광시 신흥 557	예산 광시 무한천(지방) 합류점	5.35	8.20
신양천	청양 운곡 모곡 지방도횡단점	예산 대흥 무한천(지방) 합류점	19.54	173.31
운곡천	청양 운곡 신대 292	청양 운곡 신양천(지방) 합류점	5.77	9.79
광암천	청양 운곡 추광 322-2	청양 운곡 신양천(지방) 합류점	4.63	11.24
만사천	예산 신양 여래미 607	예산 신양 신양천(지방) 합류점	4.50	9.64
차동천	예산 신양 차동 519	예산 신양 신양천(지방) 합류점	6.84	10.30
화산천	예산 대술 화산, 장북, 궐곡	예산 신양 신양천(지방) 합류점	14.29	84.61
달천	예산 대술 송석 294	예산 대술 화산천(지방) 합류점	5.60	10.96
대곡천	예산 대술 방산 34	예산 대술 화산천(지방) 합류점	4.80	2.78
죽곡천	예산 대술 시산 179	예산 대술 화산천(지방) 합류점	3.40	7.64
이티천	예산 대술 이티리 수로	예산 대술 화산천(지방) 합류점	7.48	14.86
시왕천	예산 신양 시왕 91	예산 신양 화산천(지방) 합류점	6.04	6.03

자료 : 국토교통부, 하천일람, 2012.



[그림 2-11] 예당저수지 유역 하천 모식도

3. 국내 · 외 사례조사

1) 국내 사례조사

(1) 감돈저수지

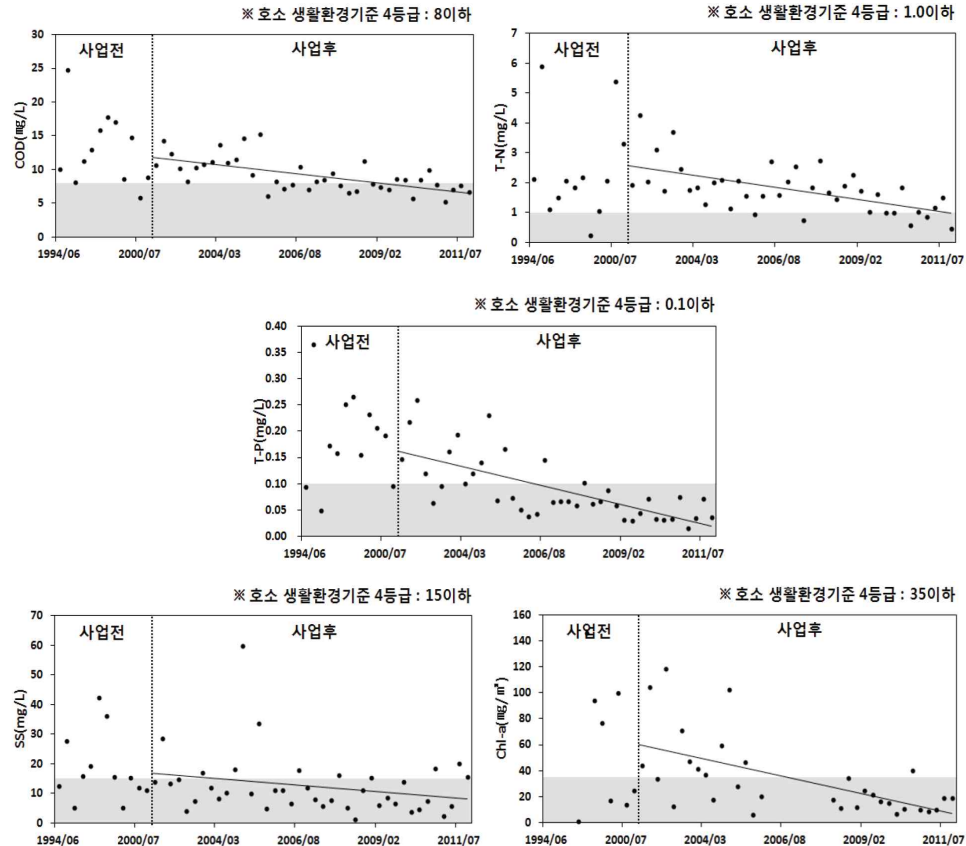
- 감돈저수지는 전남 무안군 몽탄면에 위치하고 있으며, 1998년 농업용수 수질개선 우선대상지구로 선정되어 2001년~2003년 시범사업을 실시함
- 사업기간 동안 자연형 하천정비 1개소, 수질정화습지 2개소, 오염물질 침강지 2개소, 폭기분수 1식, 반딧불이 수로 1개소를 설치하였음



자료 : 한국농어촌공사, 농업용수 수질개선사업 홍보물, 2012.

[그림 2-12] 감돈저수지 조감도

- 사업결과, 착공당시인 2001년 COD 농도 12.55mg/L에서 2011년 6.70mg/L로 크게 감소하여 농업용수 수질기준을 만족함



자료 : 경기개발연구원, 경기도 농업용수 수질현황 및 관리방안, 2012.

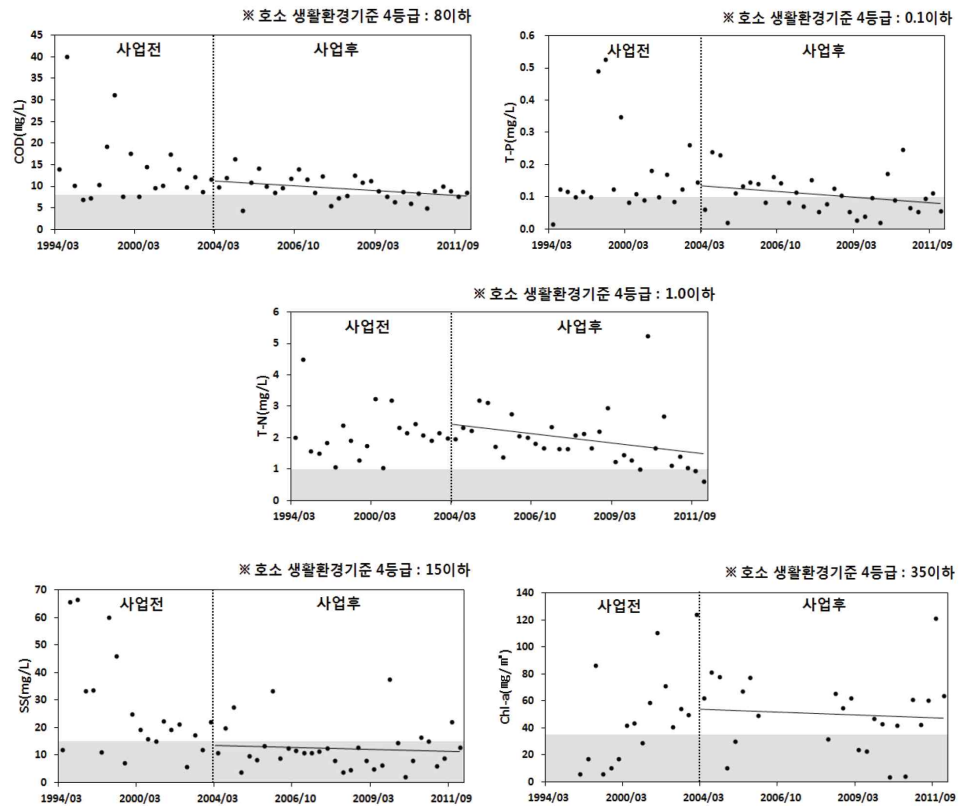
[그림 2-13] 감돈저수지 사업전·후 수질 변화

- 환경친화적 사업으로 농업용수 수질개선 효과 및 생태계복원을 입증하여 2006년 환경부 생태계 복원 우수지구로 선정
- 사업추진 과정에서 계획수립 시 주민의견 미수렴, 타 법률 및 상위 계획 검토 미비, 유지관리체계에 대한 고려 미비 등이 문제점으로 지적됨

(2) 마산저수지

- 마산저수지는 충남 아산시 방축동에 위치하고 있으며, 1997년~2004년 농업용수 수질 개선사업의 설계기준 정립을 위한 시범사업을 실시함
- 유역의 오염물질 증가에도 불구하고 COD, T-N, T-P, SS 등이 개선되는 것으로 나타났으며, T-P와 SS는 호소 생활환경기준 IV등급 내로 효과를 나타냄

- 저수지 수변대책으로는 반자형습지, 호안생물서식공간을 조성하고, 저수지내 대책으로는 오염물질침강지, 인공습지, 인공식물섬 등을 조성하였으며, 유입하천대책으로는 복합점축산 화수로와 끈상점축재 수로를 설치함



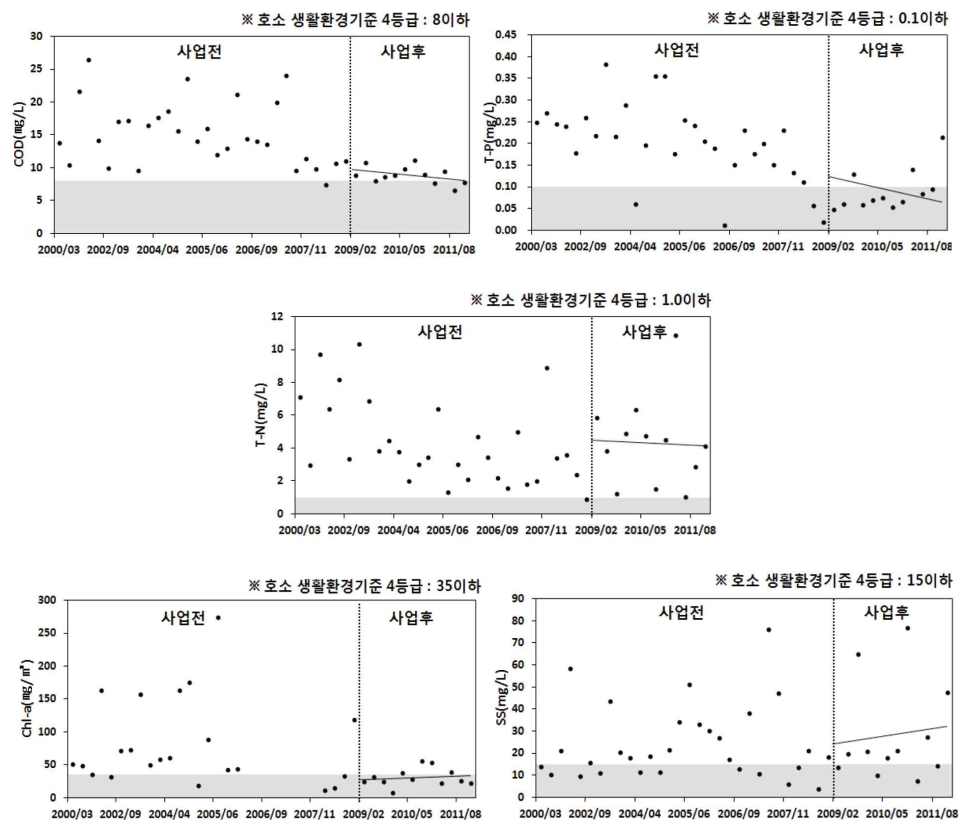
자료 : 경기개발연구원, 경기도 농업용수 수질현황 및 관리방안, 2012.

[그림 2-14] 마산저수지 사업전·후 수질 변화

(3) 왕송저수지

- 왕송저수지는 경기도 의왕시 월암동에 위치하고 있으며, 오염원의 지속적 증가로 인한 수질악화로 2009년 수질개선 기본계획을 수립함
- 이후, 유역 내 개발 및 여건변화에 따라 추가적인 대안 설정을 위하여 2011년에 수질 개선 및 관리대안 연구가 수행된 바 있음
- 저수지의 다양한 활용방안이 제안되면서 의왕시는 친수기능이 강화될 경우에 대비하여 농업용수 기준인 4등급에서 3등급까지 높여 관리하기 위한 추가 대안을 추진 중에 있음
- 왕송저수지 수질개선 기본계획의 기본대책으로는 유역내 하수처리율 증가를 위한 공공 하수처리시설 설치 또는 증설, 친환경하천정비, 하수처리수재이용, 저류지 또는 저류조 설치 등 비점오염 저감시설을 통한 초기유출수 제거 등이 있음

- 유역대책으로는 고농도, 고유량 초기유출수 제거를 위한 저류지 설치, 우회수로 설치 또는 재이용시설을 통한 왕송맑은물처리장 하수처리수 처리 등이 있음
- 호내대책으로는 평시 및 강우 유출수 처리를 위한 인공습지 2개소, 침강지 1개소 설치, 퇴적토 제거, 물순환을 위한 폭기분수, 물순환장치 설치 등이 있음
- 또한 인근 도로청소를 비점예보제와 연계 운영하거나 농어촌공사와 협의를 통한 저수지 수질관리 실명관리제 도입을 실시하고 있음



자료 : 경기개발연구원, 경기도 농업용수 수질현황 및 관리방안, 2012.

[그림 2-15] 왕송저수지 사업전·후 수질 변화

2) 국외 사례조사

(1) 일본 가스미가우라호 사례

■ 개요

- 일본에서 두 번째로 큰 호수로 도쿄에서 60km, 이바라키현의 남동부에 위치함
- 호수 면적은 220km², 유역 면적은 1,937km²임
- 도시화와 공업화 및 축산사육두수의 증가로 인해 1960년대 말 이후 급속하게 수질이 악화됨

■ 가스미가우라호의 수질보전계획

- 1986년 제1기 가스미가우라 수질보전계획 수립·시행 후 매 5년마다 수정·보완됨
- 제5기 수질보전계획에서는 2020년도의 가스미가우라호 수질을 1950년대 이전 수준인 COD 5mg/L, 총인 0.08mg/L, 투명도 1m 수준으로 개선시키겠다는 목표를 설정함



자료 : 아사자 프로젝트 홈페이지

[그림 2-16] 호소 수질정화대책 실행 위치도

<표 2-9> 가스미가우라호의 수질보전계획(2005-2010)

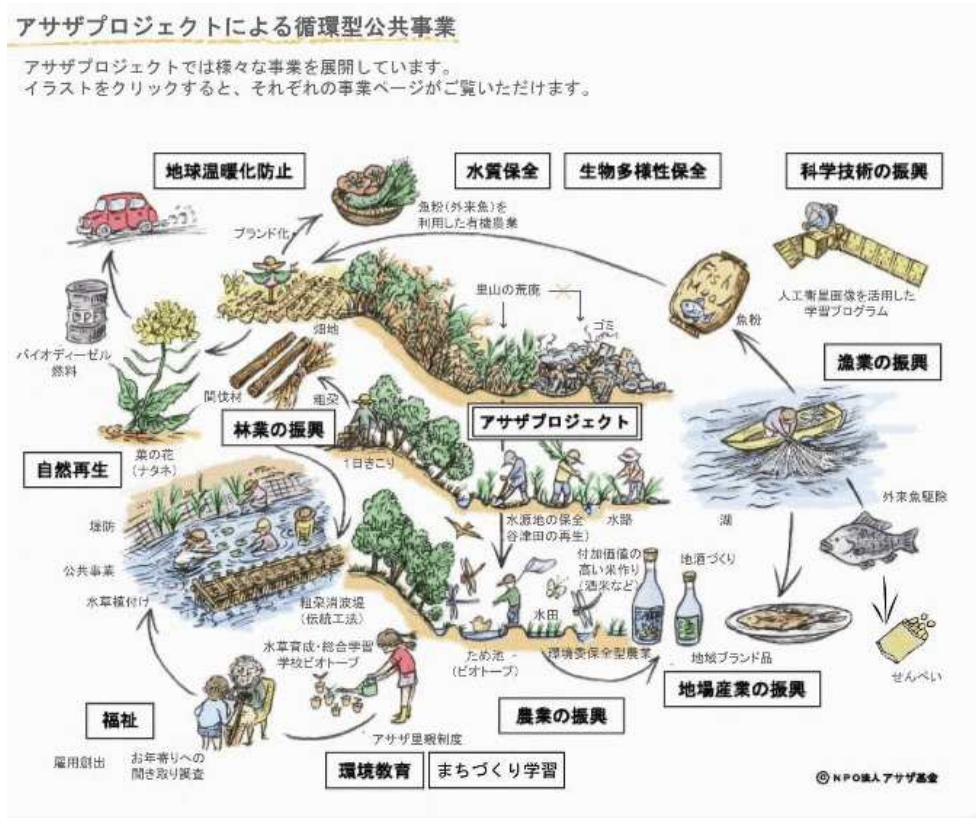
대책의 내용	계획량(2005년 대비 2020년)
■ 생활하수 대책	
•하수도 정비	▶ 보급률 53.5% → 58.5%
•농업 집약 배수시설 정비	▶ 정비지구 54지구 → 63지구
•고도처리향 정화조 정비	▶ 정비개수 905개 → 5,800개
•정화조 법정 검사률 향상	▶ 검사률 12.7% → 50%
■ 공장·사업장 대책	
•배출기준 강화	▶ 배출수 수질기준이 적용되는 배출량 기준 강화 - 소규모 사업장(1일배출량 20m ³ 미만)의 배수 규제 강화
■ 축산대책	
•가축분뇨 퇴비화시설 정비	▶ 518개소 → 612개소
•부하경감 시설의 정비	▶ 109개소 → 129개소
•특수비료 생산판매업자	▶ 303건 → 500건
■ 농지 및 시가지 대책	
•에코파머(친환경농장) 인정	▶ 3,628명 → 5,000명
•화학비료 투입량 감축(질소)	▶ 4,720t/년 → 4,000t/년
•퇴비전식기 도입	▶ 3,720개 → 4,520개
•유출수대책지구 중점대책	▶ 산오가와(山王川)유역(석강시, 전천)
■ 기타	▶ 수산물소비확대, 외래어 회수 및 유용 활용 ▶ 산림의 보전, 다자연형하천가꾸기, 수생식물대 등의 조성을 통한 자연정화기능 회복 ▶ 하천직접정화시설 정비, 저니용출대책, 정화용수 도입 등 유입하천대책, 호내대책 추진 ▶ 가스미가우라 환경과학센터를 거점으로 하는 조사 연구 추진 ▶ 주민, 사업자, 단체, 행정기관이 참여하는 거버넌스 구축

자료: 장정렬, 2011.

■ 아사자 프로젝트

- 1995년 주민, 학교, NPO 중심의 수질보전 활동인 아사자 프로젝트를 시작함
- 호안 식생대의 복원, 수원의 산림이나 논·밭의 보전, 외래종 구제, 방축되어 있는 논을 이
용한 수질정화, 대학이나 기업의 첨단 연구, 지역진흥, 환경교육 등을 유역 전체에서
통합적으로 전개함
- 행정에서 부서별로 흩어져 있던 호수, 하천, 논, 산림 등의 사업들을 NPO가 연결하고
조율함으로써 사업의 효율성을 증진시킴

- 2001년에는 행정과 협동으로 유역의 쓸모없는 나무를 이용해 쏠나무(가지) 방과제를 설치하는 등 가스미가우라와 유역 전역을 대상으로 한 사업으로 발전하고 있음
- 수원림의 보전(30개소, 약 34ha)과 임업의 활성화, 새로운 고용의 창출(최대 연간 총계 5천명/년) 등의 효과가 발생함. 목재(쏘나무)를 사용한 소파시설은 어초가 되어 수산자원의 보호·육성에 기여함(이는 일본의 전통 기술을 기본으로 함)
- 프로젝트 전체가 주민이나 NGO 또는 NPO, 행정, 학교, 농림 수산업, 기업, 연구 기관 등의 광역 네트워크에 의해 수행되며 100년 후에는 멸종의 위기에 빠져있는 따오기까지 살 수 있는 환경과 순환형 사회의 실현을 목표로 하고있음



[그림 2-17] 아사자 프로젝트의 순환형 사회 개념도

<표 2-10> 아사자 프로젝트 주요 활동

분야	세부 프로젝트
호수의 자연 재생 사업	<ul style="list-style-type: none"> - 수변지역의 자연 재생 - 사람과 호수를 연결(아사자의 양부모 제도) - 호수와 숲을 연결 - 바다와 호수를 연결 - 생물 다양성 보전 - 컴백 장어 프로젝트
수원지의 자연 재생 사업	<ul style="list-style-type: none"> - 상류 논습지 재생·보전 - 삼림 보전
유역에서의 실천	<ul style="list-style-type: none"> - 학교 비오톱 네트워크 - 환경 교육(어린이와 어른 협동의 마을 만들기) - 순환형 사회 형성(바이오매스 타운 구상) - 잠자리 공원 - 세대 간 교류(청취 조사) - 전통 기술의 진흥
기타 활동	<ul style="list-style-type: none"> - 생물의 길 세계 프로젝트 - 정책 제언

(2) 일본 비와호 사례

■ 개요

- 비와호는 일본 시가현 중앙부에 있는 일본 최고의 호수로 면적은 673.9km², 길이는 63.5km, 최대너비는 221km, 최대수심은 103m임
- 호수 물은 인근평야의 용수로 이용되고 있으며, 상수도, 발전 및 공업용수로도 이용되고 있으며 호수 및 인근에 아름다운 자연경관과 사적, 명승, 문화재 등 관광자원이 풍부하여 일본에서 가장 먼저 국립공원으로 지정되었음
- 비와호의 수원은 하류지역의 오사카, 교토, 고베, 효고현 등의 중요한 상수원으로 사용되어 왔는데 비와호 유역의 인구의 증가 및 도시화로 인해 물 수요가 더욱 증가하고 있으나 수질오염 등으로 인해 비와호의 보존이 심각한 문제로 대두됨
- 일본정부는 호수의 수질보전과 지역개발의 양 측면을 고려하기 위하여 비와호 종합개발 특별조치법을 제정하고 비와호 종합개발계획을 수립함
- 계획기간은 1971년부터 1991년까지로 비와호 및 그 주변지역의 보존 및 개발의 기본 방향을 제시하고, 환경기준을 강화하였으며 비와호의 부영양화 방지를 위해 조례를 제정하여 질소, 인의 배출을 엄격히 규제함

■ 비와호 관리기금

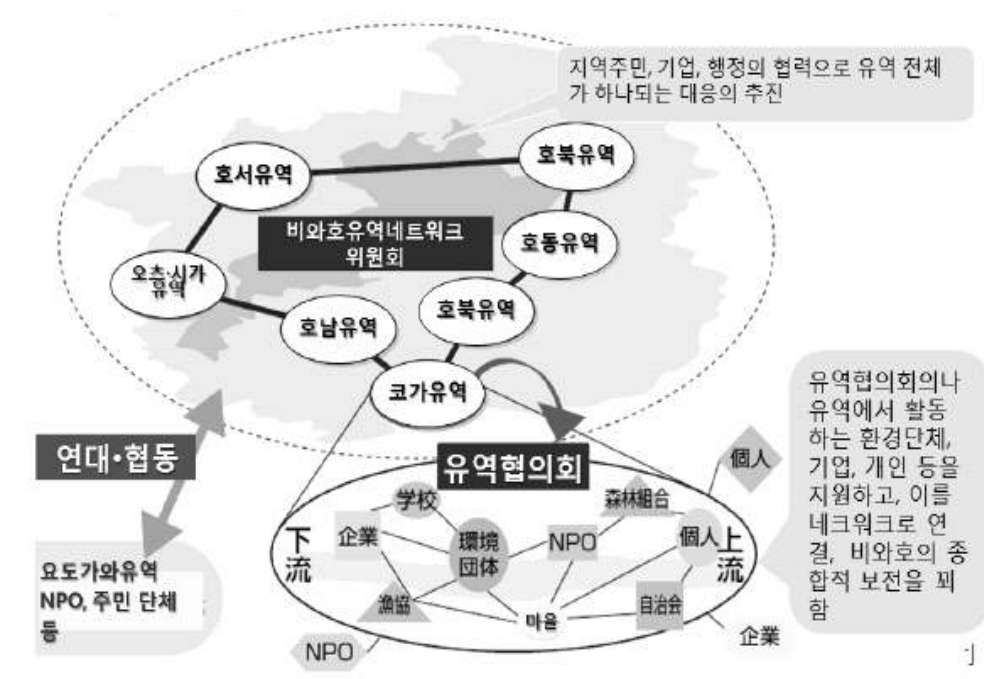
- 비와호 종합개발계획의 재원은 상류지역 지자체의 상류부담금, 국가보조금 그리고 하류지역 지자체의 하류부담금 등으로 충당함
- 비와호 종합개발법에 의해 제도화된 하류부담금은 수자원보존시 피해지역인 상류지역과 수혜지역인 하류지역간의 재정부담에 형평을 기하기 위한 것임
- 조성된 기금은 「비와호 관리기금」을 설치하여 운영됨

<표 2-11> 비와호 관리기금 사업

<ul style="list-style-type: none"> •하수도 정비사업 •분뇨처리시설 정비사업 •상수도 정비사업 •농업용 용배수시설 정비사업 •조립사업 •도시공원 또는 자연공원의 보호 및 이용을 위한 시설정비사업 	<ul style="list-style-type: none"> •수자원의 보호배양 및 개발을 위한 사업 •수산물 유통가공시설 정비사업 •어항정비사업, 축산환경정비사업 •농업집락 배수처리시설 정비사업 •쓰레기처리시설 정비사업 •호안 및 호저의 청소사업 •유지관리비
---	---

■ 비와호 유역관리

- 비와호 보전은 유역 개념으로 접근하고 있음
- 비와호를 중심으로 인근 지역들의 비와호유역네트워크 위원회를 구성하고, 본 위원회는 비와호 상류지역과 하류지역의 임업조합, 개인, 자치회, 마을, NPO 간의 유역협의회와 연대함
- 소규모 농촌 공동체를 위해 소규모 폐수처리 시스템을 지원하고 처리된 물의 재사용, 슬러지를 농지로 돌려보내기, 자연의 자정능력 활용 등 지역사회가 가지고 있는 다양한 환경보전 기능을 유지하고 지원함
- 비와호 인근 농업을 친환경농업으로 전환 확대하고, 비와호 수원함량을 위해 유역삼림 조성위원회를 설치하고 삼림조성을 위해 현민세를 신설하였으며, 비와호 인근에 박물관을 설립하여 지역주민의 참여 폭을 더 확대하는 등의 노력을 실시함



[그림 2-18] 비와호 유역단위 대응체계

제3장 유역현황 진단 및 평가

1. 하천 수질 및 유량 조사

1) 수질측정망

(1) 수질측정망 운영 현황

가. 환경부 수질측정망

- 수질 상태의 지속적인 파악이 필요한 전국 하천을 대상으로 수질현황을 종합적으로 파악하여 수질추세를 정기적으로 파악하고, 분석결과를 토대로 수질을 보전하고 수질개선정책 수립을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 환경부 수질측정망 운영 계획에 따라 매년 수질측정망을 운영하고 있음

<표 3-1> 하천 수질측정망 조사항목, 횟수, 주기

구분	조 사 항 목	일반 지점	총량 지점	중권역 대표	주요 지점	보 지점	예보 지원
하 천 수	폐놀류, 분원성대장균수, 총대장균수	12회/년 (매월)	36회 이상/년 (평균8일)	12회/년 (매월)	48회/년 (매월4회)		36회 이상/년 (평균8일)
	TOC						
	pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소 총인, 수온, 전기전도도						
	NH ₃ -N, NO ₃ -N, DTN, DTP, PO ₄ -P, 클로로필a						
	유량		36회 이상/년 (평균8일)				
	Cd, CN, Pb, Cr ⁺⁶ , As, Hg, ABS	4회/년 (3,6,9,12월)		4회/년 (3,6,9,12월)	12회/년 (매월)		
	TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름			2회/년 (3,9월)			
	PCB, 유기인			1회/년(7월)			
	디에틸헥실프로탈레이트 (DEHP)			1회/년 (10월)			
	안티온			1회/년 (9월)			

자료 : 환경부, 수질측정망 운영계획, 2012.

나. 충청남도 수질측정망

- 충청남도는 하천 유역환경 진단을 위해 충청남도 전지역(금강수계, 삽교호수계, 서해 및 안성천수계)에 위치한 주요 지류하천 113개를 대상으로 하천 수질 및 유량 모니터링을 수행하고 있음
- 수질 및 유량모니터링 대상하천 및 측정지점 선정기준은 다음과 같음
 - 대상지역의 유역환경을 대표할 수 있는 하천으로 저수기에 하천 유량이 0.1m³/sec 이상인 하천
 - 본류에 유입되는 지류하천의 말단지점
 - 2개 이상의 자치단체를 경유하는 하천은 시·군 경계지점
 - 해당유역의 오염물질 거동분석이 필요한 하천
- 오염물질의 거동분석, 유량·수질의 상관성 분석 등을 위하여 수질분석과 유량측정 지점은 동일지점에서 동일시간대에 측정하는 것을 원칙으로 하였으며, 유량은 충청남도 물환경연구센터에서 측정하였고, 수질분석은 충남보건환경연구원 및 수질측정대행업체에서 분석하였음

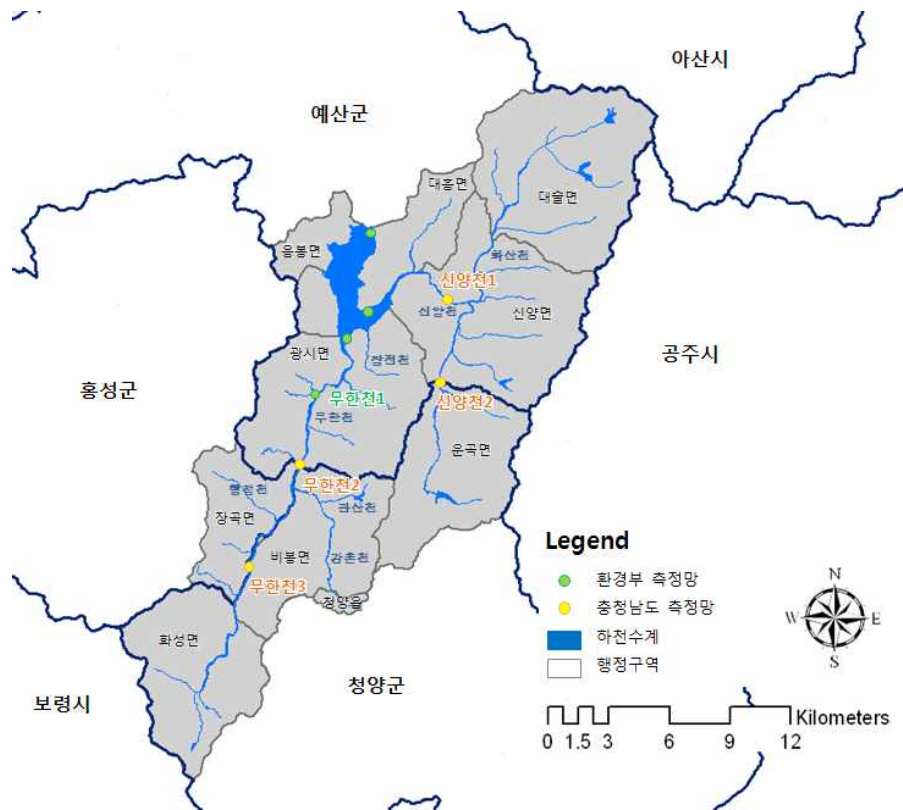
(2) 수질측정망 측정자료 조사

- 예당저수지 유역에서는 하천 5개 지점(환경부 1지점, 충청남도 4지점), 호소 3개 지점(환경부 3지점)의 수질측정망이 운영 중임

<표 3-2> 예당저수지 유역 수질측정망 운영현황

구 분	명칭	채수 지점	비 고
환경부	무한천1	충남 예산군 광시면 신대리(신대교)	금강유역환경청
충청남도	무한천2	홍성군 장곡면 행정리(노전천 합류전)	충청남도
	무한천3	홍성군 장곡면 옥계리(수정천 합류후)	
	신양천1	예산군 신양면 서계양리(예당저수지 합류전)	
	신양천2	예산군, 청양군 경계(광암천 합류후)	

자료 : 환경부, 수질측정망 운영계획, 2012. 충청남도, 물 통합관리 정보시스템, 2013.



[그림 3-1] 에당저수지 유역 하천 수질측정망 운영현황

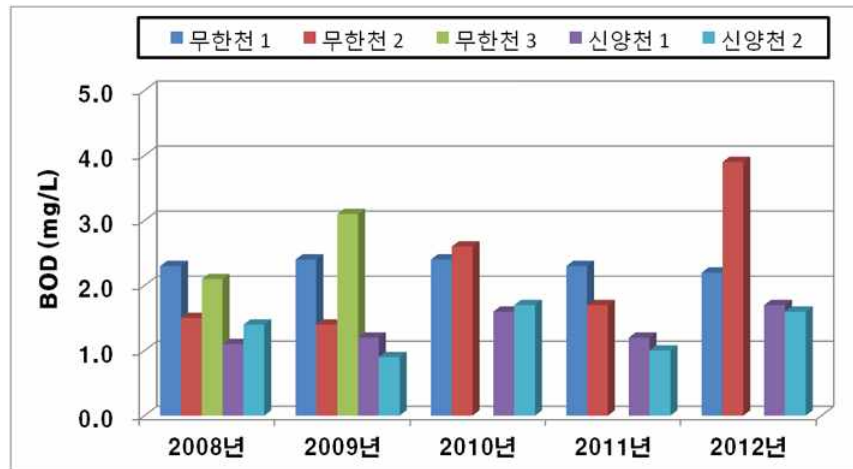
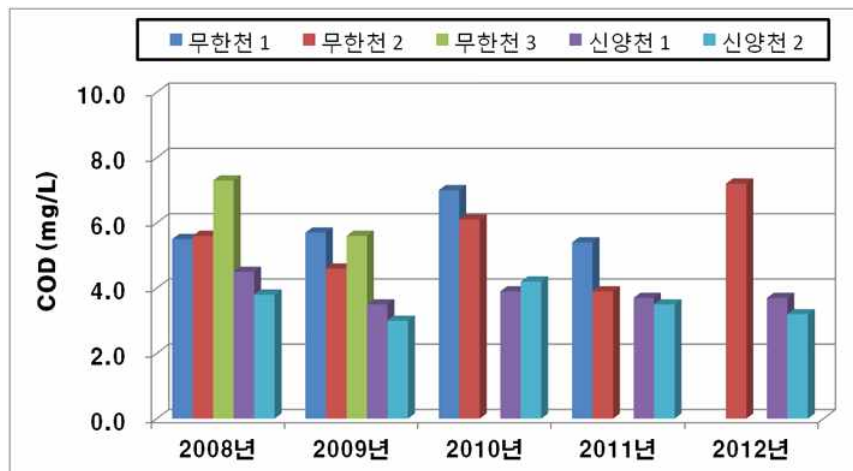
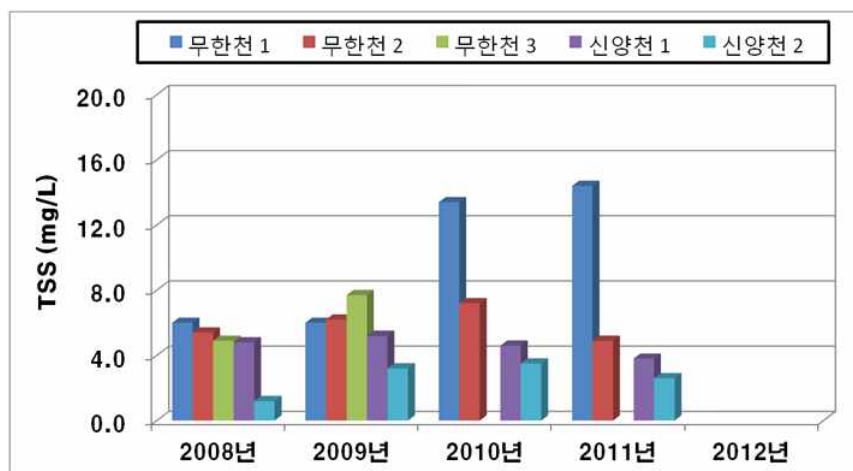
(3) 수질분석 결과 및 평가

- 에당저수지 유역의 하천 수질변화를 분석하기 위하여 환경부 및 충청남도 수질측정망 자료를 이용하여 과거부터 현재까지의 DO, BOD₅, COD_{Mn}, TSS, T-N, T-P 항목에 대한 농도 변화 추이를 나타냄
 - 환경부 자료기간 : 2008년 1월~2012년 12월
- 무한천의 경우 상류인 무한천2 보다 하류인 무한천1의 수질농도가 다소 높은 것으로 나타나 5년 평균 농도가 BOD₅ 2.3mg/L, COD_{Mn} 5.9mg/L, T-N 2.357mg/L, T-P 0.073mg/L 인 것으로 조사되어 BOD₅ 기준 II등급의 수질을 보임
- 신양천의 경우도 상류인 신양천2 보다 화산천 합류 후 하류인 신양천1의 수질농도가 다소 높은 것으로 나타나 5년 평균 농도가 BOD₅ 1.4mg/L, COD_{Mn} 3.9mg/L, T-N 2.225mg/L, T-P 0.049mg/L 인 것으로 조사되어 BOD₅ 기준 Ib등급의 수질을 나타냄

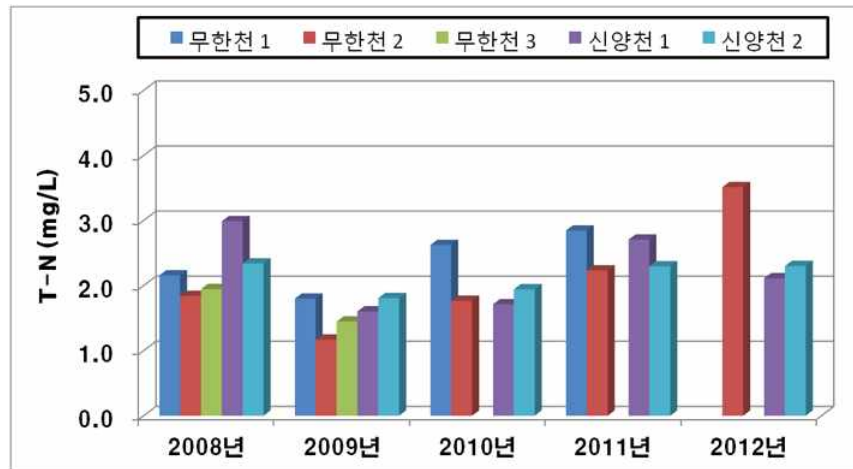
<표 3-3> 하천수 수질측정망 운영자료(연평균)

구분		BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
무한천1	2008	2.3	5.5	6.0	2.156	0.055
	2009	2.4	5.7	6.0	1.800	0.055
	2010	2.4	7.0	13.4	2.624	0.101
	2011	2.3	5.4	14.4	2.846	0.088
	2012	2.2	—	—	—	0.066
	평 균	2.3	5.9	10.0	2.357	0.073
무한천2	2008	1.5	5.6	5.4	1.841	0.060
	2009	1.4	4.6	6.2	1.169	0.054
	2010	2.6	6.1	7.2	1.765	0.059
	2011	1.7	3.9	4.9	2.233	0.059
	2012	3.9	7.2	—	3.512	0.111
	평 균	2.2	5.5	5.9	2.104	0.069
무한천3	2008	2.1	7.3	4.9	1.947	0.166
	2009	3.1	5.6	7.7	1.446	0.128
	평 균	2.6	6.5	6.3	1.697	0.147
신양천1	2008	1.1	4.5	4.8	2.990	0.053
	2009	1.2	3.5	5.2	1.603	0.047
	2010	1.6	3.9	4.6	1.712	0.053
	2011	1.2	3.7	3.8	2.706	0.062
	2012	1.7	3.7	—	2.112	0.031
	평 균	1.4	3.9	4.6	2.225	0.049
신양천2	2008	1.4	3.8	1.2	2.339	0.063
	2009	0.9	3.0	3.2	1.808	0.054
	2010	1.7	4.2	3.5	1.943	0.077
	2011	1.0	3.5	2.6	2.296	0.065
	2012	1.6	3.2	—	2.300	0.043
	평 균	1.3	3.5	2.6	2.137	0.060

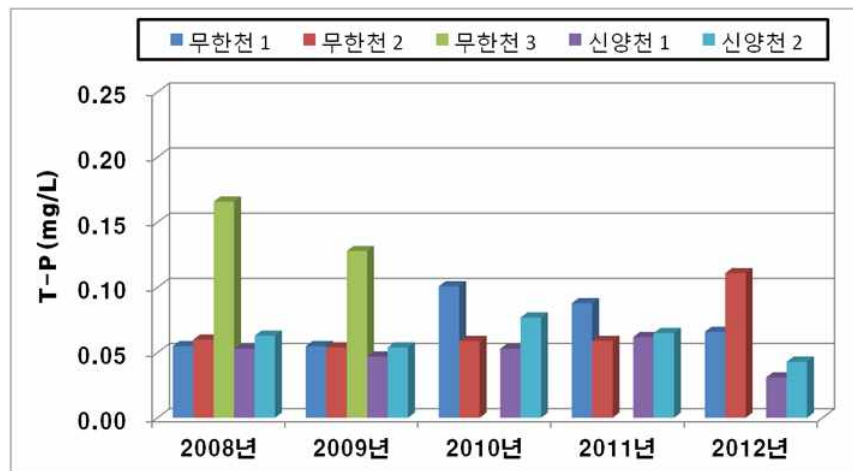
자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2013. 충청남도, 물 통합관리 정보시스템, 2013.

[그림 3-2] 하천 측정망 연평균(BOD₅)[그림 3-3] 하천 측정망 연평균(COD_{Mn})

[그림 3-4] 하천 측정망 연평균(TSS)



[그림 3-5] 하천 측정망 연평균(T-N)



[그림 3-6] 하천 측정망 연평균(T-P)

- 과거 5년간 월별 평균 측정자료의 경우 대부분의 항목에서 여름철의 농도가 다른 계절에 비하여 높은 것으로 나타남
- 이는 강우시 유출되는 비점오염물질의 영향 때문인 것으로 판단됨. 따라서 예당저수지 유역의 효과적인 수질관리를 위해서는 해당 하천유역의 비점오염원 처리 대책이 필요할 것으로 사료됨

<표 3-4> 하천수 수질측정망 운영자료(월평균)

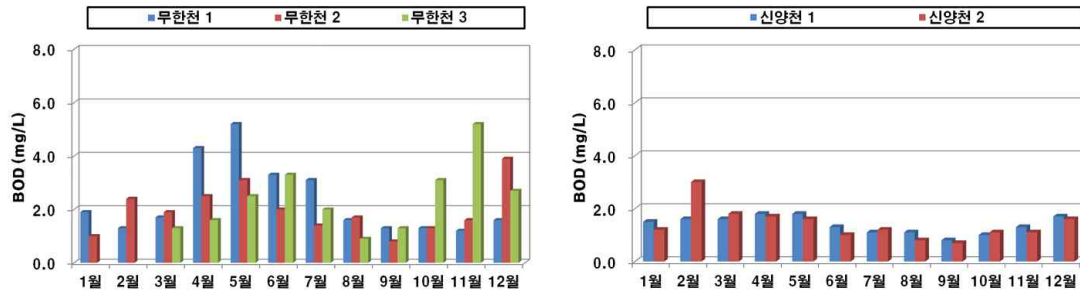
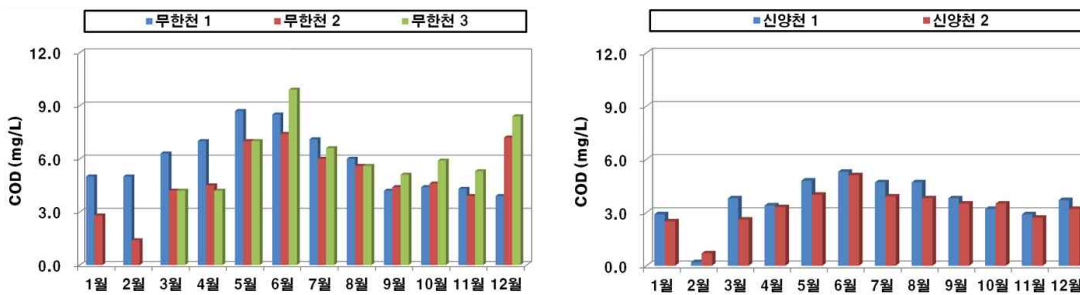
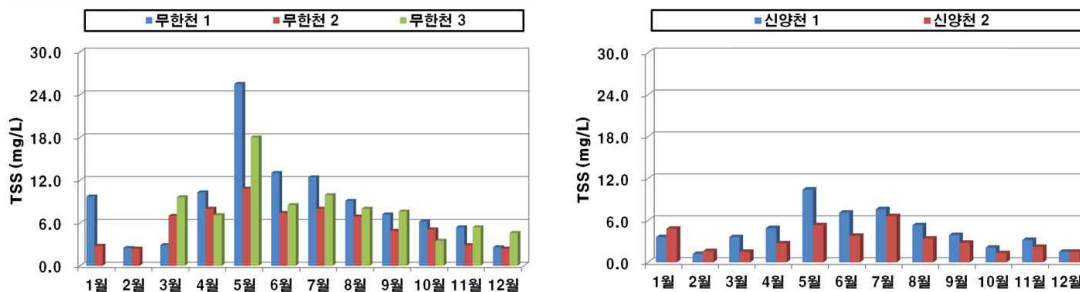
구분		DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
무한천1	1월	11.0	1.9	5.0	9.7	3.251	0.082
	2월	13.3	1.3	5.0	2.5	3.130	0.038
	3월	11.9	1.7	6.3	2.9	2.930	0.046
	4월	9.6	4.3	7.0	10.3	1.983	0.067
	5월	9.7	5.2	8.7	25.5	2.504	0.108
	6월	9.9	3.3	8.5	13.0	2.087	0.092
	7월	10.3	3.1	7.1	12.4	2.618	0.098
	8월	10.0	1.6	6.0	9.1	2.066	0.090
	9월	8.7	1.3	4.2	7.2	2.230	0.086
	10월	9.9	1.3	4.4	6.2	2.147	0.063
	11월	10.7	1.2	4.3	5.4	2.078	0.053
	12월	11.8	1.6	3.9	2.6	2.838	0.043
무한천2	1월	14.2	1.0	2.8	2.8	1.782	0.044
	2월	15.4	2.4	1.4	2.4	2.263	0.056
	3월	13.8	1.9	4.2	7.0	1.869	0.049
	4월	12.5	2.5	4.5	8.0	1.414	0.051
	5월	9.2	3.1	7.0	10.8	1.857	0.073
	6월	7.8	2.0	7.4	7.4	1.967	0.089
	7월	7.8	1.4	6.0	8.0	1.794	0.078
	8월	9.0	1.7	5.6	6.9	1.317	0.070
	9월	8.0	0.8	4.4	4.9	1.343	0.045
	10월	11.0	1.3	4.6	5.1	1.486	0.041
	11월	12.8	1.6	3.9	2.9	1.841	0.041
	12월	13.4	3.9	7.2	2.4	3.512	0.111
무한천3	1월	—	—	—	—	—	—
	2월	—	—	—	—	—	—
	3월	—	1.3	4.2	9.6	1.196	0.132
	4월	—	1.6	4.2	7.1	0.779	0.093
	5월	—	2.5	7.0	18.0	2.199	0.134
	6월	—	3.3	9.9	8.5	1.893	0.184
	7월	—	2.0	6.6	9.9	1.576	0.114
	8월	—	0.9	5.6	8.0	0.974	0.121
	9월	—	1.3	5.1	7.6	1.182	0.079
	10월	—	3.1	5.9	3.5	1.658	0.103
	11월	—	5.2	5.3	5.4	1.774	0.205
	12월	—	2.7	8.4	4.6	2.159	0.186

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2013. 충청남도, 물 통합관리 정보시스템, 2013.

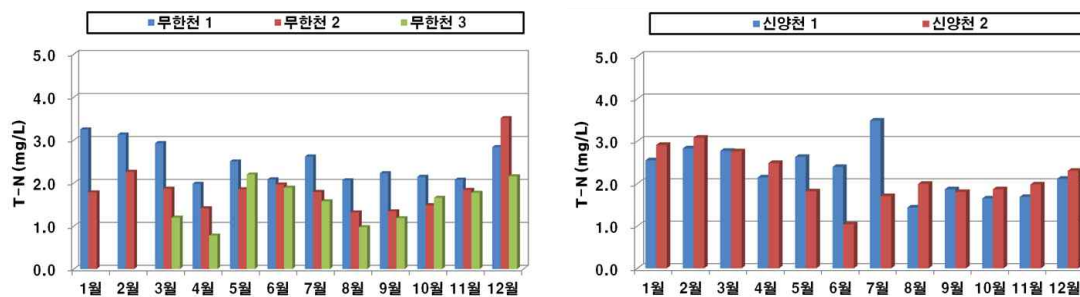
<표 3-5> 하천수 수질측정망 운영자료(월평균)-계속

구분		DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
신양천1	1월	14.4	1.5	2.9	3.6	2.548	0.058
	2월	13.4	1.6	0.2	1.2	2.829	0.039
	3월	13.1	1.6	3.8	3.6	2.771	0.035
	4월	11.9	1.8	3.4	4.9	2.144	0.036
	5월	10.5	1.8	4.8	10.4	2.627	0.062
	6월	7.6	1.3	5.3	7.1	2.392	0.086
	7월	7.7	1.1	4.7	7.6	3.484	0.077
	8월	8.4	1.1	4.7	5.3	1.435	0.068
	9월	8.8	0.8	3.8	3.9	1.865	0.047
	10월	11.8	1.0	3.2	2.1	1.649	0.037
	11월	11.8	1.3	2.9	3.2	1.683	0.027
	12월	12.6	1.7	3.7	1.5	2.112	0.031
신양천2	1월	14.3	1.2	2.5	4.8	2.910	0.070
	2월	15.0	3.0	0.7	1.6	3.082	0.047
	3월	12.3	1.8	2.6	1.5	2.760	0.044
	4월	13.5	1.7	3.3	2.7	2.483	0.033
	5월	9.9	1.6	4.0	5.3	1.816	0.051
	6월	8.7	1.0	5.1	3.8	1.038	0.045
	7월	7.8	1.2	3.9	6.6	1.703	0.076
	8월	9.2	0.8	3.8	3.4	1.992	0.121
	9월	9.0	0.7	3.5	2.8	1.800	0.079
	10월	11.8	1.1	3.5	1.3	1.866	0.050
	11월	12.5	1.1	2.7	2.2	1.978	0.035
	12월	12.7	1.6	3.2	1.5	2.300	0.043

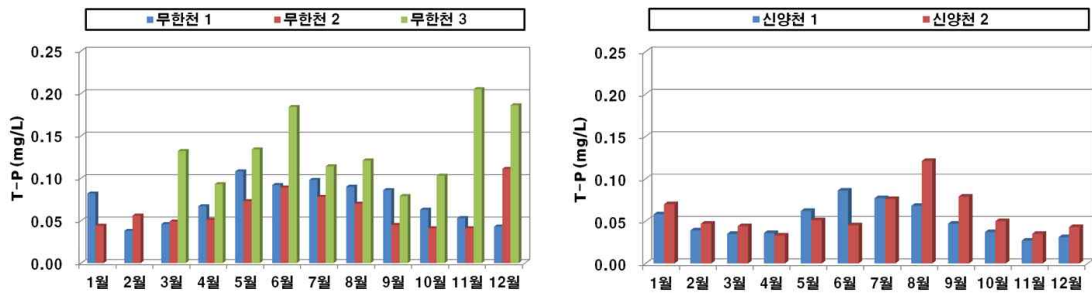
자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2013. 충청남도, 물 통합관리 정보시스템, 2013.

[그림 3-7] 하천 측정망 월평균-BOD₅[그림 3-8] 하천 측정망 월평균-COD_{Mn}

[그림 3-9] 하천 측정망 월평균-TSS



[그림 3-10] 하천 측정망 월평균-T-N



[그림 3-11] 하천 측정망 월평균-T-P

2) 수질 및 유량 모니터링

(1) 조사 기간 및 측정지점

- 예당저수지 유역 내 주요 하천의 수질 및 유량을 조사하기 위하여 신양천, 화산천, 무한천, 예산천, 행정천, 강촌천, 탄방천의 총 8개 지점에 대하여 2012년 7월~2013년 3월까지 비강우시 수질 및 유량조사를 실시함
- 강우시에는 무한천과 신양천 말단의 2개 지점에 대하여 총 2회에 걸쳐 연속 측정을 실시하였음
- 측정항목은 수온, DO, pH, 암모니아성질소, 질산성질소, COD_{Mn}, BOD₅, TSS, T-N, T-P, 클로로필-a, 유량 등 총 12항목에 대하여 조사를 실시하였음

<표 3-6> 조사 일시 및 기상현황

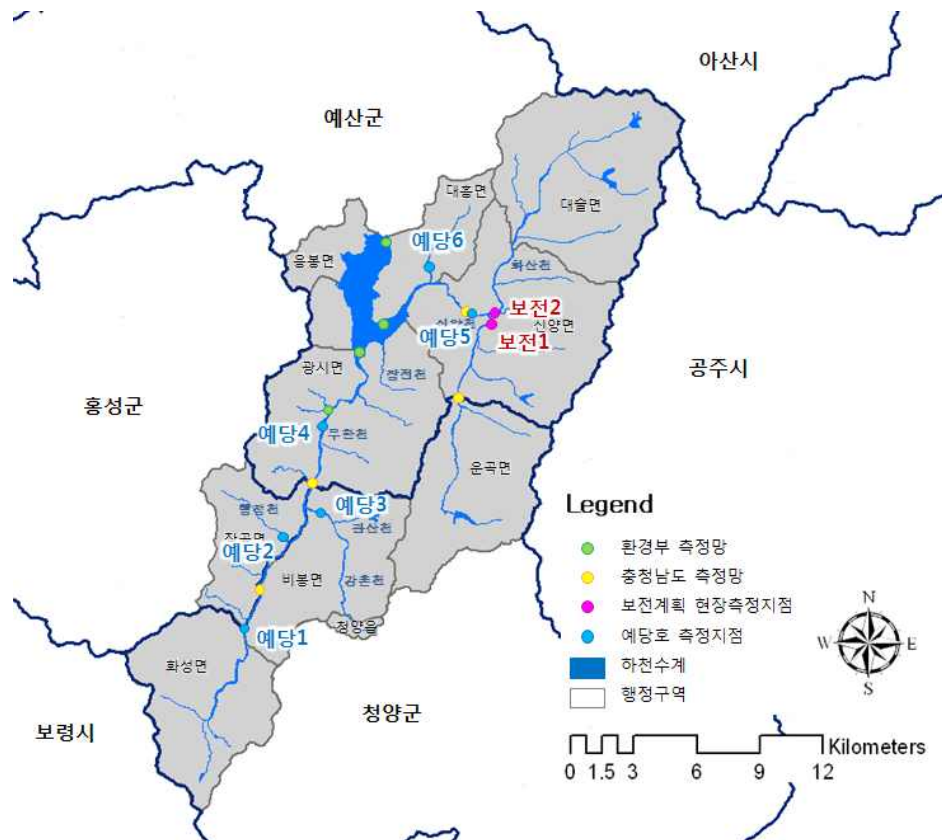
구분	일자	평균기온 (°C)	상대습도 (%)	평균풍속 (m/s)	운량 (할)	강수량 (mm)
비강우시	2012년 06월 29일	25.2	69.8	2.1	8.9	1.5
	2012년 10월 30일	8.2	69.5	2.6	2.8	0.2
	2012년 12월 11일	-6.8	70.5	1.2	2.8	-
	2013년 03월 26일	3.8	51.1	1.5	4.0	-
강우시	2012년 06월 29일 ~07월 01일	23.1	87.5	2.2	10.0	52.5
	2012년 09월 07일 ~09월 08일	21.6	78.1	3.5	8.4	29.0

자료 : 천안 기상대 관측자료(www.kma.go.kr)

- 수질 및 유량 모니터링 지점의 조사 위치 및 세부현황은 아래와 같음


<표 3-7> 수질 및 유량 모니터링 조사지점

구분	하천명	조사지점	
		행정구역	위치
보전1	신양천	충남 예산군 신양면 녹문리	신양교 부근
보전2	화산천	충남 예산군 신양면 신양리	신양천 합류전
예당1	무한천	충남 청양군 화성면 용당리	용담교
예당2	행정천	충남 홍성군 장곡면 천태리	천태교 부근
예당3	강촌천	충남 청양군 비봉면 강정리	무한천 합류전
예당4	무한천	충남 예산군 광시면 용두리	은사교
예당5	신양천	충남 예산군 신양면 녹문리	서계양교
예당6	탄방천	충남 예산군 대흥면 탄방리	탄방교 부근




[그림 3-12] 하천수질 측정지점 위치도

<표 3-8> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황

유역구분	신양천 유역	
지점명	보전1(신양교 부근)	
조사지점	예산군 신양면 녹문리	
조사지점 사진		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 신양교 하류 약 160m 지점 - 화산천 합류점 약 90m 지점 	



<표 3-9> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	화산천 유역	
지점명	보전2(신양천 합류점)	
조사지점	예산군 신양면 신양리	
조사지점 사진		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 신양천 합류점 약 90m 지점 - 상류에 보가 위치하고 있음 - 서양계리에서 유입되는 소규모 수로 합류 후 지점 	


<표 3-10> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	무한천 유역	
지점명	예당1(용당교)	
조사지점	청양군 화성면 용당리	
조사지점 사진	 	
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 청양군과 홍성군 경계지점(무한천 상류) - 자연형 하천 형태를 가지고 있음 - 하류 보의 영향으로 거의 정체됨 	


<표 3-11> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	행정천 유역	
지점명	예당2(천태교 부근)	
조사지점	홍성군 장곡면 천태리	
조사지점 사진	 	
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 행정천 하류(무한천 합류 약 100m 전) - 홍성군 주요 유입하천 - 상류 행정저수지의 영향으로 본류 유량 거의 없음 - 농업용수 사용 후 농수로를 통하여 유량이 유입됨 	



<표 3-12> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	강촌천 유역	
지점명	예당3(무한천 합류전)	
조사기점	청양군 비봉면 녹평리	
조사지점 사진		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 강촌천 하류(무한천 합류 약 100m 전) - 청양군 주요 유입하천 - 연속된 보로 인하여 정체 발생 	

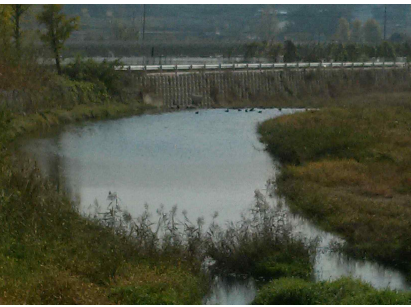
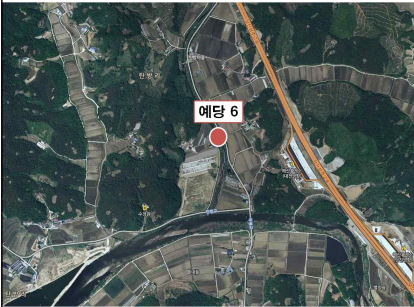
<표 3-13> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	무한천 유역	
지점명	예당4(은사교)	
조사기점	예산군 광시면 용두리	
조사지점 사진		
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 무한천 하류(예당저수지 수위변화에 따른 영향을 적게 받는 지점) - 농번기 상하류 보의 영향으로 정체 발생 - 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량 측정 어려움 	

<표 3-14> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	신양천 유역	
지점명	예당5(서계양교)	
조사지점	예산군 신양면 녹문리	
조사지점 사진	 	
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 화산천과 신양천 합류 후 약 470m 하류 지점 - 하폭이 넓고 수심이 깊어 유량 측정 어려움 - 교량 확장 공사 중 	

<표 3-15> 하천 유량 및 수질 측정지점 세부현황-계속

유역구분	탄방천 유역	
지점명	예당6(탄방교 부근)	
조사지점	예산군 대흥면 탄방리	
조사지점 사진	 	
조사지점 현황	<ul style="list-style-type: none"> - 신양천 합류 전 약 440m 상류 지점 - 상하류 보로 인하여 정체 발생 - 하류에 위치한 보 하류는 예당저수지 수위 상승시 영향 받음 	

(2) 유량측정 및 수질분석 방법

가. 유량측정

- 유속측정은 하천의 유황이 일정하고 하상의 상태가 고른 지점을 선정하여 측정함
- 하천의 유폭이 5m 이상인 경우에는 유폭을 1m 등간격으로 소구간을 정하고, 각 소구간 간격의 중앙지점을 유속 측정점으로 선정함
- 하천의 유폭이 5m 이내인 경우에는 유속특성 및 하천여건을 고려하여 더 작은 구간으로 나누고 각 소구간의 중앙지점을 유속의 측정점으로 선정함
- 소구간마다 수심이 0.4m 미만인 경우, 수면으로부터 전 수심의 60%가 되는 지점에서 유속을 측정. 소구간의 수심이 0.4m 이상인 경우, 전 수심의 20% 지점과 80%인 지점에서 각각 유속을 측정함. 유속은 연속적으로 3분 동안 측정된 평균값을 사용함
- 각 하천의 유량은 “수질오염공정시험방법”의 유속 단면적법을 이용하여 산정함. 다만, 폭이 넓고 수심이 깊어 인력으로 측정하기 힘든 하천의 하류지점은 금강 홍수통제소의 자료를 이용하여 산정하였음

$$Q = q_1 + q_2 + \dots + q_n$$

Q : 하천유량(m³/sec)

qn : 소구간 유량(소구간별 유수 단면적 m² × 평균유속 m/sec)

나. 수질조사

- 시료채취는 유속측정 지점 또는 시료의 성질을 대표할 수 있는 위치에서 시료를 채우기 전에 시료로 3회 이상 세척 후 채수하였음
- 수온과 DO, pH는 유속측정과 동시에 현장에서 측정하였으며, 현장 측정이 곤란한 분석항목은 냉장 보관한 후 실험실로 운반하여 분석함
- 수질분석 항목은 하천의 현황을 파악할 수 있고, 수질오염총량관리제를 고려하여 pH, DO, BOD₅, COD_{Mn}, TSS, T-N, T-P를 선정함
- BOD₅는 현행 수질오염총량관리제 대상 오염물질로 사용되며, T-P는 2단계 수질오염총량관리제의 대상 오염물질로 선정되어 중요한 수질측정 항목임
- 수질 항목별 분석방법은 <표 3-16>에 나타내었음

<표 3-16> 수질 항목별 분석방법

측정항목	분석방법	측정분석 기기명	비고
수온	현장측정	Multi Probe System(HI-9828)	
DO	현장측정	Multi Probe System(HI-9828)	
pH	현장측정	Multi Probe System(HI-9828)	
BOD ₅	20℃ 5일간 산소소비량	BOD 배양기	실험실 분석
COD _{Mn}	산성 KMnO ₄ 법	수욕조	"
TSS	유리섬유여지법	건조기	"
T-N	흡광광도법	Genesys 10uv(Spectronic unicam)	"
T-P	흡광광도법	Genesys 10uv(Spectronic unicam)	"

(3) 수질조사 결과 및 평가

■ 비강우시

- 예당저수지 주요 8개 지점에 대한 비강우시 유량 및 수질 측정결과는 다음과 같음

<표 3-17> 수질 및 유량 측정결과(비강우-6월)

분석지점	하천명	유량 (m ³ /s)	pH	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보전1	신양천	—	8.70	11.49	7.5	5.4	8.8	1.2	0.082
보전2	화산천	0.146	7.82	7.74	6.8	2.6	12.7	1.0	0.064
예당1	무한천	—	6.87	3.47	5.9	2.6	8.2	1.4	0.098
예당2	행정천	0.058	7.22	5.80	7.1	4.4	10.0	2	0.076
예당3	강촌천	—	6.63	2.09	5.4	2.5	3.2	1.2	0.072
예당4	무한천	—	8.48	12.81	18.0	7.2	26.5	2.3	0.149
예당5	신양천	—	8.02	11.40	6.8	3.6	10.0	1.1	0.075
예당6	탄방천	0.012	8.57	12.63	7.4	4.4	2.6	1.0	0.032

<표 3-18> 수질 및 유량 측정결과(비강우-10월)

분석지점	하천명	유량 (m ³ /s)	pH	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보전1	신양천	1.020	6.66	10.05	3.2	2.3	3.3	2.0	0.052
보전2	화산천	1.055	6.75	9.50	4.2	3.2	7.2	3.0	0.087
예당1	무한천	—	6.82	9.11	3.2	1.8	3.9	2.2	0.052
예당2	행정천	0.016	6.10	6.82	0.3	0.6	1.2	2.1	0.018
예당3	강촌천	0.259	7.00	10.73	14.0	8.2	2.3	5.0	0.050
예당4	무한천	—	7.45	9.99	5.0	2.1	7.6	2.1	0.084
예당5	신양천	—	6.81	9.84	4.0	1.1	5.7	2.3	0.068
예당6	탄방천	0.267	7.02	8.65	9.0	6.0	4.8	7.1	0.171

<표 3-19> 수질 및 유량 측정결과(비강우-12월)

분석지점	하천명	유량 (m ³ /s)	pH	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보전1	신양천	0.430	8.85	10.88	3.0	1.9	4.1	4.4	0.048
보전2	화산천	1.426	8.32	12.00	4.8	3.5	1.7	6.0	0.034
예당1	무한천	—	7.65	11.50	3.1	2.2	1.9	5.8	0.034
예당2	행정천	0.025	7.84	10.44	3.9	2.8	0.4	3.6	0.015
예당3	강촌천	0.102	8.41	11.85	2.7	1.4	0.7	5.2	0.021
예당4	무한천	—	8.47	12.44	4.4	3.4	2.4	4.6	0.022
예당5	신양천	—	8.78	11.70	2.9	2.0	6.0	5.8	0.041
예당6	탄방천	—	8.33	11.47	4.4	3.0	3.3	5.8	0.044

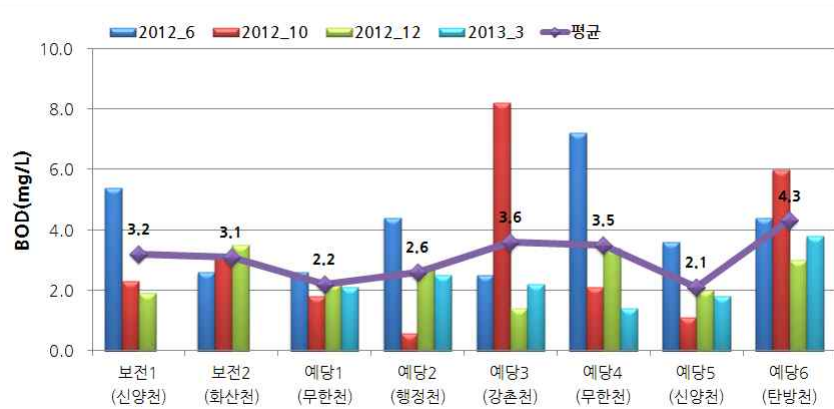
<표 3-20> 수질 및 유량 측정결과(비강우-3월)

분석지점	하천명	유량 (m ³ /s)	pH	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
예당1	무한천	—	8.41	11.60	2.7	2.1	6.6	2.6	0.042
예당2	행정천	0.034	7.60	13.85	3.3	2.5	4.4	1.2	0.026
예당3	강촌천	0.256	7.68	13.21	2.9	2.2	4.0	2.7	0.051
예당4	무한천	—	7.71	10.30	2.0	1.4	8.6	2.9	0.069
예당5	신양천	—	8.39	10.91	2.3	1.8	1.2	2.8	0.044
예당6	탄방천	0.252	7.43	12.60	4.9	3.8	2.4	3.8	0.086

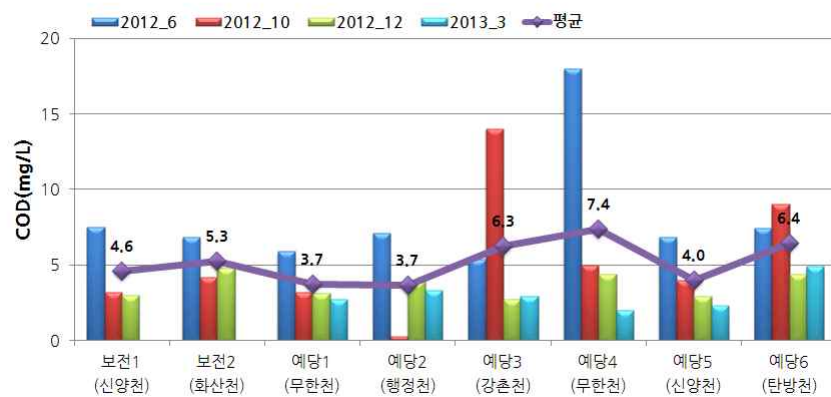
<표 3-21> 수질 및 유량 측정결과(비강우-연평균)

분석지점	하천명	유량 (m ³ /s)	pH	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
보전1	신양천	0.725	8.1	10.8	4.6	3.2	5.4	2.5	0.061
보전2	화산천	0.876	7.6	9.7	5.3	3.1	7.2	3.3	0.062
예당1	무한천	—	7.4	8.9	3.7	2.2	5.2	3.1	0.057
예당2	행정천	0.033	7.2	9.2	3.7	2.6	4.0	2.6	0.034
예당3	강촌천	0.181	7.4	9.5	6.3	3.6	2.6	3.8	0.049
예당4	무한천	—	8.0	11.4	7.4	3.5	11.3	3.0	0.081
예당5	신양천	—	8.0	11.0	4.0	2.1	5.7	3.1	0.057
예당6	탄방천	0.140	7.8	11.3	6.4	4.3	3.3	4.6	0.083

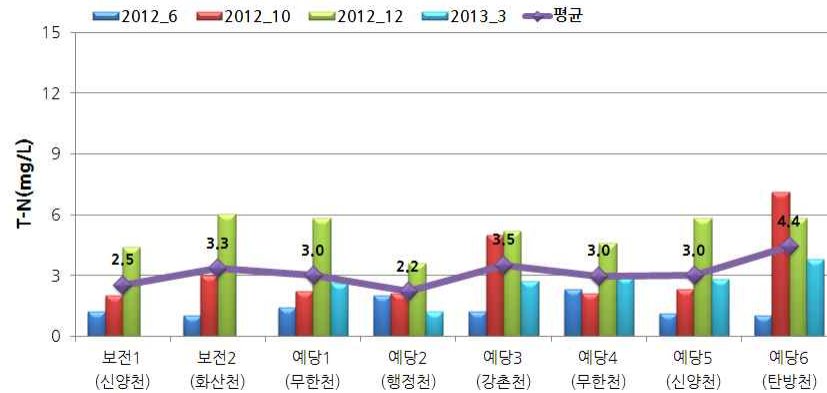
- 생물학적산소요구량(BOD₅) 조사결과 예당1(무한천), 예당2(행정천), 예당5(신양천)은 II 등급 수질을 나타내며, 다른 분석지점의 하천은 모두 III등급으로 나타남

[그림 3-13] 수질분석결과(BOD₅)

- 화학적산소요구량(COD_{Mn}) 조사결과, 대부분의 지점에서 극심한 가뭄으로 정체 되었던 6월에 가장 높은 농도 값을 나타내었으며, 지류 중에서는 강촌천과 탄방천의 농도가 높은 것으로 조사되었음
- 전반적으로 예당4(무한천 하류)가 가장 높은 평균 7.4mg/L를 나타냈으며, 예당3(강촌천)이 평균 6.3mg/L 이상을 나타냄

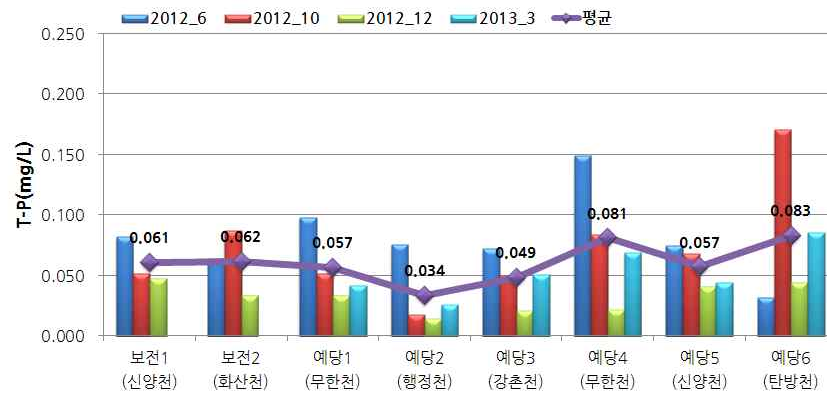
[그림 3-14] 수질분석결과(COD_{Mn})

- 총질소(T-N)의 경우, 예당6(대흥천) 지점이 평균 4.4mg/L로 가장 높게 나타남



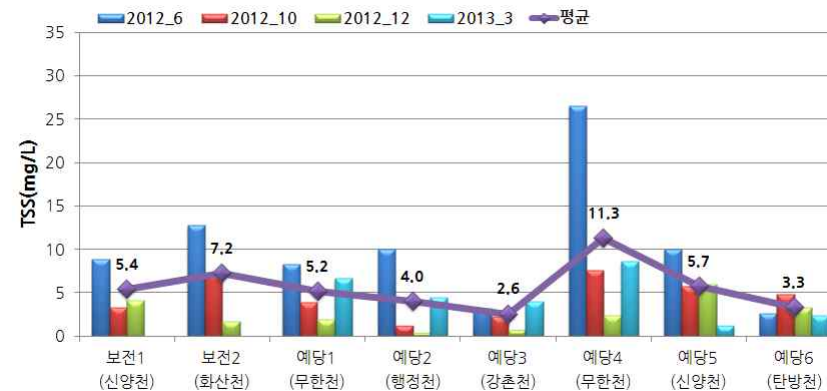
[그림 3-15] 수질분석결과(T-N)

- 총인(T-P)의 경우, 모든 지점에서 평균 0.1mg/L 이하를 나타내었으나 예당4(무한천) 지점과 예당6(탄방천) 지점의 경우 0.1mg/L를 초과하는 경우도 나타남



[그림 3-16] 수질분석결과(T-P)

- 부유물질(TSS) 농도 조사결과, 예당4(무한천) 지점이 평균 11.3mg/L를 나타냄



[그림 3-17] 수질분석결과(TSS)

■ 강우시

- 예당저수지의 주요 유입하천인 무한천과 신양천에 대하여 강우시의 연속적인 수질을 측정하였으며, 측정결과는 다음과 같음
- 강우시 수질측정 결과 무강우 일수가 길고 강수량이 많았던 1차 조사에 비하여 2차 조사에서는 강우에 의한 농도변화가 적은 것으로 나타남

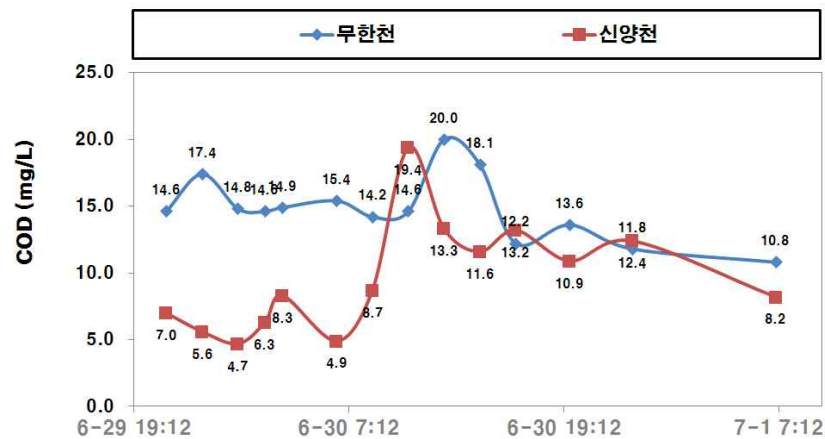
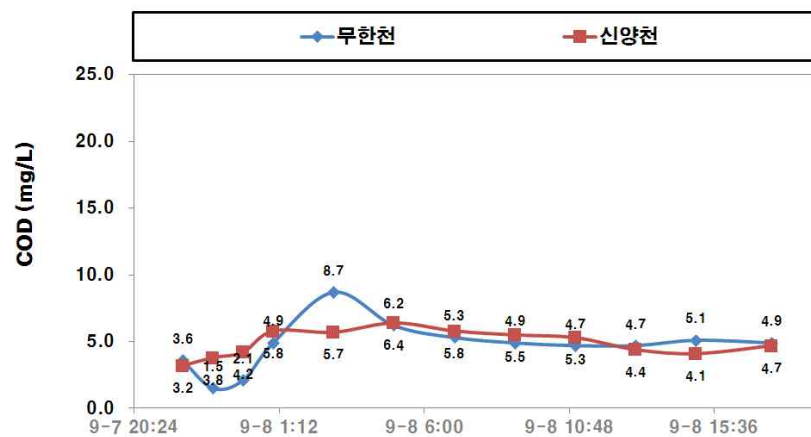
<표 3-22> 수질 측정결과(강우-6월)

분석지점	시간	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/L)
무한천	2012-06-29 21:00	14.6	7.6	18.4	1.8	0.111	45.2
	2012-06-29 23:00	17.4	12.0	33.0	2.1	0.128	48.4
	2012-06-30 01:00	14.8	8.0	25.2	1.9	0.162	45.3
	2012-06-30 02:30	14.6	6.8	18.8	1.3	0.149	46.7
	2012-06-30 03:30	14.9	6.0	17.8	1.2	0.138	43.4
	2012-06-30 06:30	15.4	6.4	45.6	1.3	0.112	32.2
	2012-06-30 08:30	14.2	6.4	32.0	2.2	0.175	18.9
	2012-06-30 10:30	14.6	6.8	29.0	1.8	0.133	21.2
	2012-06-30 12:30	20.0	9.0	282.0	3.0	0.081	45.6
	2012-06-30 14:30	18.1	9.0	119.5	3.3	0.670	34.6
	2012-06-30 16:30	12.2	5.2	162.5	2.8	0.364	37.8
	2012-06-30 19:30	13.6	5.0	32.6	3.2	0.216	25.8
	2012-06-30 23:00	11.8	4.8	22.8	2.7	0.156	21.2
	2012-07-01 07:00	10.8	4.8	25.2	3.1	0.194	18.9
신양천	2012-06-29 21:00	7.0	3.8	8.8	1.3	0.038	40.6
	2012-06-29 23:00	5.6	3.6	46.0	0.7	0.086	43.7
	2012-06-30 01:00	4.7	2.0	16.5	1.2	0.069	20.0
	2012-06-30 02:30	6.3	4.4	15.2	1.8	0.073	24.5
	2012-06-30 03:30	8.3	3.4	27.0	1.9	0.309	33.4
	2012-06-30 06:30	4.9	2.6	12.5	1.5	0.098	22.2
	2012-06-30 08:30	8.7	4.8	34.0	1.6	0.147	53.2
	2012-06-30 10:30	19.4	9.6	165.3	3.4	0.193	66.5
	2012-06-30 12:30	13.3	8.0	219.3	2.8	0.552	140.0
	2012-06-30 14:30	11.6	7.2	109.7	3.4	0.613	48.4
	2012-06-30 16:30	13.2	6.8	78.5	2.8	0.348	24.9
	2012-06-30 19:30	10.9	5.6	53.2	3.0	0.303	19.4
	2012-06-30 23:00	12.4	7.6	31.3	2.5	0.235	14.7
	2012-07-01 07:00	8.2	5.2	23.0	3.2	0.414	11.5

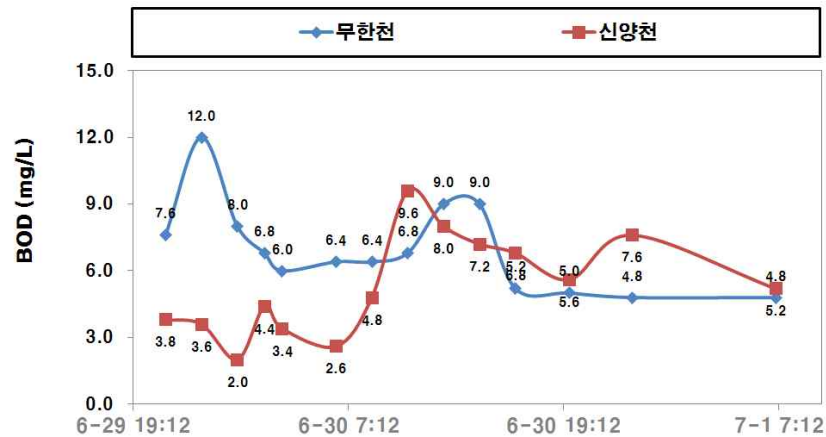
<표 3-23> 수질 측정결과(강우-9월)

분석지점	시간	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	Chl-a (mg/L)
무한천	2012-09-07 22:00	3.6	2.0	7.8	2.5	0.082	0.2
	2012-09-07 23:00	1.5	0.6	6.1	2.2	0.067	2.3
	2012-09-08 00:00	2.1	1.5	6.6	1.9	0.088	1.2
	2012-09-08 01:00	4.9	2.2	64.5	2.4	0.246	3.1
	2012-09-08 03:00	8.7	3.2	266.0	2.4	0.719	4.4
	2012-09-08 05:00	6.2	2.4	90.5	1.7	0.297	4.5
	2012-09-08 07:00	5.3	3.2	75.5	3.8	0.293	6.2
	2012-09-08 09:00	4.9	2.2	56.0	1.7	0.260	8.5
	2012-09-08 11:00	4.7	2.0	43.0	2.6	0.246	3.3
	2012-09-08 13:00	4.7	2.0	36.7	2.2	0.222	8.9
	2012-09-08 15:00	5.1	2.5	30.7	1.4	0.207	6.4
	2012-09-08 17:30	4.9	1.2	25.0	2.2	0.199	4.4
신양천	2012-09-07 22:00	3.2	1.6	7.0	2.1	0.091	1.0
	2012-09-07 23:00	3.8	1.8	11.6	2.7	0.113	2.1
	2012-09-08 00:00	4.2	2.0	36.2	2.2	0.171	3.3
	2012-09-08 01:00	5.8	2.1	53.6	2.9	0.279	4.2
	2012-09-08 03:00	5.7	2.7	62.2	2.4	0.370	4.2
	2012-09-08 05:00	6.4	2.3	38.0	2.3	0.258	1.9
	2012-09-08 07:00	5.8	3.0	41.0	2.2	0.312	1.9
	2012-09-08 09:00	5.5	2.4	33.0	2.1	0.266	0.7
	2012-09-08 11:00	5.3	1.9	28.8	2.0	0.250	3.3
	2012-09-08 13:00	4.4	2.2	34.8	2.3	0.226	6.2
	2012-09-08 15:00	4.1	2.1	25.6	2.5	0.204	0.9
	2012-09-08 17:30	4.7	2.3	17.8	2.2	0.190	0.9

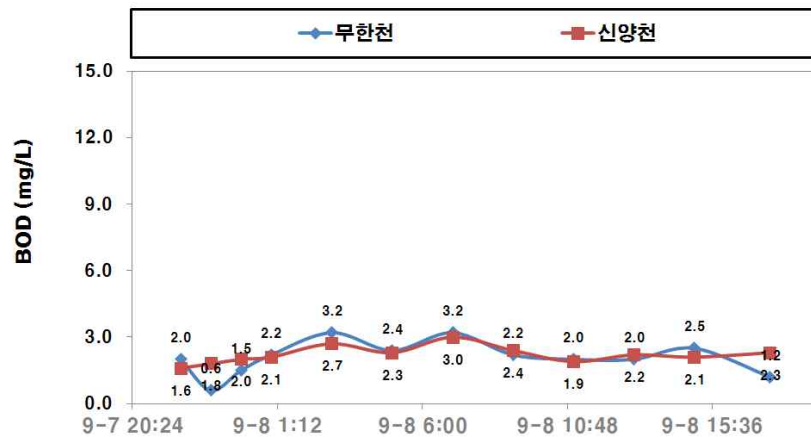
- 화학적산소요구량(COD_{Mn})의 농도는 1차 조사 시 무한천에서 평균 7.0mg/L, 신양천에서 평균 5.3mg/L로 나타났으며, 강우의 영향으로 무한천은 최대 12.0mg/L, 신양천은 최대 9.6 mg/L까지 증가하는 것으로 나타남
- 2차 조사 시 무한천 COD_{Mn} 농도는 평균 4.7mg/L, 신양천은 평균 4.9mg/L로 나타났으며, 강우에 의해 무한천은 최대 8.7mg/L, 신양천은 최대 6.4mg/L까지 증가하는 것으로 나타남

[그림 3-18] 수질분석결과-1차 측정(COD_{Mn})[그림 3-19] 수질분석결과-2차 측정(COD_{Mn})

- 생물학적산소요구량(BOD₅)의 농도는 1차 조사 결과 무한천에서 평균 14.8mg/L, 신양천에서 평균 9.6mg/L로 나타났으며, 강우의 영향으로 무한천은 최대 20.0mg/L, 신양천은 최대 19.4mg/L까지 증가하는 것으로 나타남
- 2차 조사 시 무한천 BOD₅ 농도는 평균 2.1mg/L, 신양천은 평균 2.2mg/L로 나타났으며, 강우에 의해 무한천은 최대 3.2mg/L, 신양천은 최대 3.0mg/L까지 증가하는 것으로 나타남

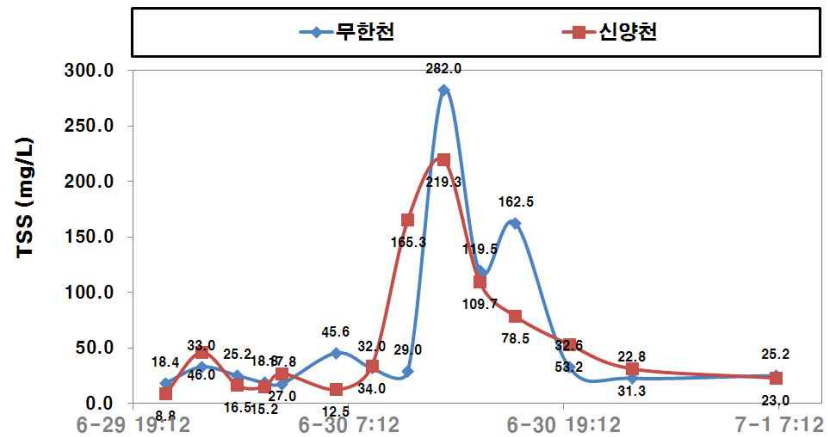


[그림 3-20] 수질분석결과-1차 측정(BOD₅)

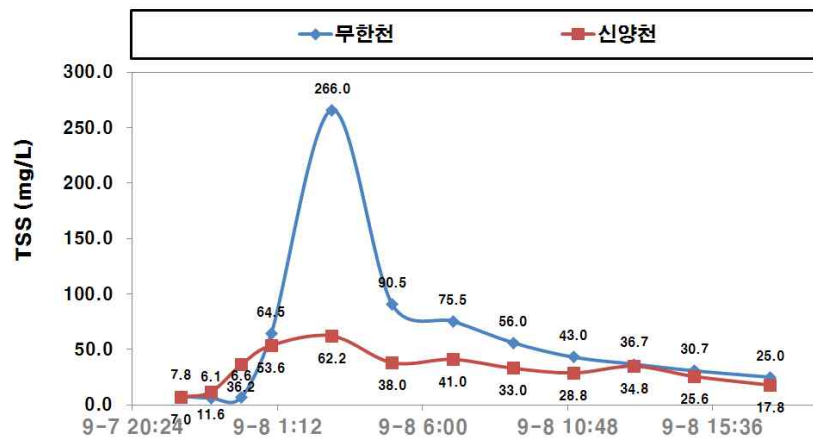


[그림 3-21] 수질분석결과-2차 측정(BOD₅)

- 부유물질(TSS)의 농도는 1차 조사 결과 무한천에서 평균 25.2mg/L, 신양천에서 평균 23.0 mg/L로 나타났으며, 강우의 영향으로 무한천은 최대 282.0mg/L, 신양천은 최대 219.3mg/L 까지 증가하는 것으로 나타남
- 2차 조사 시 무한천 TSS 농도는 평균 59.0mg/L, 신양천은 평균 32.5mg/L로 나타났으며, 강우에 의해 무한천은 최대 266.0mg/L, 신양천은 최대 62.2mg/L까지 증가하는 것으로 나타남

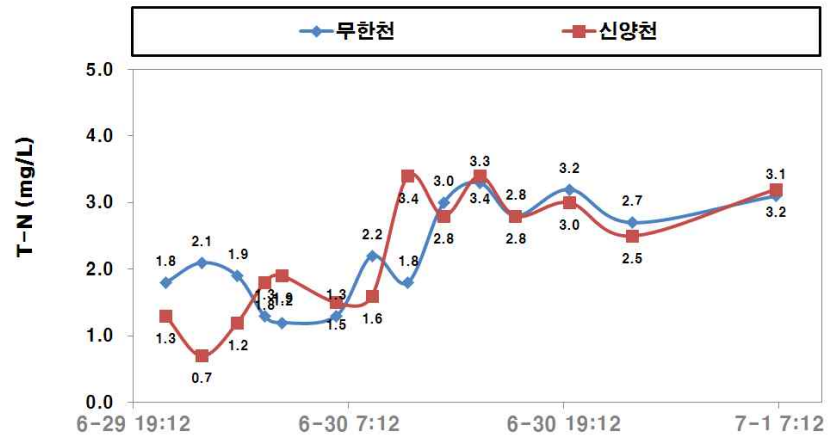


[그림 3-22] 수질분석결과-1차 측정(TSS)

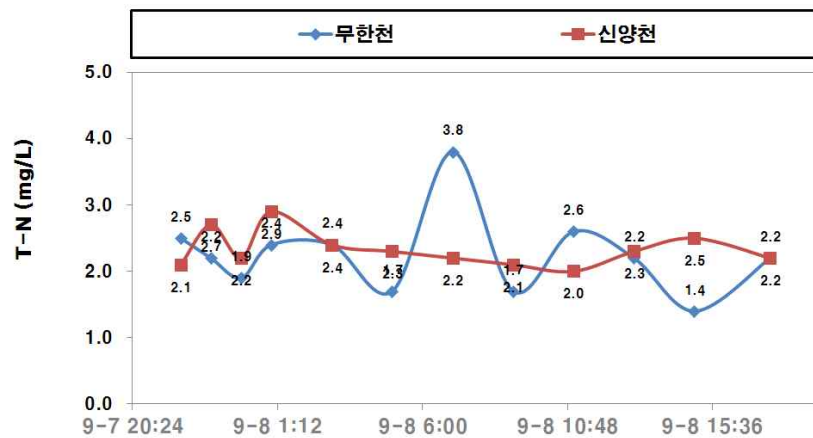


[그림 3-23] 수질분석결과-2차 측정(TSS)

- 총질소(T-N)의 농도는 1차 조사 결과 무한천에서 평균 2.3mg/L, 신양천에서 평균 2.2mg/L로 나타났으며, 강우의 영향으로 무한천은 최대 3.3mg/L, 신양천은 최대 3.4mg/L까지 증가하는 것으로 나타남
- 2차 조사 시 무한천 T-N 농도는 평균 2.3mg/L, 신양천은 평균 2.3mg/L로 나타났으며, 강우에 의해 무한천은 최대 3.8mg/L, 신양천은 최대 2.9mg/L까지 증가하는 것으로 나타남

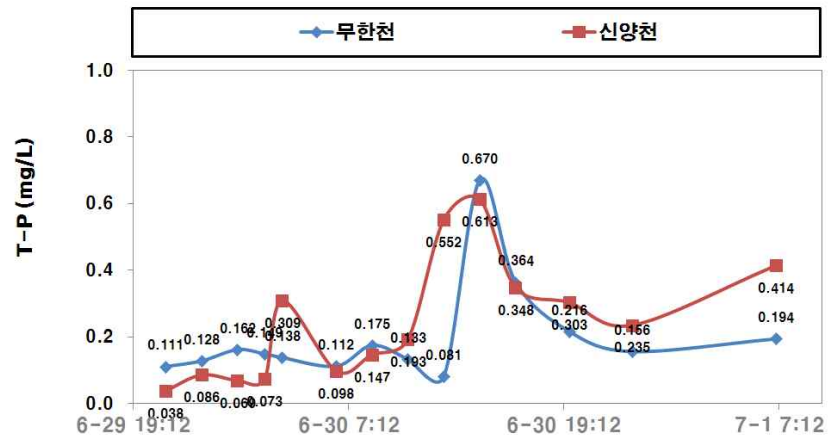


[그림 3-24] 수질분석결과-1차 측정(T-N)

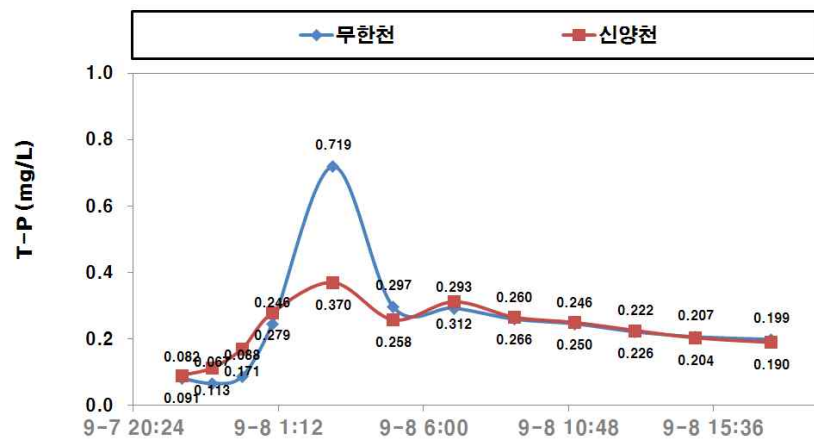


[그림 3-25] 수질분석결과-2차 측정(T-N)

- 총인(T-P)의 농도는 1차 조사 결과 무한천에서 평균 0.199mg/L, 신양천에서 평균 0.248 mg/L로 나타났으며, 강우의 영향으로 무한천은 최대 0.670mg/L, 신양천은 최대 0.613mg/L 까지 증가하는 것으로 나타남
- 2차 조사 시 무한천 T-P 농도는 평균 0.244mg/L, 신양천은 평균 0.228mg/L로 나타났으며, 강우에 의해 무한천은 최대 0.719mg/L, 신양천은 최대 0.370mg/L까지 증가하는 것으로 나타남



[그림 3-26] 수질분석결과-1차 측정(T-P)



[그림 3-27] 수질분석결과-2차 측정(T-P)

2. 호소 수질 및 유량 조사

1) 수질측정망

(1) 수질측정망 운영 현황

- 수질 상태의 지속적인 파악이 필요한 전국 호소를 대상으로 수질현황을 종합적으로 파악하여 수질추세를 정기적으로 파악하고, 분석결과를 토대로 수질을 보전하고 수질개선정책 수립을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 환경부 수질측정망 운영 계획에 따라 매년 수질측정망을 운영하고 있음

<표 3-24> 호소 수질측정망 조사항목, 횟수, 주기

구분	조 사 항 목	일반 지점	총량 지점	중권역 대표	주요 지점	보 지점	예보 지원
호 소 수	TOC, 페놀류, 분원성대장균수, 총대장균수, 투명도			12회/년 (매월)			12회/년 (매월)
	pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, DTN, NH ₃ -N, NO ₃ -N, 총인, DTP, PO ₄ -P, 수온, 전기전도도, 클로로필a	12회/년 (매월)					36회 이상/년 (평균8일)
	Cd, CN, Pb, Cr ⁺⁶ , As, Hg, ABS	4회/년 (3,6,9,12월)		4회/년 (3,6,9,12월)			4회/년 (3,6,9,12월)
	TCE, PCE, 사염화탄소, 1,2-디클로로에탄, 디클로로메탄, 벤젠, 클로로포름				2회/년 (3,9월)		
	PCB, 유기인				1회/년 (7월)		
농업 용수	pH, DO, BOD, COD, SS, 총질소, 총인, Cu, Pb, Cd, Cl ⁻ , 전기전도도	4회/년 (3,6,9,12월)					

자료 : 환경부, 수질측정망 운영계획, 2012.

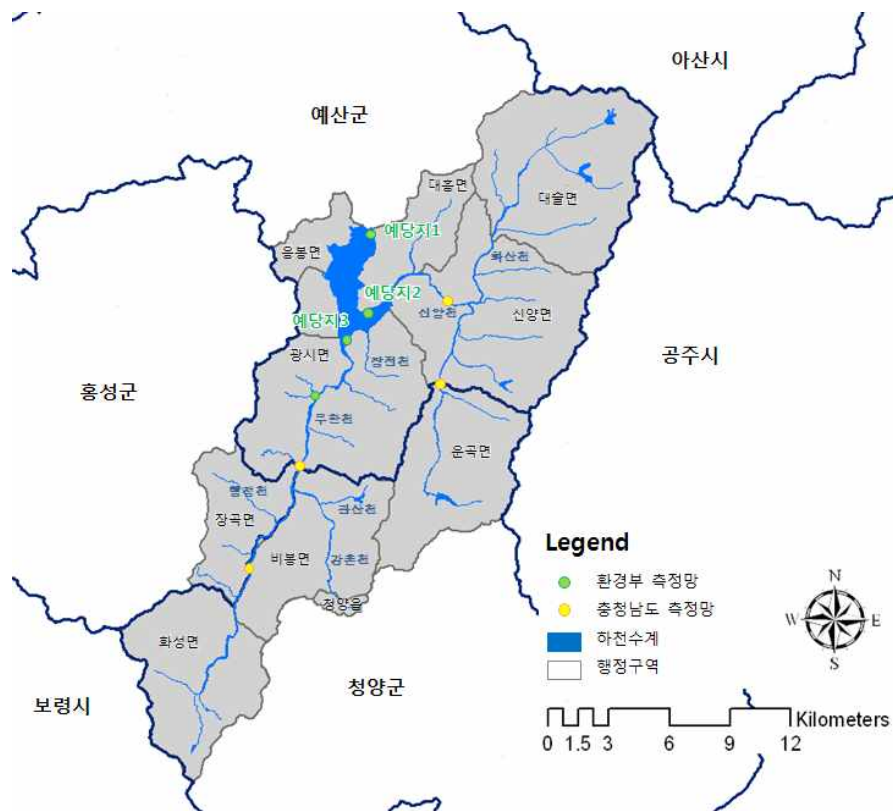
(2) 수질측정망 측정자료 조사

- 예당저수지 유역에는 호내 3개 지점의 수질측정망이 운영 중임

<표 3-25> 예당저수지 유역 수질측정망 운영현황

구 분	명칭	채수 지점	비 고
환경부	농업용수	예당지1	충남 예산군 대흥면 지곡리(담앞)
		예당지2	충남 예산군 대흥면 송지리
		예당지3	충남 예산군 광시면 동산리(동산교)
			금강유역환경청

자료 : 환경부, 수질측정망 운영계획, 2012.



[그림 3-28] 예당저수지 유역 호소 수질측정망 운영현황

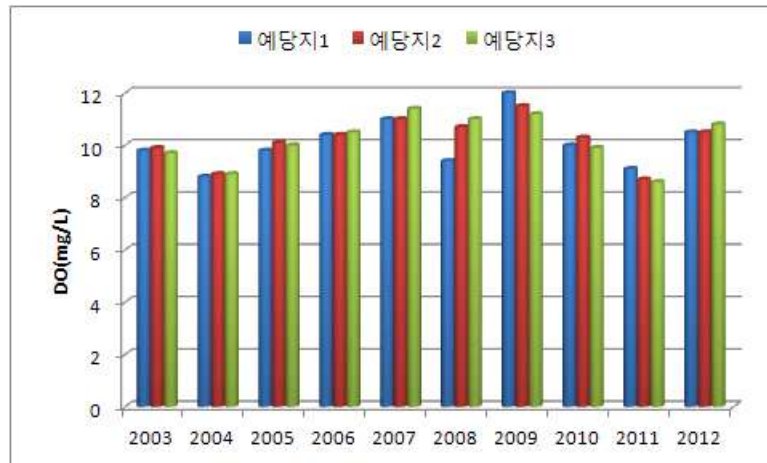
(3) 수질분석 결과 및 평가

- 예당저수지 수질변화를 분석하기 위하여 예당지 1, 2, 3지점에 대하여 과거부터 현재까지의 DO, BOD, COD, TSS, T-N, T-P 항목에 대한 농도 변화 추이를 나타내었음
 - 자료 기간 : 2003년 1월~2012년 12월(연평균)
2007년 1월~2012년 12월(월평균)

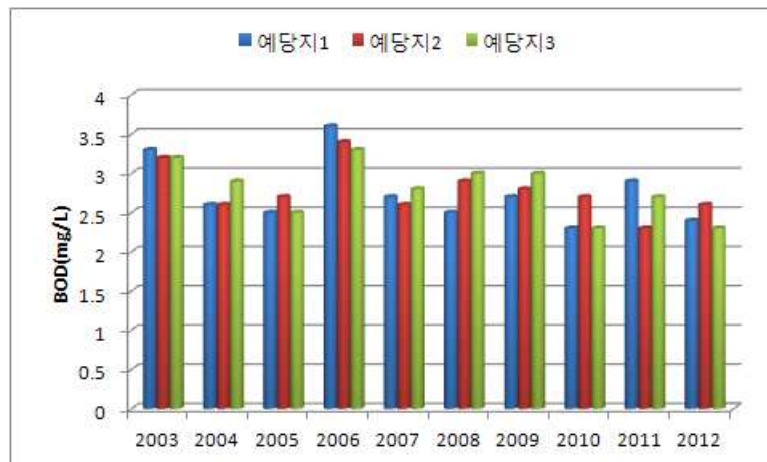
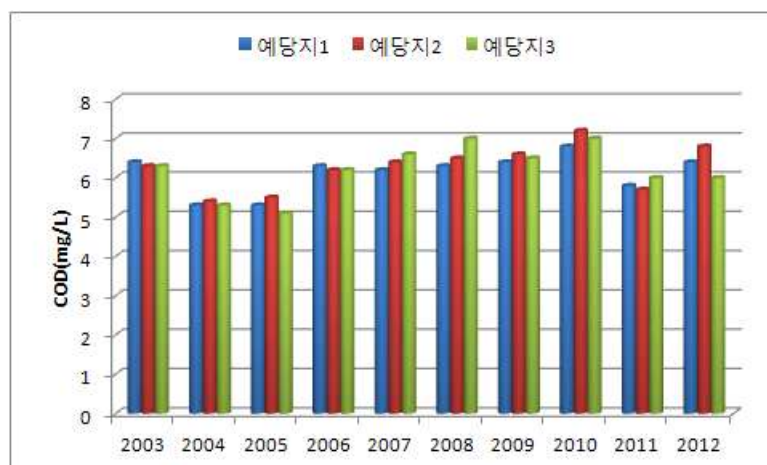
<표 3-26> 호소수 수질측정망 운영자료(연평균)

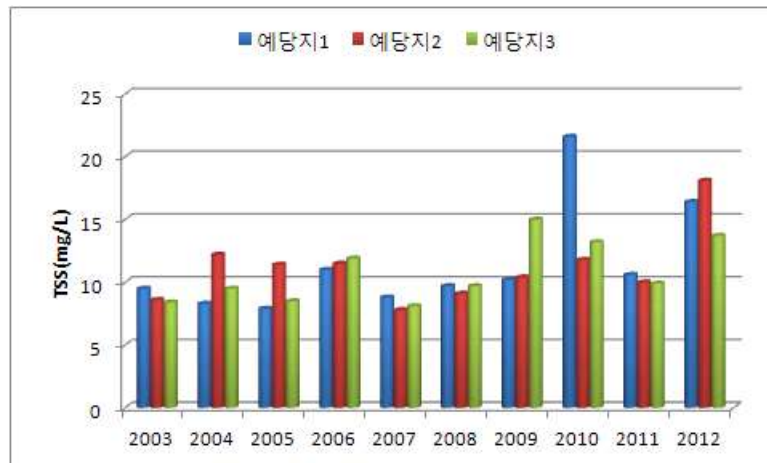
구분		DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
예당지1	2003	9.8	3.3	6.4	9.5	2.059	0.076
	2004	8.8	2.6	5.3	8.3	2.242	0.071
	2005	9.8	2.5	5.3	7.9	1.794	0.054
	2006	10.4	3.6	6.3	11.0	1.647	0.079
	2007	11.0	2.7	6.2	8.8	1.505	0.079
	2008	9.4	2.5	6.3	9.7	1.047	0.055
	2009	12.0	2.7	6.4	10.2	0.989	0.065
	2010	10.0	2.3	6.8	21.6	1.382	0.100
	2011	9.1	2.9	5.8	10.6	1.947	0.098
	2012	10.5	2.4	6.4	16.4	1.330	0.072
예당지2	2003	9.9	3.2	6.3	8.6	2.186	0.065
	2004	8.9	2.6	5.4	12.2	2.334	0.042
	2005	10.1	2.7	5.5	11.4	1.771	0.061
	2006	10.4	3.4	6.2	11.5	1.469	0.075
	2007	11.0	2.6	6.4	7.8	1.427	0.056
	2008	10.7	2.9	6.5	9.1	0.985	0.049
	2009	11.5	2.8	6.6	10.4	0.879	0.063
	2010	10.3	2.7	7.2	11.8	1.381	0.079
	2011	8.7	2.3	5.7	10.0	1.779	0.063
	2012	10.5	2.6	6.8	18.1	1.326	0.067
예당지3	2003	9.9	3.5	6.5	8.9	1.759	0.024
	2004	9.7	3.2	6.3	8.4	2.192	0.067
	2005	8.9	2.9	5.3	9.5	2.170	0.050
	2006	10.0	2.5	5.1	8.5	1.884	0.061
	2007	10.5	3.3	6.2	11.9	1.439	0.072
	2008	11.4	2.8	6.6	8.1	1.475	0.066
	2009	11.0	3.0	7.0	9.7	1.033	0.059
	2010	11.2	3.0	6.5	15.0	1.026	0.081
	2011	9.9	2.3	7.0	13.2	1.386	0.080
	2012	8.6	2.7	6.0	9.9	2.007	0.073

자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2013.

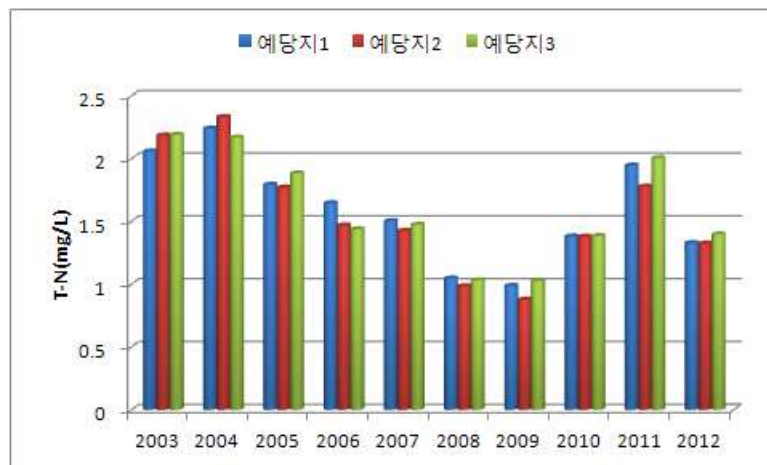


[그림 3-29] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(DO)

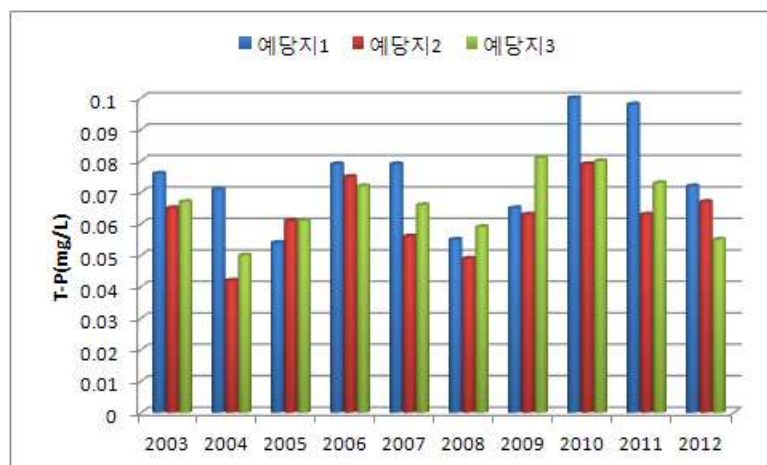
[그림 3-30] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(BOD₅)[그림 3-31] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(COD_{Mn})



[그림 3-32] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(TSS)



[그림 3-33] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(T-N)

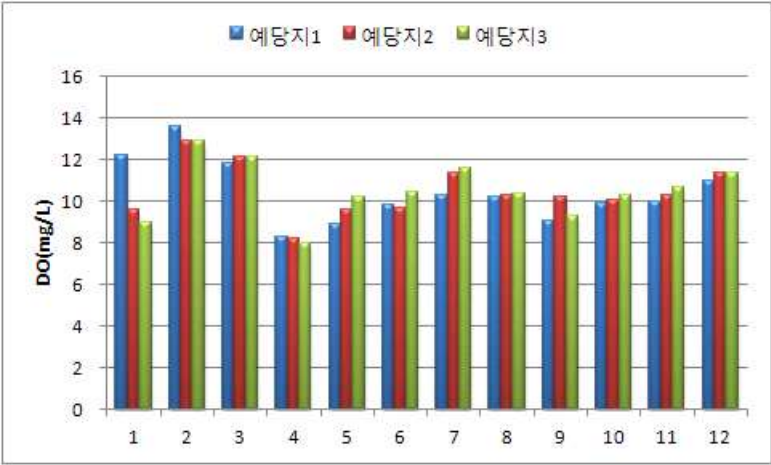


[그림 3-34] 호소수 수질측정망 연평균-예당지(T-P)

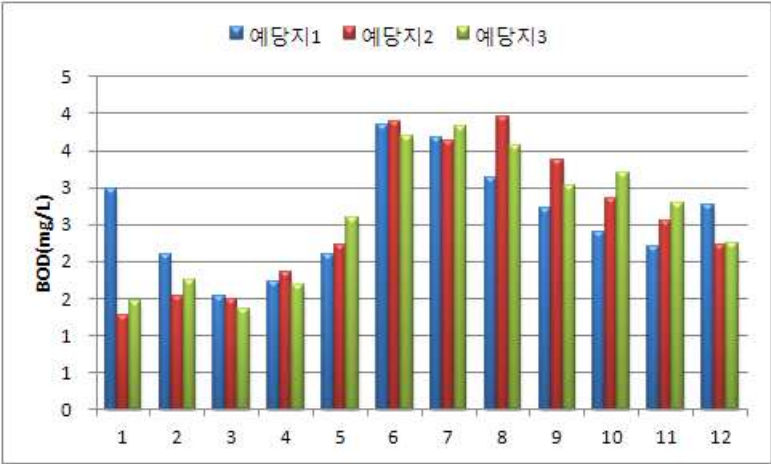
<표 3-27> 호소수 수질측정망 운영자료(월평균)

구분	월	DO (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	TSS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
예당지1	1월	12.18	2.98	5.08	7.12	1.40	0.09
	2월	13.58	2.10	5.40	6.26	1.09	0.03
	3월	11.87	1.53	5.13	6.02	1.11	0.03
	4월	8.30	1.73	4.82	5.28	1.04	0.03
	5월	8.92	2.08	5.68	13.37	1.61	0.08
	6월	9.82	3.85	7.52	16.60	1.33	0.10
	7월	10.30	3.67	8.05	16.32	1.65	0.14
	8월	10.25	3.13	8.03	12.70	1.90	0.11
	9월	9.05	2.72	6.70	17.43	1.68	0.11
	10월	9.88	2.40	6.73	24.97	1.22	0.09
	11월	9.95	2.20	6.08	17.32	1.15	0.07
	12월	11.00	2.77	6.28	8.97	1.22	0.05
예당지2	1월	9.57	1.27	5.43	3.03	1.10	0.03
	2월	12.95	1.53	5.08	4.00	0.87	0.02
	3월	12.17	1.48	4.65	5.45	1.06	0.03
	4월	8.25	1.85	4.93	4.95	1.58	0.04
	5월	9.57	2.22	6.10	12.85	1.03	0.06
	6월	9.70	3.88	7.87	16.82	1.32	0.07
	7월	11.38	3.63	8.67	10.77	1.44	0.07
	8월	10.27	3.95	8.12	11.90	1.74	0.09
	9월	10.18	3.37	7.08	16.08	1.71	0.11
	10월	10.03	2.85	7.08	17.75	1.23	0.08
	11월	10.28	2.55	6.32	15.35	1.14	0.06
	12월	11.37	2.22	6.05	8.32	1.12	0.05
예당지3	1월	9.00	1.47	5.83	4.00	1.17	0.03
	2월	12.93	1.75	4.80	3.80	0.95	0.03
	3월	12.12	1.35	5.05	4.82	1.07	0.03
	4월	7.98	1.68	5.13	5.92	1.97	0.04
	5월	10.22	2.58	6.33	15.73	1.07	0.07
	6월	10.44	3.70	7.60	11.04	1.46	0.07
	7월	11.57	3.82	8.57	14.97	1.60	0.12
	8월	10.40	3.57	7.87	15.45	1.70	0.11
	9월	9.28	3.02	6.77	14.20	1.75	0.10
	10월	10.28	3.20	7.45	20.12	1.28	0.09
	11월	10.67	2.78	6.35	13.43	1.28	0.07
	12월	11.33	2.25	5.73	8.15	1.14	0.05

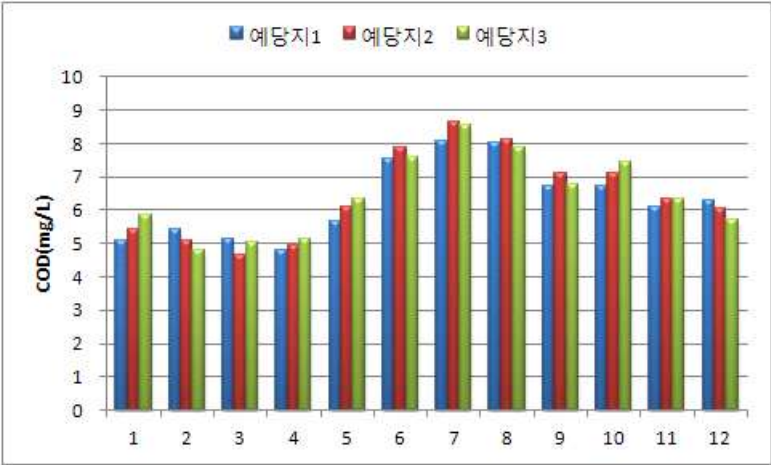
자료 : 환경부, 물환경정보시스템, 2013.



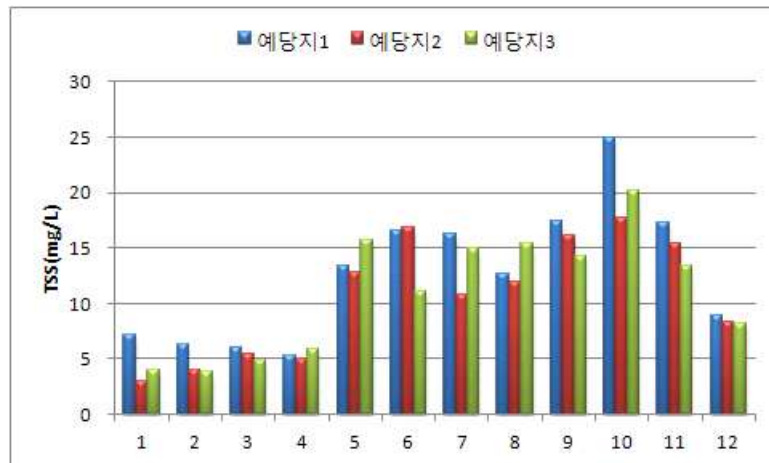
[그림 3-35] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(DO)



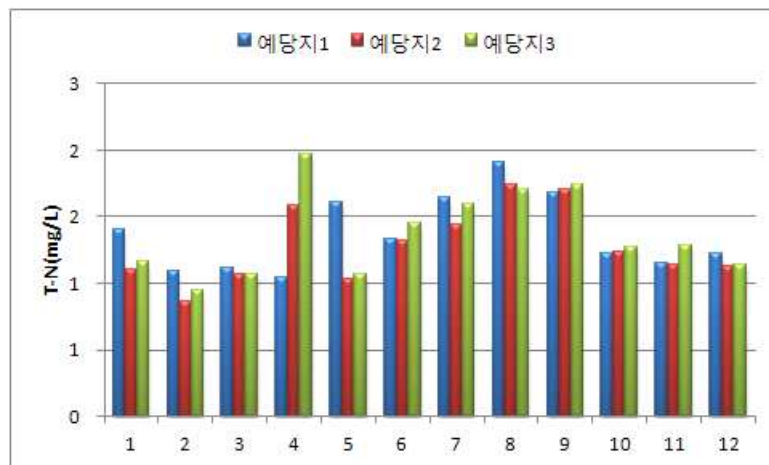
[그림 3-36] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(BOD₅)



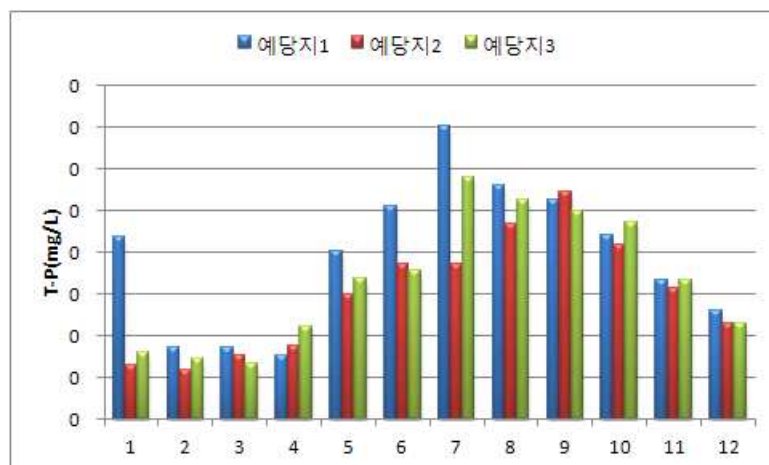
[그림 3-37] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(COD_{Mn})



[그림 3-38] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(TSS)



[그림 3-39] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(T-N)



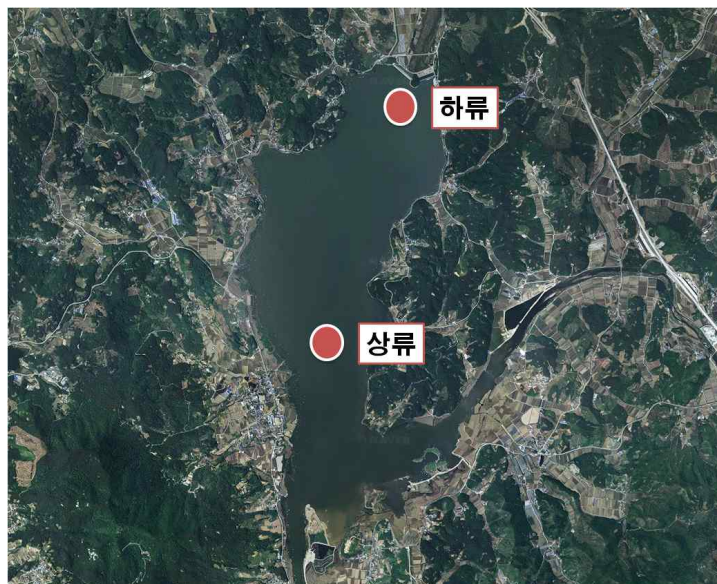
[그림 3-40] 호소수 수질측정망 월평균-예당지(T-P)

3. 퇴적물 조사

- 저수지의 경우 주로 외부로부터 유입된 점오염원 및 비점오염원에 의한 영향만을 고려하기 쉬우나, 실제 저수지와 같은 정체성 수역에서는 상대적으로 퇴적되는 오염물질의 양이 많고 일정기간 퇴적물에 축적되어 있다가 분해, 확산, 재부유, 생물교란 등의 물리, 화학, 생물학적 과정에 의해 다시 수층으로 용출되어 수질 및 수생태계에 영향을 미침(Lee and Lee, 2000)
- 퇴적된 오염물질은 저수용량을 감소시킬 뿐만 아니라 퇴적물 내에 유기물질, 영양염류 등이 분해되면서 수중의 산소를 소비하여 혐기성 상태가 되면 불활성화되었던 오염물질인 영양염류나 철, 망간과 같은 중금속류를 용출시키며, 특히 봄, 가을에 전도현상이 일어나는 시기에는 오염된 퇴적물의 교환 현상으로 부영양화 등의 수질악화를 유발함

1) 퇴적물 조사지점 및 방법

- 예당저수지 내 퇴적된 오염물질 특성을 분석하기 위해 2012년 3월 26일 저질조사를 실시하였음
- 상류와 하류 2개 지점에 대하여 호내 저니를 채취하였으며, 채취 방법은 보트를 이용하여 각 지점별로 이동한 뒤 그래프형 샘플러를 채취하여 실험실로 운반한 후 저니의 오염물질 함량 분석을 실시함



[그림 3-41] 퇴적물 조사지점



[그림 3-42] 예당저수지내 퇴적물 샘플 채취

2) 퇴적물 조사결과

- 채취된 퇴적물 시료는 T-N, T-P, COD, VS(강열감량), Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr₆ 등 10개 항목에 대하여 분석을 실시함

<표 3-28> 퇴적물 조사결과

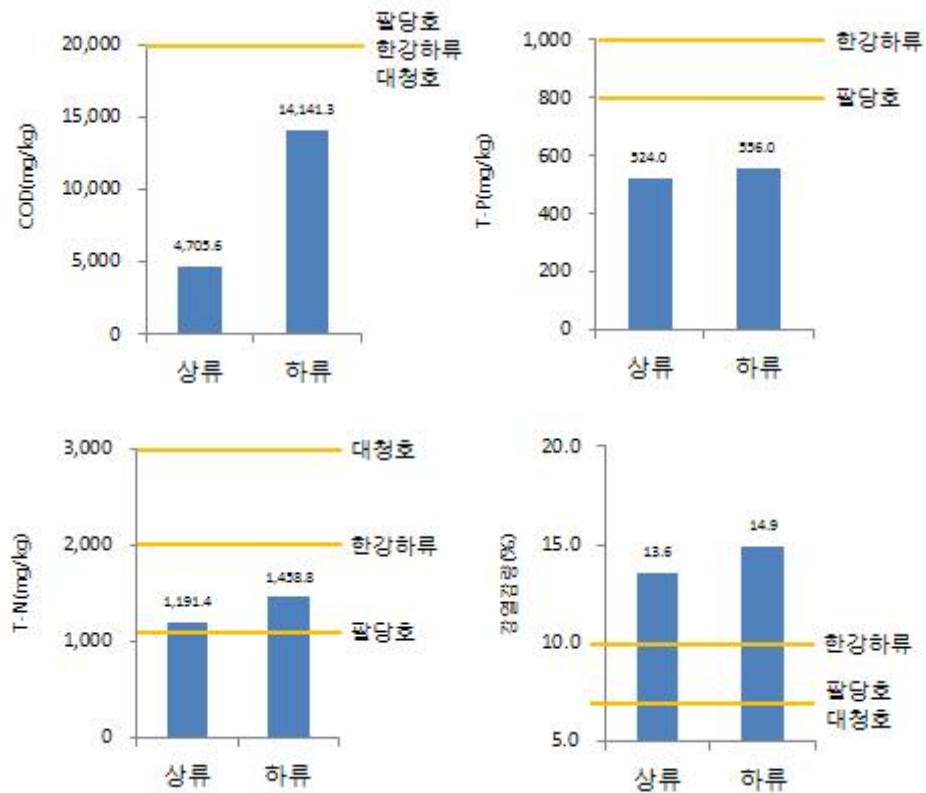
측정항목	단위	상류	하류
T-N	mg/kg	1,191.4	1,458.8
T-P		524.0	556.0
COD		4,705.6	14,141.3
Cd		0.1	0.2
Cu		12.4	14.7
As		0.3	0.2
Hg		0.0	0.0
Pb		12.8	12.8
Cr6		ND	ND
VS	%	13.6	14.9

- 분석결과 상류보다 하류의 오염물질 함량이 많은 것으로 분석되었음
- 상류 지점은 COD 4,705.6mg/kg, VS(강열감량) 13.6%, T-N 1,191.4mg/kg, T-P 524.0mg/kg 으로 조사됨
- 하류 지점은 COD 14,141.3mg/kg, VS(강열감량) 14.9%, T-N 1,458.8mg/kg, T-P 556.0mg/kg 으로 조사됨
- 국내에서는 정부차원의 퇴적물 관리체계가 정립되지 않았으며, 팔당호, 한강, 대청댐 등에서 제시하고 있는 퇴적물 오염판단 지표는 퇴적물질권고기준(Sediment Quality Guidelines)과 유사함
- 퇴적물질권고기준은 퇴적물 관리에 있어 퇴적물의 이용목적에 유지·보전하기 위해 제안된 정량적인 퇴적물 오염물질 농도 또는 서술적인 척도를 말하며 정부차원의 관리를 통해 반드시 달성하거나 사용해야 하는 법적인 강제성은 없으나 많은 경우 퇴적물 관리의 기준으로 사용됨(저수지 준설 환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구, 2004, 농업기반공사 농어촌연구원)
- 국내에서 적용되었던 퇴적물 오염판단 지표는 다음 표와 같음
- 기존 연구의 기준을 적용한 결과 COD와 T-P의 경우 퇴적물 준설기준을 초과하지 않는 것으로 나타남
- T-N의 경우 상·하류에서 팔당호 준설기준을 초과한 것으로 나타났으며, 강열감량은 팔당호, 한강하류, 대청호 준설기준을 모두 초과한 것으로 나타남
- 예당저수지 내 퇴적물은 다른 호소와는 달리 T-N의 비율이 높은 것으로 나타나 농경지에 의한 오염이 높은 것으로 판단됨
- “저수지 준설 환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구, 2004, 농업기반공사 농어촌연구원”에 의하면 퇴적물의 유기물 및 영양염류 함량 등에 의한 퇴적물 준설 기준은 퇴적물이 수질에 미치는 영향을 충분히 반영하지 못하므로, 퇴적물의 생물생산량, C/N율, 수심의 영향 등을 고려하여 종합적으로 판단하여야 한다고 제시함
- 금회 조사된 자료 중 T-N과 강열감량의 농도가 다소 높으나 저니층의 농도가 수체에 미치는 영향 등을 면밀히 검토하여 준설여부를 검토하여야 함

<표 3-29> 예당저수지 퇴적물 분석 결과

항목	팔당호	한강하류	대청호
COD(mg/kg)	20,000 이상	20,000 이상	20,000 이상
강열감량(%)	7.0 이상	10.0 이상	7.0 이상
T-N(mg/kg)	1,100 이상	2,000 이상	3,000 이상
T-P(mg/kg)	800 이상	1,000 이상	1,500 이상
황화물(mg/kg)	—	1,000 이상	—
준설판단	2~3개 항목 초과지역 또는 특정 항목이 매우 높은 지역	2~3개 항목 초과지역이면서 동경만 준설기준 평가점 6점 이상	2개 항목 이상이 기준 초과한 지역

자료 : 한국농어촌공사 농어촌연구원, 저수지 준설환경기준 정립 및 준설토 활용방안 연구, 2004



[그림 3-43] 퇴적물 분석

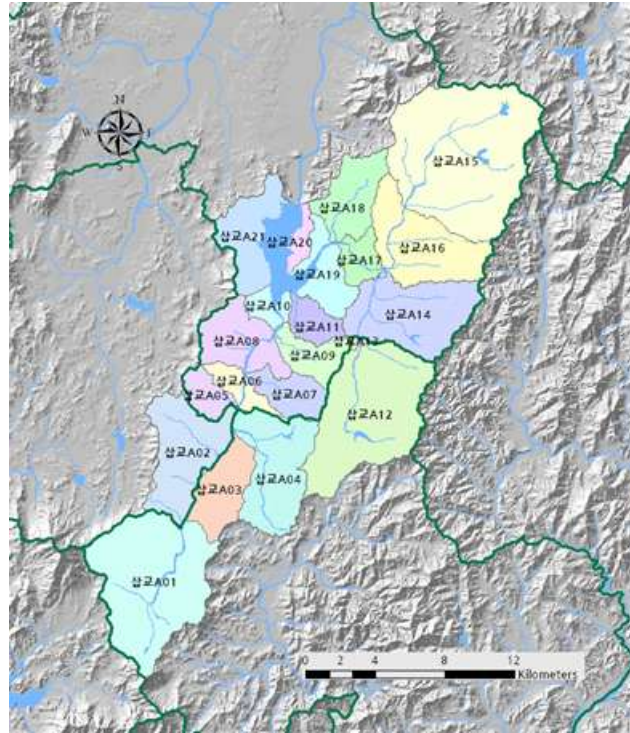
제4장 오염원 및 배출특성 분석

1. 유역의 행정구역 점유 현황

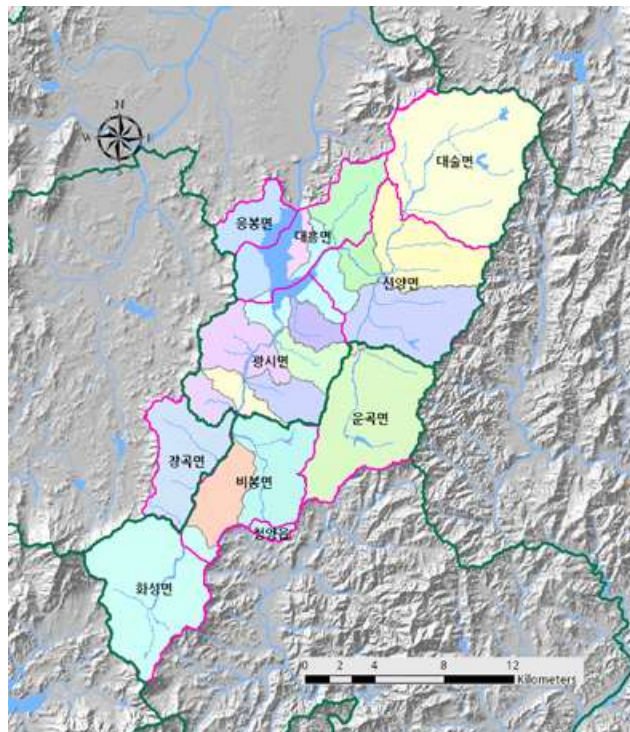
- 해당저수지 유역은 예산군 5개면, 청양군 3개면, 1개읍 일부, 홍성군 1개면 일부로 이루어져 있으며, 삽교호 수계로 무한천, 신양천이 유입함

<표 4-1> 해당저수지 유역 행정구역

유역	행정구역
삽교A01	청양군 화성면, 청양군 비봉면, 홍성군 장곡면 일원
삽교A02	예산군 광시면, 청양군 화성면, 청양군 비봉면, 홍성군 홍동면, 홍성군 장곡면 일원
삽교A03	청양군 비봉면, 홍성군 장곡면 일원
삽교A04	예산군 광시면, 청양군 청양읍, 청양군 운곡면, 청양군 비봉면, 홍성군 장곡면 일원
삽교A05	예산군 광시면, 청양군 비봉면, 홍성군 홍동면, 홍성군 장곡면 일원
삽교A06	예산군 광시면, 청양군 비봉면 일원
삽교A07	예산군 광시면, 청양군 운곡면, 청양군 비봉면 일원
삽교A08	예산군 광시면, 예산군 대흥면, 홍성군 금마면, 홍성군 홍동면 일원
삽교A09	예산군 광시면, 청양군 운곡면 일원
삽교A10	예산군 광시면, 예산군 대흥면 일원
삽교A11	예산군 광시면, 예산군 신양면 일원
삽교A12	예산군 광시면, 예산군 신양면, 청양군 운곡면, 청양군 비봉면 일원
삽교A13	예산군 광시면, 예산군 신양면, 청양군 운곡면 일원
삽교A14	예산군 광시면, 예산군 신양면, 청양군 운곡면 일원
삽교A15	예산군 예산읍, 예산군 대술면, 예산군 신양면, 예산군 대흥면 일원
삽교A16	예산군 대술면, 예산군 신양면, 예산군 대흥면 일원
삽교A17	예산군 신양면, 예산군 대흥면 일원
삽교A18	예산군 예산읍, 예산군 대술면, 예산군 신양면, 예산군 대흥면 일원
삽교A19	예산군 신양면, 예산군 광시면, 예산군 대흥면 일원
삽교A20	예산군 광시면, 예산군 대흥면, 예산군 응봉면 일원
삽교A21	예산군 광시면, 예산군 대흥면, 예산군 응봉면, 예산군 오가면, 홍성군 금마면 일원



[그림 4-1] 예당저수지 유역 현황



[그림 4-2] 예당저수지 유역 행정구역

2. 오염원

1) 오염원 조사방법

- 오염원 조사 항목은 ‘수계오염총량관리기술지침’에 따라 크게 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계로 구분하여 조사
- 조사항목
 - 생활계 : 행정구역별 인구현황 및 생활계 사용유량, 배출원별 인구현황 및 생활계 사용유량
 - 축산계 : 행정구역별 축산현황, 배출원별 축산현황
 - 산업계 : 행정구역별 산업현황, 배출원별 산업현황
 - 양식계 : 행정구역별 양식현황, 배출원별 양식현황
 - 토지계 : 행정구역별 토지현황, 배출원별 토지현황
 - 매립계 : 매립시설 현황
- 오염원 조사 항목 중 행정구역별 조사는 과거 5년간 자료를 확보하여 동·리별 조사를 원칙으로 하였으며, 배출원별 조사는 기준년도인 2011년에 대하여 오염원 그룹에 맞는 배출원을 각각의 소유역에 대하여 해당 리의 편입률을 고려하여 산정

(1) 생활계

- 인구현황은 시·군 통계연보를 기준으로 주민등록상 거주인구(외국인 포함)를 동·리별로 조사하고, 발생부하량 산정을 위한 오염원원단위를 구분 적용하기 위하여 시가화 인구와 비시가화 인구를 구분 하였으며, 배출부하량 산정을 위한 하수 처리인구와 하수 미처리인구를 구분하여 조사
- 생활계 사용유량은 상수도 급수지역의 경우 시·군 통계연보의 ‘급수사용량’을 기준으로 급수지역의 가정용, 업무용, 영업용, 욕탕1종 및 2종으로 분류하고 환경부의 ‘상수도 통계’와 담당부서의 급수자료를 비교·검토하여 적용 하였으며, 상수도 미급수지역의 경우 원단위를 이용하여 산정

(2) 축산계

- 각 축사별·축종별 사육두수, 폐수처리, 고형물처리 등을 조사하는데 우선 시·군 통계연보의 ‘가축사육가구 및 마리’를 확인한 후 시·군의 축산관련 부서에 동·리 별로 전수 조

사한 가축사육현황 자료를 추가하여 보완하였으며, 조사대상 축종은 비교적 사육두수가 많고, 부하량이 큰 ‘한우’, ‘젓소’, ‘돼지’, ‘가금(닭, 오리 등)’으로 한정

- 폐수처리유형과 고형물처리유형은 ‘수계오염총량관리기술지침’에 따라 ‘폐수처리(고형물처리유형은 제외됨)’, ‘톱밥발효’, ‘퇴비’, ‘액비’, ‘위탁’, ‘투기’ 그리고 별도의 처리가 없는 경우에는 무처리로 분류

(3) 산업계

- 폐수배출업소의 경우 환경부의 폐수배출시설조사표를 기준으로 함
- 산업시설의 경우 충청도청에서 관할하는 폐수배출량이 많은 1종 및 2종 사업장과 각 시·군에서 관할하는 3~5종 사업장의 개소수를 시·군 통계연보와 비교한 후 폐수배출업소 허가, 신고 대장 및 배출업소관리카드 등을 이용하여 개소수, 폐수발생 및 방류량, 수질농도 조사

(4) 토지계

- 토지이용 현황은 시·군 통계연보와 지목별 읍·면 합계를 확인하고, 해당면적이 상이할 경우 시·군의 토지 관련부서의 자료를 이용하여 보완

(5) 양식계

- 수산물 양식시설에 한하여 어종별 양식 방법에 따라 ‘가두리(이스라엘잉어)’, ‘지수식(메기, 뱀장어, 미꾸라지 등)’, ‘유수식(송어)’, ‘유수식(대하)’으로 나누어 시설면적, 사료공급량, 수처리방법, 방류량, 방류수질 등을 조사

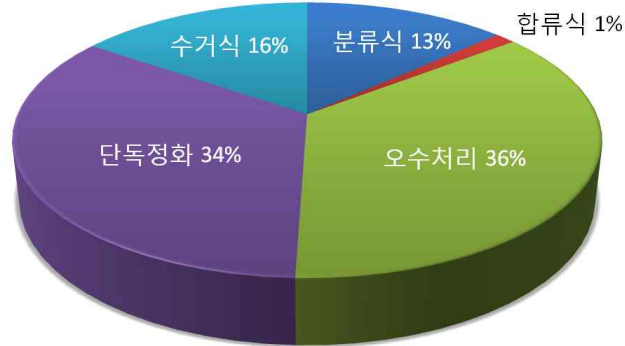
(6) 매립계

- 매립계 오염원 조사는 침출수가 발생하는 위생 및 비위생매립지를 대상으로 생활폐기물매립시설에서 발생하는 침출수의 발생량 및 방류량, 그리고 각각의 농도와 방류선을 조사

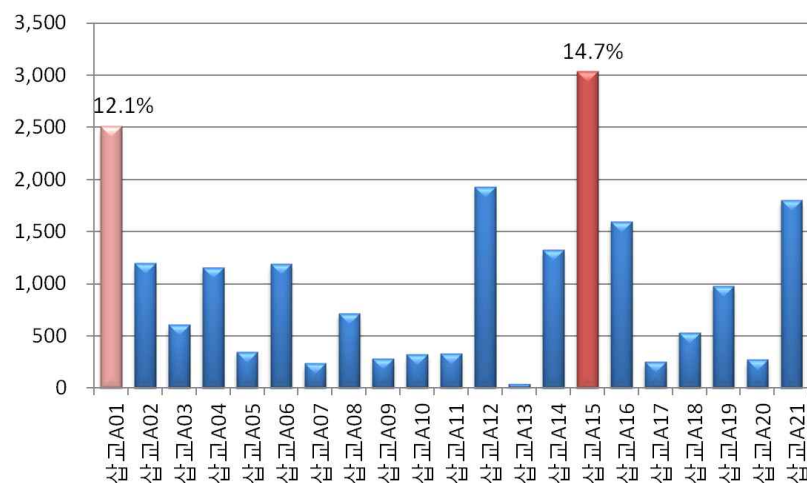
2) 오염원 조사결과

(1) 인구현황

- 해당저수지 유역 내 인구는 2011년 기준 20,644명이며, 인구밀도는 55.2명/km²로 전국 평균 인구밀도(498명/km²)보다 매우 낮은 것으로 조사됨
- 오수처리 인구가 36.0%, 단독정화 인구가 34.1%를 차지하였으며, 수거식 인구(15.4%), 분류식 인구(13.2%), 합류식 인구(1.3%) 순으로 나타남
- 또한 전체 유역 중 삼교A01 유역과 삼교A15 유역의 인구가 각각 전체의 12.1%, 14.7%로 두 유역에 전체 인구의 30% 가량이 거주하고 있는 것으로 나타남



[그림 4-3] 유역의 인구현황

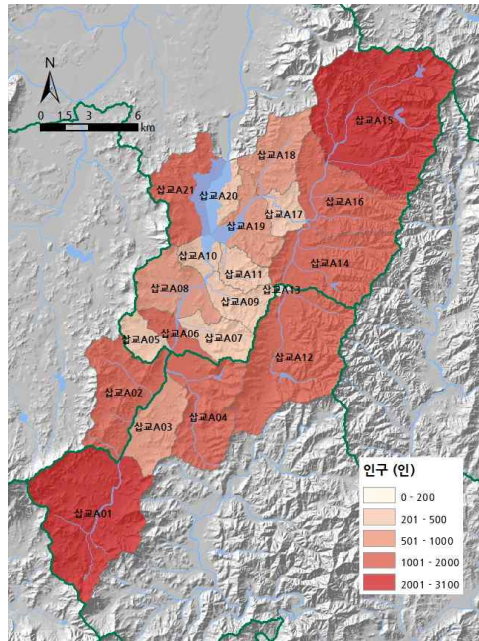


[그림 4-4] 유역별 인구현황

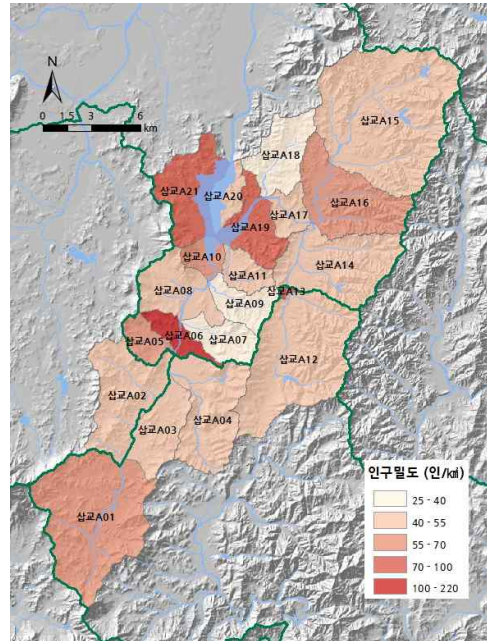
<표 4-2> 소유역별 인구현황

(단위 : 명)

소유역	분류식	합류식	오수처리	단독정화	수거식	총인구
삽교A01	652	4	832	620	400	2,508
삽교A02	119	260	565	249	2	1,195
삽교A03	270	2	163	140	29	604
삽교A04	324	0	478	270	79	1,151
삽교A05	1	0	132	94	121	348
삽교A06	3	0	648	281	261	1,193
삽교A07	2	0	34	103	98	237
삽교A08	150	1	171	160	233	715
삽교A09	0	0	137	102	45	284
삽교A10	162	0	41	94	23	320
삽교A11	0	0	204	56	67	327
삽교A12	467	0	667	562	236	1,932
삽교A13	1	0	11	14	14	40
삽교A14	343	0	570	311	98	1,322
삽교A15	0	2	646	1,962	428	3,038
삽교A16	144	0	884	414	152	1,594
삽교A17	94	0	99	56	3	252
삽교A18	1	6	123	201	200	531
삽교A19	0	0	284	405	290	979
삽교A20	0	0	132	109	30	271
삽교A21	0	1	602	840	360	1,803
총합계	2,733	276	7,423	7,043	3,169	20,644



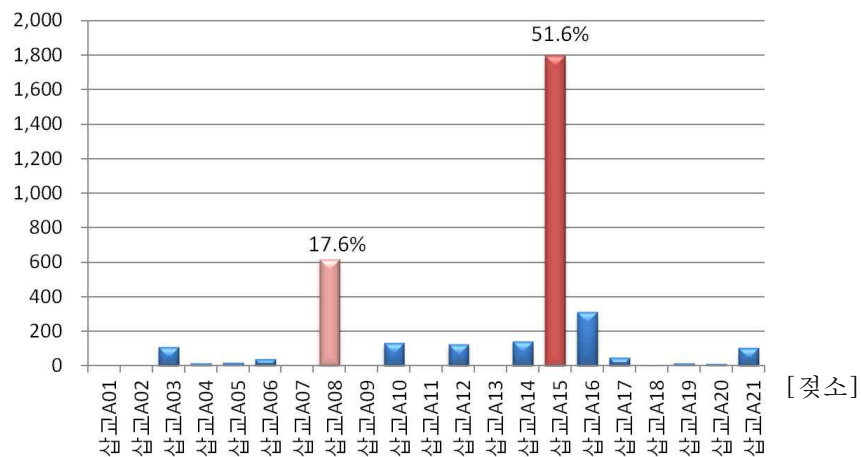
[그림 4-5] 인구 분포도



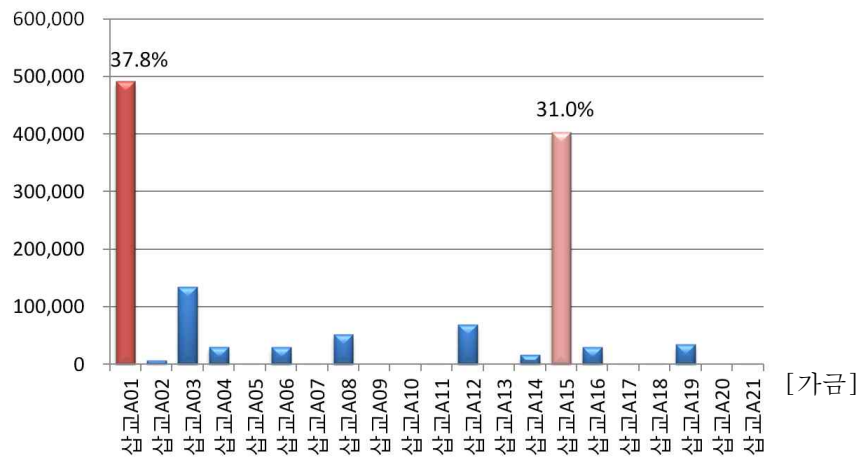
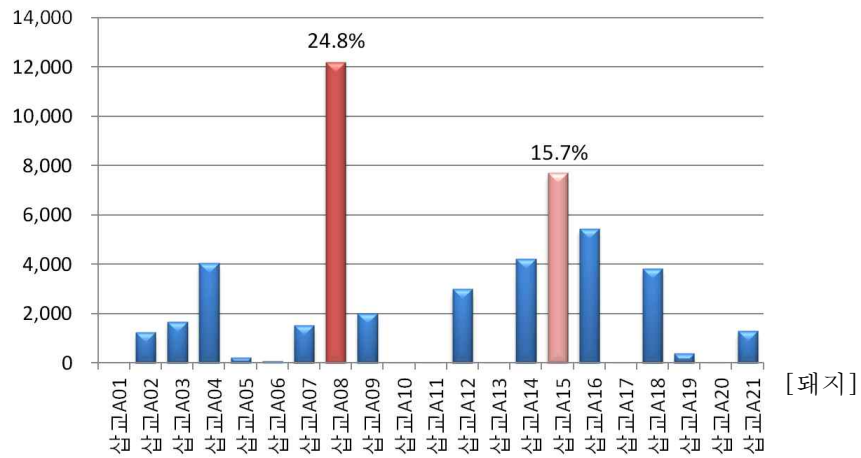
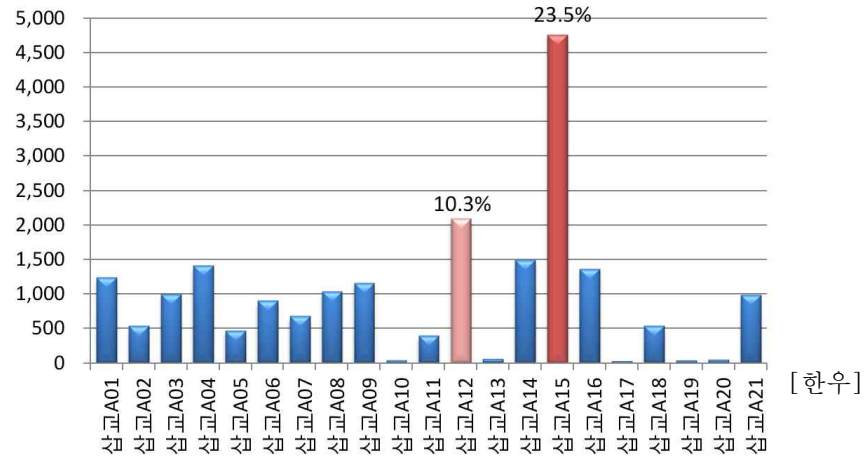
[그림 4-6] 인구 밀도 분포도

(2) 축산현황

- 예당저수지 내의 가축사육두수를 살펴보면, 젖소와 한우는 삼교A15 유역에서 가장 많이 사육되는 것으로 나타났으며, 돼지는 삼교A08 유역, 가금은 삼교A01 유역에서 가장 많이 사육되는 것으로 나타남



[그림 4-7] 유역별 축산현황(젖소)

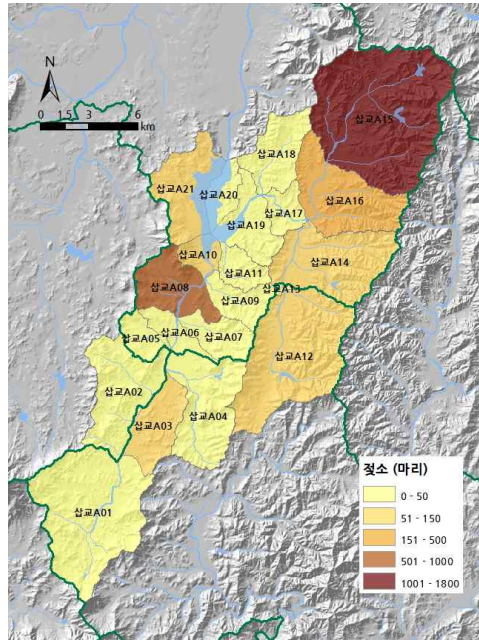


[그림 4-7] 유역별 추산현황(한우, 돼지, 가금)

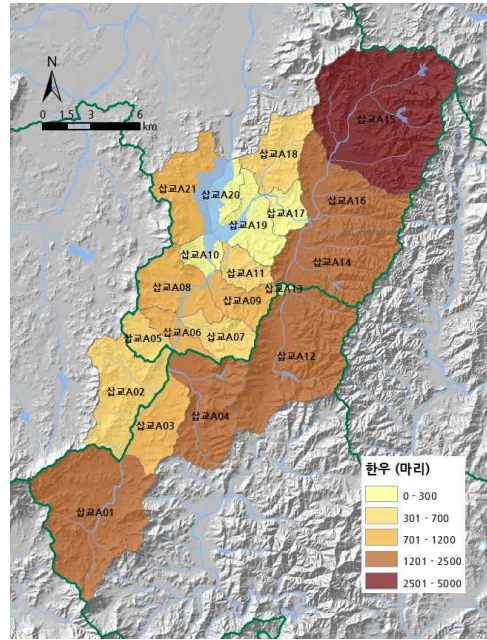
<표 4-3> 소유역별 축산현황

(단위 : 마리)

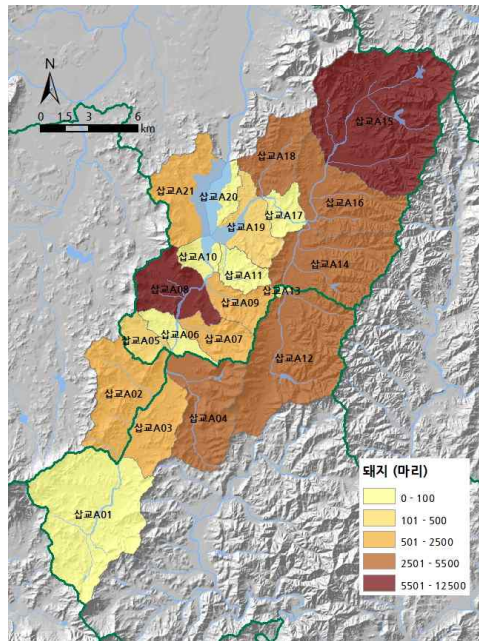
소유역	젖소	한우	돼지	가금
삽교A01	0	1,238	24	492,230
삽교A02	6	534	1,262	7,153
삽교A03	107	998	1,661	134,732
삽교A04	16	1,409	4,044	30,482
삽교A05	18	470	235	80
삽교A06	38	899	88	30,069
삽교A07	0	676	1,543	6
삽교A08	613	1,033	12,190	52,646
삽교A09	0	1,158	2,027	0
삽교A10	130	41	26	0
삽교A11	6	400	1	35
삽교A12	123	2,096	3,004	69,542
삽교A13	0	56	11	0
삽교A14	142	1,493	4,237	17,462
삽교A15	1,795	4,758	7,705	404,030
삽교A16	309	1,362	5,460	30,097
삽교A17	48	27	6	134
삽교A18	1	542	3,842	29
삽교A19	14	36	387	34,779
삽교A20	12	46	25	0
삽교A21	104	980	1,297	93
총합계	3,482	20,252	49,075	1,303,599



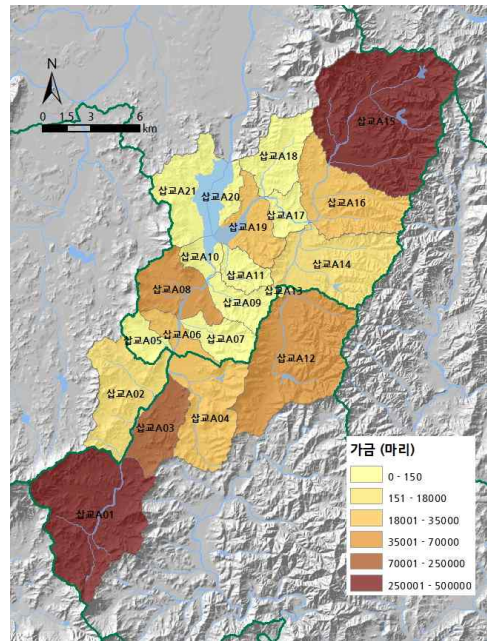
젖소



한우



돼지

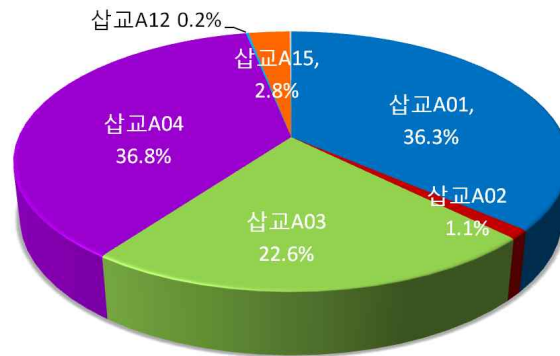


가금

[그림 4-8] 축산 분포도

(3) 산업현황

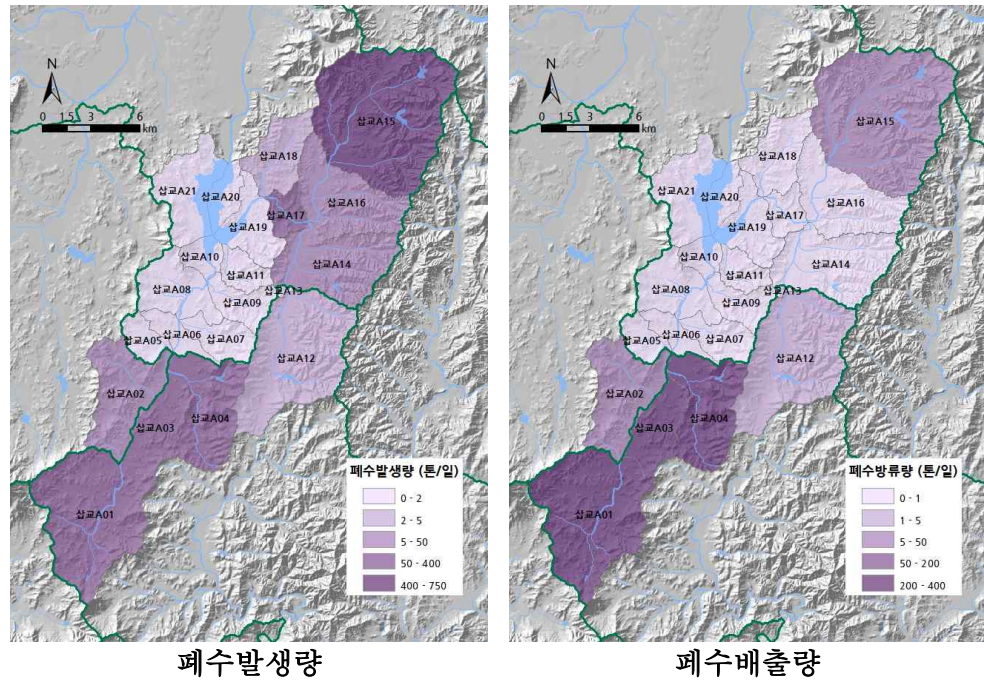
- 예당저수지 유역에서 폐수를 배출하는 사업체의 개소수는 총 267개소이며, 유역별 폐수 방류량은 삽교A04 유역이 379.2m³/일로 35%를 차지하고 있으며, 그 다음으로 삽교A01 유역이 374.5m³/일로 30%, 삽교A03 유역이 233.0m³/일로 21%를 배출함



[그림 4-9] 유역별 산업체 폐수방류량

<표 4-4> 소유역별 산업현황

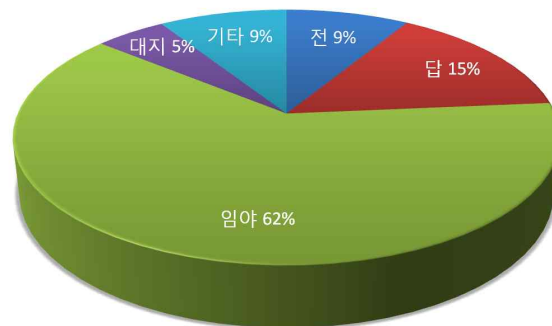
소유역	사업체수(개)	폐수발생량(m³/일)	폐수방류량(m³/일)
삽교A01	17	381.5	374.5
삽교A02	20	12.5	11.3
삽교A03	9	267.2	233.0
삽교A04	14	388.9	379.2
삽교A05	11	0.0	0.0
삽교A06	7	0.0	0.0
삽교A07	11	0.0	0.0
삽교A08	17	0.0	0.0
삽교A09	8	0.0	0.0
삽교A10	7	0.0	0.0
삽교A11	6	0.0	0.0
삽교A12	14	4.8	1.8
삽교A13	5	0.2	0.2
삽교A14	15	17.3	0.1
삽교A15	18	738.4	29.2
삽교A16	15	11.4	0.0
삽교A17	9	340.9	0.0
삽교A18	15	2.1	0.1
삽교A19	13	1.8	0.0
삽교A20	13	0.1	0.1
삽교A21	23	1.0	1.0
총합계	267	2,168.1	1,030.5



[그림 4-10] 산업 폐수발생·배출량

(4) 토지현황

- 예당저수지 유역의 토지면적은 총 373.6km²이고 이 중 임야가 62.4%로 절반 이상을 차지하고 있으며, 답 14.9%, 기타 9.1%, 전 8.7%, 대지 5.0%의 순임



[그림 4-11] 유역의 토지현황

<표 4-5> 소유역별 토지현황

(단위 : km²)

소유역	전	답	임야	대지	기타
삽교A01	4.127	7.655	28.046	2.650	2.580
삽교A02	1.927	3.658	14.553	1.143	1.548
삽교A03	1.494	3.014	6.534	0.898	0.999
삽교A04	1.818	3.604	15.925	1.163	1.376
삽교A05	0.720	1.025	3.336	0.356	0.254
삽교A06	1.077	1.098	2.336	0.529	0.502
삽교A07	0.645	1.444	5.619	0.335	0.776
삽교A08	1.453	3.147	7.769	0.728	1.713
삽교A09	0.634	1.212	5.312	0.338	0.767
삽교A10	0.406	0.413	2.365	0.266	1.516
삽교A11	0.465	0.729	4.147	0.265	0.501
삽교A12	3.536	5.401	28.519	1.626	2.362
삽교A13	0.085	0.103	0.221	0.030	0.044
삽교A14	2.457	3.808	17.358	1.686	1.545
삽교A15	4.429	7.666	41.409	2.051	4.360
삽교A16	2.186	4.144	14.886	1.046	1.782
삽교A17	0.584	1.199	2.909	0.512	0.617
삽교A18	0.935	1.792	9.132	0.762	0.909
삽교A19	0.817	1.506	6.990	0.611	2.438
삽교A20	0.390	0.244	2.419	0.244	2.804
삽교A21	1.762	1.943	9.370	1.071	3.911
총합계	16.299	62.513	1231.544	5.211	28.189

(5) 양식현황

- 유역 내 양식장은 삽교A12 유역, 삽교A19 유역에서 각각 1개소가 운영 중에 있음

<표 4-6> 소유역별 양식현황

소유역	행정구역	개소수	시설면적(m ²)	형태
삽교A12	청양군 운곡면 광암리 592-1	1	3,963	지수식
삽교A19	예산군 신양면 무봉리 344	1	3,681	유수식
총합계	—	2	7,644	—

(6) 매립현황

- 유역 내 매립장은 삽교A19 유역에 1개소가 위치하고 있으며, 45.3m³/일의 침출수가 발생함

<표 4-7> 소유역별 매립시설 현황

수계	행정구역	침출수 발생량(m ³ /일)
삽교A19	예산군 대흥면 대율리 산51-1	45.3

3. 오염부하량

1) 발생부하량 산정방법

(1) 생활계

- 생활계 오수발생유량 산정을 위하여 가정인구와 영업인구에 대하여 각각 적용
 - 가정인구의 분뇨발생유량의 원단위는 ‘수계오염총량관리기술지침’에 따라 도시화가 진전된 상업지역, 주거지역, 공업지역은 시가지지역의 원단위를, 그 외 지역은 비시가지지역의 원단위를 적용
 - 영업인구의 분뇨발생유량비도 ‘수계오염총량관리기술지침’에 따라 도시화가 진전된 상업지역, 주거지역, 공업지역은 시가지지역의 원단위를, 그 외 지역은 비시가지지역의 원단위를 적용
 - 잡배수의 오수전환율은 가정인구와 영업인구에 동일하게 적용하며 도시화가 진전된 상업지역, 주거지역, 공업지역은 시가지지역의 원단위를, 그 외 지역은 비시가지지역의 원단위를 적용

<표 4-8> 생활계 분뇨발생유량원단위, 분뇨발생유량비 및 잡배수오수전환율

구분	가정인구 분뇨발생유량원단위 (m ³ /인/일)	영업인구 분뇨발생유량비	잡배수오수전환율
시가	0.00115	0.006	0.88
비시가	0.00134	0.006	0.88

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

- 오염물질 발생부하량 산정을 위하여 가정인구와 영업인구에 대하여 각각 적용
 - 가정인구의 오염발생원단위는 ‘수계오염총량관리기술지침’에 따라 도시화가 진전된 상업지역, 주거지역, 공업지역은 시가지지역의 원단위를, 그 외 지역은 비시가지지역의 원단위를 적용
 - 영업인구의 원단위는 건축물 용도별 각각 오염물질 표준농도를 세분하여 적용하여야 하나, 건축물 용도별 각각의 오수발생량 파악이 현실적으로 어렵기 때문에 물사용량의 업종분류에 따라 업무용, 영업용은 오수발생량에 BOD₅ 150mg/L, T-N 50mg/L, T-P 5mg/L를 각각의 원단위로 적용하고, 욕탕용은 BOD₅ 100mg/L, T-N 30mg/L, T-P 3mg/L를 적용하여 산출

<표 4-9> 생활계 가정인구 발생부하 원단위

구분	원단위(g/인/일)		
	BOD ₅	T-N	T-P
시가	50.7	10.6	1.24
비시가	48.6	13.0	1.45

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

(2) 축산계

- 축산계 발생유량을 산정을 위하여 축종별로 폐수와 고형물에 대하여 각각 적용

<표 4-10> 축종별 발생유량 원단위

(단위: m³/두/일)

구분	젖소	한우	돼지	가금
합계	0.0456	0.0146	0.0086	0.00008
폐수발생유량	0.0259	0.0065	0.0074	0.00000
고형물발생유량	0.0197	0.0081	0.0012	0.00008

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

- 축산에 의한 발생부하량의 원단위는 축산폐수와 축산고형물로 구분되며, 가축 분의 경우 일정한 저장기간을 거쳐 퇴비화 등 자원화 과정으로 농지로 많은 부분이 환원되어 토지이용의 비점오염원과 밀접한 관련성을 갖게 됨

<표 4-11> 축산계 발생부하 원단위

항목	구분	젖소	한우	돼지	가금
BOD ₅	합계	556.0	528.0	109.0	5.2
	폐수	117.0	67.0	32.0	0.0
	고형물	439.0	461.0	77.0	5.2
T-N	합계	161.8	116.8	27.7	1.1
	폐수	63.5	40.0	14.9	0.0
	고형물	98.3	76.8	12.8	1.1
T-P	합계	56.7	36.1	12.2	0.4
	폐수	10.7	3.5	3.3	0.0
	고형물	46.0	32.6	8.9	0.4

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

(3) 산업계

- 산업계 모든 폐수 배출시설은 공정 중에서 발생하는 폐수량과 원폐수의 농도를 예측하여 배출시설을 설치허가 및 신고하도록 되어있으며, 오염물질 발생부하량은 농도뿐만 아니라 폐수발생량과 밀접한 관계가 있음
 - 산업폐수 발생량에 업종별 발생원단위 농도를 적용하여 발생부하량을 산정하며, 폐수배출시설의 업종별로 표준발생농도는 ‘수계오염총량관리기술지침’에 나타나 있음

(4) 토지계

- 비점오염원으로 분류하고 있는 토지이용에 따른 발생부하 단위는 ‘수계오염총량관리기술지침’에서 제시한 단위토지면적당 일일 발생오염부하 원단위 기준을 적용

<표 4-12> 토지계 발생부하 원단위

(단위: kg/km²·일)

지목	BOD ₅	T-N	T-P
밭(전)	1.590	9.440	0.240
논(답)	2.300	6.560	0.610
임야	0.930	2.200	0.140
대지	85.900	13.690	2.100
기타	0.960	0.759	0.027

주 : ‘전’은 지목별 면적 중 전, 과수원을 포함.

‘답’은 지목별 면적 중 답.

‘임야’는 지목별 면적 중 임야.

‘대지’는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로(도로사면 제외), 철도용지(철도선로 제외), 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지(골프장, 스키장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함.

**도로사면 및 철도선로는 기타에 산입하며, 골프장, 스키장은 실제 토지이용형태에 따라 해당 지목에 산입함.

‘기타’는 광천지, 염전, 제방, 하천, 구거, 유지, 양어장, 수도용지, 공원, 묘지, 목장용지, 잡종지를 포함.

하천부지 점용용지는 토지이용형태에 따라 해당 지목에 산입함.

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

(5) 양식계

- 양식시설에 의한 오염물질 발생부하량은 ‘수계오염총량관리기술지침’에서 제시한 양식장의 월별 사료투여량(kg/월)에 발생부하비를 곱하여 산정

<표 4-13> 양식계 사료투여량 대비 발생부하비

BOD ₅	T-N	T-P
0.25	0.05	0.013

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

(6) 매립계

- 폐기물 매립시설의 침출수 발생유량에 발생농도를 곱하여 월별로 산정

(7) 발생부하량 산정

- 발생부하량이란 점오염원과 비점오염원으로부터 처리과정을 거치기 전 발생하는 오염물질의 양을 말함
- 오염물질 배출원을 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계 등 6개 분야로 분류하여 수질오염물질 발생부하량을 산정
- 조사된 오염원 현황 및 분포실태에 따라 분야별 오염원별 원단위를 고려하여 단위유역별, 소유역별 발생부하량(BOD₅, T-N, T-P 기준)을 산정

<표 4-14> 오염물질 발생부하량 산정방법

구분	산정방법	비고
생활계	$\Sigma((가정인구 \times 발생원단위) + (영업인구 \times 발생원단위))$	점오염원
축산계	$\Sigma(축종별 사육두수 \times 발생원단위)$	점오염원, 비점오염원
산업계	$\Sigma(폐수발생량 \times 발생원단위)$	점오염원
양식계	$\Sigma(사료투여량, 또는 시설면적 \times 발생부하비)$	점오염원
토지계	$\Sigma(토지이용면적 \times 발생원단위)$	비점오염원
매립계	침출수발생유량 \times 침출수발생농도	점오염원

자료 : 국립환경과학원, 제2단계 수계오염총량관리기술지침, 2008.

2) 배출부하량 산정 방법

- 오·폐수배출유량 및 배출부하량은 ‘수계오염총량관리기술지침’에서 제시하는 산정방법을 적용하였으며, 배출부하량은 BOD₅, T-N, T-P로 구분하여 배출유형별로 산정하고, 각 오염원별 배출계수 등을 적용하였음

(1) 생활계

- 생활계 오수배출유량 및 배출부하량은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 구분하여 조사하거나 산정
- 유역별 생활계 오염물질의 배출경로는 개별배출원에서 직접 또는 처리 후 공공수역으로 배출되거나, 하수처리시설로 이송되는 과정에서의 관거에서 배출 또는 차집된 하수가 하수처리시설에서 처리 후 오염물질이 배출됨
- 개별배출 유량 및 부하량
 - 하수처리구역은 오수발생유량 및 발생부하량에서 하수처리시설에 연결된 관거로 유입되는 양과 분뇨처리시설에 직접 이송되는 양을 차감하여 산정하고, 하수처리시설에 연결되지 않은 개별배출원은 발생부하량에서 개별삭감량을 차감하여 산정
 - 하수미처리구역은 하수처리시설에 연결된 관거로 유입되는 양이 없으므로 개별배출유량은 오수발생유량에서 분뇨처리시설에 직접 이송되는 유량을 차감하여 산정하고, 개별배출부하량은 개별배출원의 발생부하량에서 개별삭감량을 차감하여 산정하되, 분뇨처리시설 등에 직접 이송되는 양을 추가적으로 차감하여 산정
- 관거배출유량 및 부하량은 하수처리구역에서 처리시설로 관거이송시 누수, 월류를 통해 배출되는 양을 말하며, 관거배출유량의 경우 관거유입유량에 누수유량비와 월류유량비를 각각 곱하여 산정하고 관거배출부하량은 관거유입량에 누수부하비와 월류부하비를 각각 곱하여 산정
- 기초시설 배출유량은 공공하수처리시설, 분뇨처리시설 등에서 실측한 방류유량을 적용하며, 기초시설 배출부하량은 기초시설 배출유량에 수질농도를 곱하여 산정

(2) 축산계

- 축산계 오·폐수배출유량 점오염원과 비점오염원으로 구분하여 각각의 개별배출유량과 축산폐수공공처리 및 공동처리시설의 배출유량을 구분하여 산정하며, 배출부하량은 점오염원과 비점오염원으로 구분하여 각각의 개별배출부하량과 축산폐수공공 및 공동처

리시설의 배출부하량을 합하여 산정

- 개별배출유량은 폐수형태로 상시 배출되는 점오염원의 배출유량과 초지, 농경지 또는 야적지에 살포된 상태에서 강우시 배출되는 비점오염원의 배출유량으로 구분하여 산정하며, 개별배출부하량은 폐수형태로 상시 부하되는 점오염원과 초지, 농경지 또는 야적지에 살포된 상태에서 강우시 배출되는 비점오염원으로 구분하여 산정한 후 합산함
- 기초시설 배출유량은 축산폐수공공 및 공동처리시설에서 실측한 방류유량을 적용하며, 기초시설 배출부하량은 기초시설 배출유량에 실측농도를 곱하여 산정

(3) 산업계

- 폐수배출유량은 개별배출시설에서 방류하는 유량과 폐수종말처리시설에서 방류하는 유량을 구분하여 산정하였으며, 배출부하량은 개별배출시설의 배출부하량과 폐수종말처리시설의 배출부하량을 구분하여 산정
- 개별배출유량은 폐수종말처리시설을 거치지 않고 사업장의 개별처리시설에서 배출하는 폐수유량을 적용하였으며, 개별배출부하량은 폐수종말처리시설을 거치지 않는 사업장의 발생부하량에서 개별삭감량을 감하여 산정
- 관거배출유량은 폐수처리구역에서 처리시설로 관거이송시 누수, 월류를 통해 배출되는 유량을 말하며, 관거유입량에 누수유량비와 월류유량비를 각각 곱하여 산정하고 관거배출부하량은 폐수처리구역에서 처리시설로 관거이송시 누수, 월류를 통해 배출되는 양을 말하며, 관거유입량에 누수부하비와 월류부하비를 각각 곱하여 산정
- 폐수종말처리시설의 배출유량은 실측한 폐수 방류유량을 적용하며, 배출부하량은 폐수종말처리시설의 배출유량에 실측농도를 곱하여 산정

(4) 토지계

- 토지계 배출유량은 하수처리구역(차집구역)으로부터 유효 강우시 토지에서 유출수가 오·폐수처리시설에 연결된 관거에 침투되어 누수나 월류를 통해 배출되는 유량과 처리시설에서 실측한 총 방류량에 방류비를 곱한 양을 합하여 산정
- 토지계 배출부하량은 지목별 발생부하량과 관거배출부하량 및 공공하수처리시설 배출부하량으로 구분하여 산정
 - 지목별배출부하량은 발생부하량과 동일하며, 산정방법은 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위 및 강우배출비를 적용하여 월별 배출부하량을 산정
 - 관거배출부하량은 차집구역으로부터 유효강우시 토지유출수가 오·폐수처리시설에 연결된 관거에 침투되어 누수, 월류를 통해 배출되는 양을 말하며, 관거유입량에 누수부하비와 월류부하비를 각각 곱하여 산정

- 하수종말처리시설에 의한 토지계 배출부하량은 강우시 산정된 배출부하량에서 생활계에 의한 배출부하량을 감한 값으로 산정

(5) 양식계

- 배출부하량 산정방법이 양식장 시설면적에 배출부하량 원단위를 적용하므로 오·폐수배출유량 산정을 제외함
- 개별 양식장에서 처리시설을 운영하지 않고, 환경기초시설로 유입 또는 별도의 삭감시설이 없기 때문에 발생부하량을 배출부하량으로 산정
 - 산정방법은 사료투여량 자료가 확보된 경우 양식장의 사료투여량(kg/월)에 발생부하비를 곱하여 월별로 산정하거나, 사료투여량 자료가 없는 경우는 시설면적에 시설면적기준 발생부하원단위를 곱하여 산정

(6) 매립계

- 폐기물 매립시설의 침출수 방류유량에 방류농도를 곱하여 월별로 산정

3) 오염부하량 산정결과

(1) 생활계

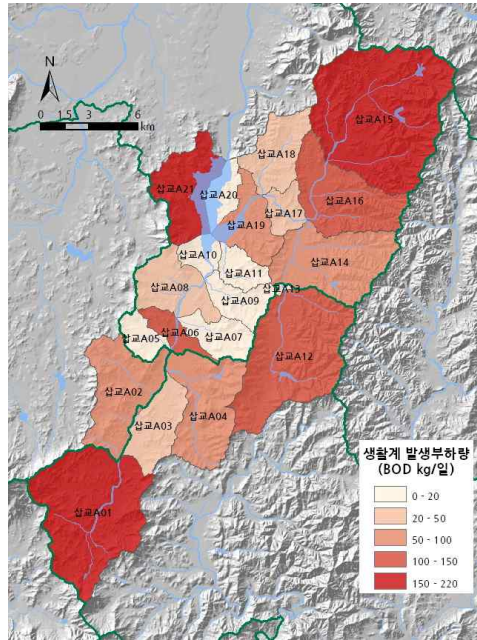
- 생활계 발생부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 1,511.1kg/일, T-N 기준 419.7kg/일, T-P 기준 45.2kg/일이 발생함
 - 생활계 발생부하량은 삼교A15, 삼교A21, 삼교A01 순으로 높은 비율을 차지함
- 생활계 배출부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 580.8kg/일, T-N 기준 292.4kg/일, T-P 기준 29.9kg/일이 발생함
 - 생활계 BOD 및 T-N 배출부하량은 삼교A15, 삼교A21, 삼교A01 순으로 높은 비율을 차지함
 - 생활계 T-P 배출부하량은 삼교A15, 삼교A01, 삼교A21 순으로 높은 비율을 차지함
- 생활계 발생 및 배출부하량 분포도를 살펴보면 삼교A15, 삼교A21, 삼교A01 유역에서 발생 및 배출부하량이 밀집되어 있음

<표 4-15> 소유역별 생활계 발생부하량

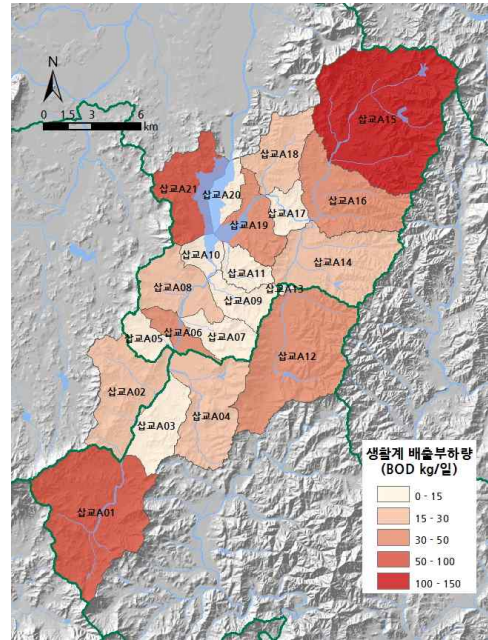
소유역	생활계 발생부하량					
	BOD(kg/일)	비율(%)	T-N(kg/일)	비율(%)	T-P(kg/일)	비율(%)
삽교A01	154.0	10.2	42.1	10.0	4.6	10.2
삽교A02	68.5	4.5	18.6	4.4	2.0	4.4
삽교A03	44.3	2.9	12.0	2.9	1.3	2.9
삽교A04	92.6	6.1	25.4	6.1	2.8	6.2
삽교A05	19.8	1.3	5.4	1.3	0.6	1.3
삽교A06	122.1	8.1	34.8	8.3	3.7	8.2
삽교A07	13.8	0.9	3.8	0.9	0.4	0.9
삽교A08	41.4	2.7	11.3	2.7	1.2	2.7
삽교A09	15.6	1.0	4.2	1.0	0.5	1.1
삽교A10	20.0	1.3	5.5	1.3	0.6	1.3
삽교A11	19.7	1.3	5.4	1.3	0.6	1.3
삽교A12	115.2	7.6	31.5	7.5	3.4	7.5
삽교A13	2.3	0.2	0.6	0.1	0.1	0.2
삽교A14	91.0	6.0	25.3	6.0	2.7	6.0
삽교A15	219.2	14.5	61.0	14.5	6.6	14.6
삽교A16	135.7	9.0	38.2	9.1	4.1	9.1
삽교A17	45.3	3.0	13.2	3.1	1.4	3.1
삽교A18	33.6	2.2	9.2	2.2	1.0	2.2
삽교A19	63.3	4.2	17.4	4.1	1.9	4.2
삽교A20	19.9	1.3	5.6	1.3	0.6	1.3
삽교A21	173.7	11.5	49.3	11.7	5.2	11.5
총합계	1,511.1	100.0	419.7	100.0	45.2	100.0

<표 4-16> 소유역별 생활계 배출부하량

소유역	생활계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	56.2	9.7	31.4	10.7	3.4	11.4
삽교A02	25.7	4.4	16.9	5.8	1.9	6.4
삽교A03	9.0	1.5	5.9	2.0	0.6	2.0
삽교A04	22.1	3.8	17.0	5.8	1.8	6.0
삽교A05	8.6	1.5	3.8	1.3	0.4	1.3
삽교A06	34.8	6.0	21.8	7.5	2.1	7.0
삽교A07	8.6	1.5	2.6	0.9	0.3	1.0
삽교A08	16.4	2.8	6.2	2.1	0.7	2.3
삽교A09	6.5	1.1	3.4	1.2	0.3	1.0
삽교A10	5.7	1.0	2.1	0.7	0.2	0.7
삽교A11	5.7	1.0	4.1	1.4	0.4	1.3
삽교A12	38.7	6.7	24.7	8.4	2.7	9.0
삽교A13	1.2	0.2	0.6	0.2	0.1	0.3
삽교A14	21.0	3.6	14.8	5.1	1.4	4.7
삽교A15	136.4	23.5	49.0	16.8	4.7	15.7
삽교A16	34.1	5.9	24.6	8.4	2.3	7.7
삽교A17	11.3	1.9	7.5	2.6	0.7	2.3
삽교A18	19.3	3.3	6.4	2.2	0.7	2.3
삽교A19	31.0	5.3	11.5	3.9	1.2	4.0
삽교A20	7.6	1.3	4.2	1.4	0.4	1.3
삽교A21	81.0	13.9	33.9	11.6	3.3	11.0
총합계	580.8	100.0	292.4	100.0	29.9	100.0

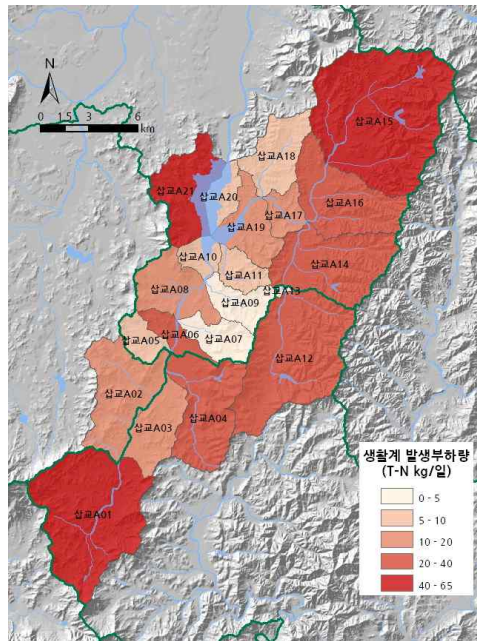


발생부하량

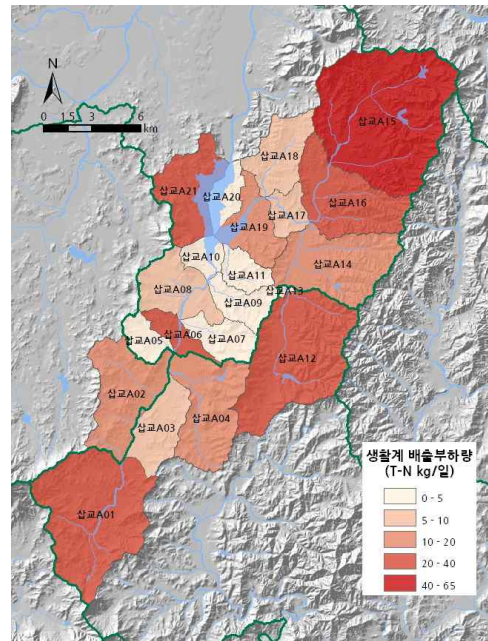


배출부하량

[그림 4-12] 생활계 부하량(BOD₅)

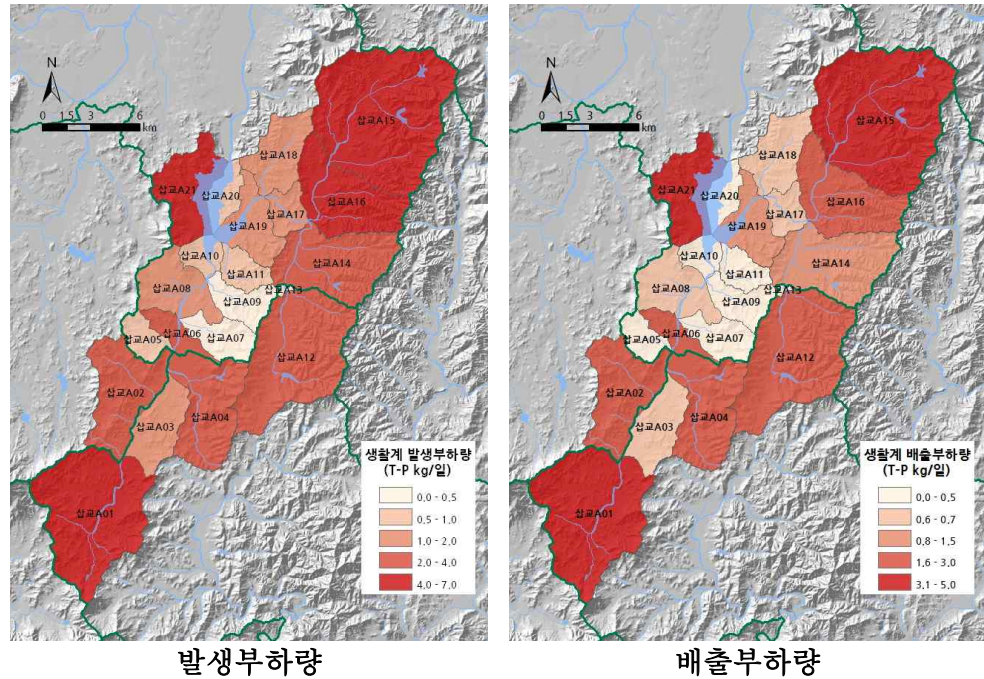


발생부하량



배출부하량

[그림 4-13] 생활계 부하량(T-N)



[그림 4-14] 생활계 부하량(T-P)

(2) 축산계

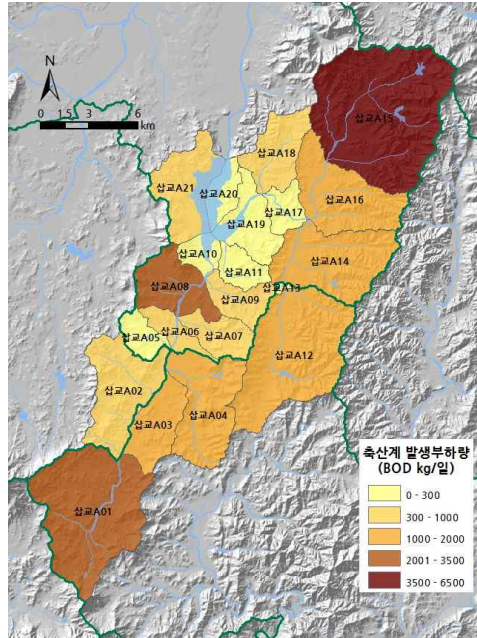
- 축산계 발생부하량은 해당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 25,019.2kg/일, T-N 기준 5,802.0kg/일, T-P 기준 2,071.9kg/일이 발생함
 - 축산계 발생부하량은 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 순으로 높은 비율을 차지함
- 축산계 배출부하량은 해당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 2,177.0kg/일, T-N 기준 1,278.2kg/일, T-P 기준 142.4kg/일이 발생함
 - 축산계 발생부하량은 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 순으로 높은 비율을 차지함
- 축산계 발생 및 배출부하량 분포도를 살펴보면 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 유역에 발생 및 배출부하량이 밀집되어 있음

<표 4-17> 소유역별 축산계 발생부하량

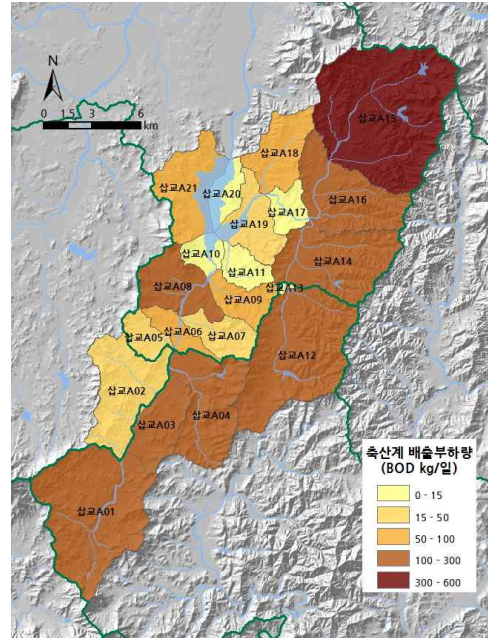
소유역	축산계 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	3,223.1	12.9	690.4	11.9	242.5	11.7
삽교A02	460.2	1.8	106.3	1.8	37.9	1.8
삽교A03	1,471.5	5.9	329.8	5.7	116.6	5.6
삽교A04	1,360.7	5.4	316.9	5.5	114.1	5.5
삽교A05	283.9	1.1	64.3	1.1	20.9	1.0
삽교A06	661.8	2.6	146.7	2.5	47.7	2.3
삽교A07	525.1	2.1	121.7	2.1	43.2	2.1
삽교A08	2,488.9	9.9	615.5	10.6	241.8	11.7
삽교A09	832.4	3.3	191.4	3.3	66.5	3.2
삽교A10	96.7	0.4	26.5	0.5	9.2	0.4
삽교A11	214.8	0.9	47.8	0.8	14.8	0.7
삽교A12	1,879.6	7.5	432.9	7.5	148.5	7.2
삽교A13	31.1	0.1	7.0	0.1	2.2	0.1
삽교A14	1,423.6	5.7	335.5	5.8	120.9	5.8
삽교A15	6,471.5	25.9	1,513.1	26.1	531.0	25.6
삽교A16	1,644.1	6.6	394.1	6.8	145.5	7.0
삽교A17	42.1	0.2	11.2	0.2	3.8	0.2
삽교A18	901.0	3.6	217.5	3.7	83.7	4.0
삽교A19	253.6	1.0	57.1	1.0	21.1	1.0
삽교A20	33.8	0.1	8.0	0.1	2.7	0.1
삽교A21	719.9	2.9	168.5	2.9	57.4	2.8
총합계	25,019.2	100.0	5,802.0	100.0	2,071.9	100.0

<표 4-18> 소유역별 축산계 배출부하량

소유역	축산계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	289.7	13.3	139.0	10.9	15.3	10.8
삽교A02	41.2	1.9	24.7	1.9	2.8	1.9
삽교A03	132.1	6.1	64.8	5.1	7.2	5.1
삽교A04	122.2	5.6	66.4	5.2	7.6	5.4
삽교A05	25.5	1.2	15.4	1.2	1.6	1.1
삽교A06	59.2	2.7	34.9	2.7	3.5	2.5
삽교A07	47.0	2.2	29.0	2.3	3.2	2.3
삽교A08	177.1	8.1	124.7	9.8	15.0	10.5
삽교A09	74.4	3.4	45.6	3.6	5.0	3.5
삽교A10	8.6	0.4	6.3	0.5	0.7	0.5
삽교A11	14.6	0.7	8.7	0.7	0.8	0.6
삽교A12	168.8	7.8	78.7	6.2	8.4	5.9
삽교A13	2.8	0.1	1.2	0.1	0.1	0.1
삽교A14	127.6	5.9	80.0	6.3	9.0	6.3
삽교A15	580.5	26.7	361.9	28.3	39.7	27.9
삽교A16	147.5	6.8	94.3	7.4	10.9	7.6
삽교A17	3.8	0.2	2.7	0.2	0.3	0.2
삽교A18	64.4	3.0	44.0	3.4	5.2	3.6
삽교A19	22.5	1.0	13.5	1.1	1.6	1.1
삽교A20	3.0	0.1	1.9	0.2	0.2	0.1
삽교A21	64.7	3.0	40.4	3.2	4.3	3.0
총합계	2,177.0	100.0	1,278.2	100.0	142.4	100.0

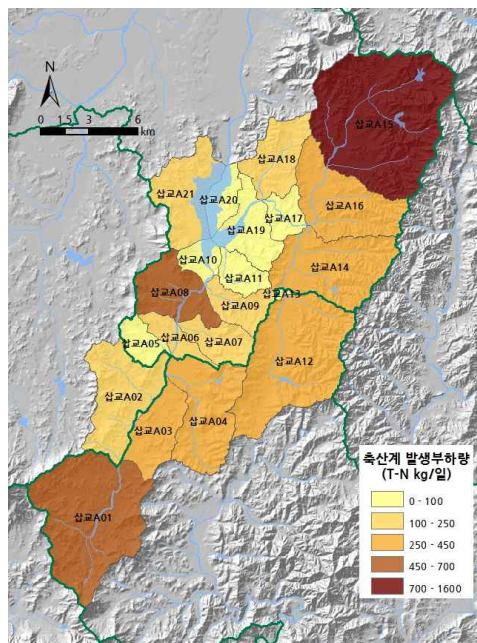


발생부하량

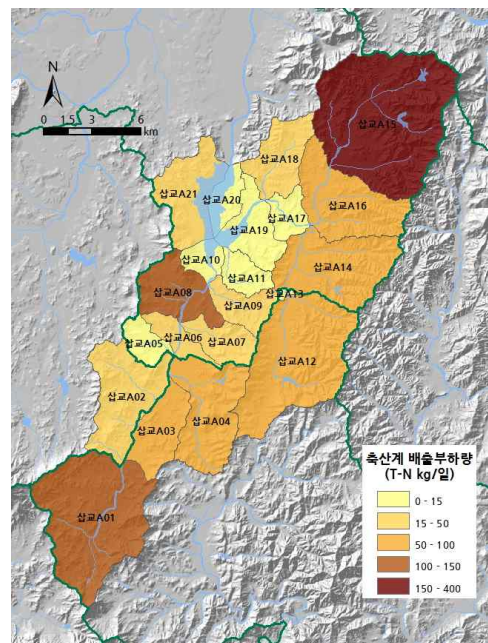


배출부하량

[그림 4-15] 축산계 부하량(BOD₅)

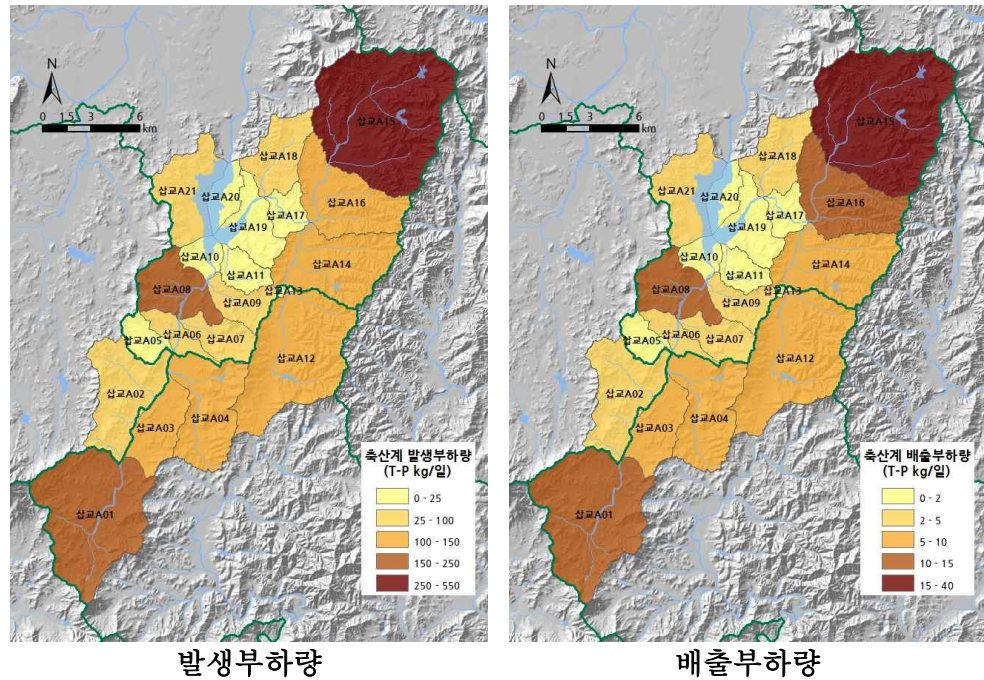


발생부하량



배출부하량

[그림 4-16] 축산계 부하량(T-N)



[그림 4-17] 축산계 부하량(T-P)

(3) 산업계

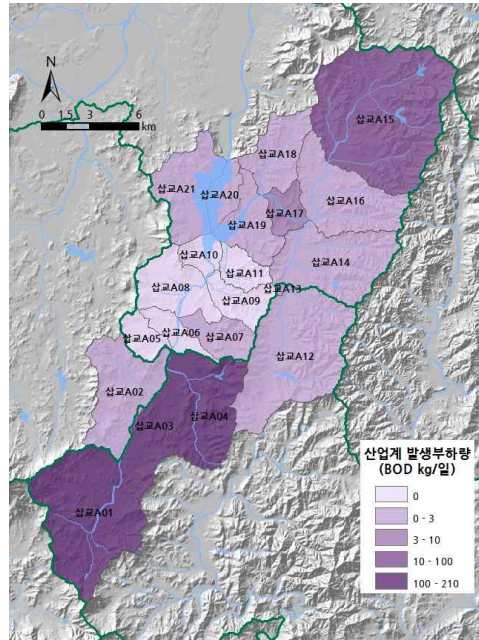
- 산업계 발생부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 567.8kg/일, T-N 기준 66.3kg/일, T-P 기준 9.8kg/일이 발생함
 - 산업계 BOD 발생부하량은 삼교A01, 삼교A04, 삼교A03 순으로 높은 비율을 차지함
 - 산업계 T-N 및 T-P 발생부하량은 삼교A01, 삼교A03, 삼교A04 순으로 높은 비율을 차지함
- 산업계 배출부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 8.5kg/일, T-N 기준 11.2kg/일, T-P 기준 2.8kg/일이 발생함
 - 산업계 발생부하량은 삼교A01, 삼교A03, 삼교A04 순으로 높은 비율을 차지함
- 산업계 발생 및 배출부하량 분포도를 살펴보면 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 유역에 발생 및 배출부하량이 밀집되어 있음

<표 4-19> 소유역별 산업계 발생부하량

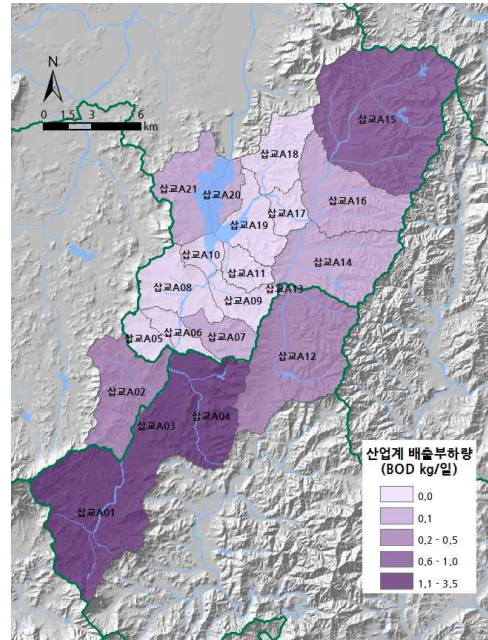
소유역	산업계 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	208.6	36.7	32.5	49.0	3.2	32.8
삽교A02	3.0	0.5	0.5	0.7	1.6	16.1
삽교A03	132.1	23.3	20.3	30.6	2.0	20.2
삽교A04	149.7	26.4	8.9	13.4	1.8	18.2
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.4	0.1	0.2	0.3	0.0	0.3
삽교A13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.4	0.1	0.1	0.1	0.0	0.2
삽교A15	64.1	11.3	2.2	3.4	0.8	8.4
삽교A16	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1
삽교A17	8.8	1.6	1.6	2.4	0.3	3.5
삽교A18	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	567.8	100.0	66.3	100.0	9.8	100.0

<표 4-20> 소유역별 산업계 배출부하량

소유역	산업계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	3.0	35.3	5.4	48.1	1.1	39.5
삽교A02	0.4	4.3	0.1	1.2	0.4	15.1
삽교A03	2.1	24.7	3.8	34.0	0.7	25.9
삽교A04	2.1	24.1	1.7	15.5	0.5	18.0
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.1	1.3	0.0	0.3	0.0	0.1
삽교A13	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A15	0.9	10.0	0.1	1.0	0.0	1.3
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	8.5	100.0	11.2	100.0	2.8	100.0

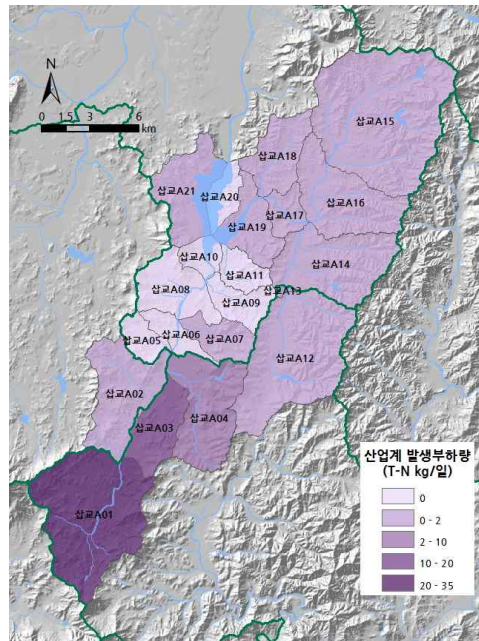


발생부하량

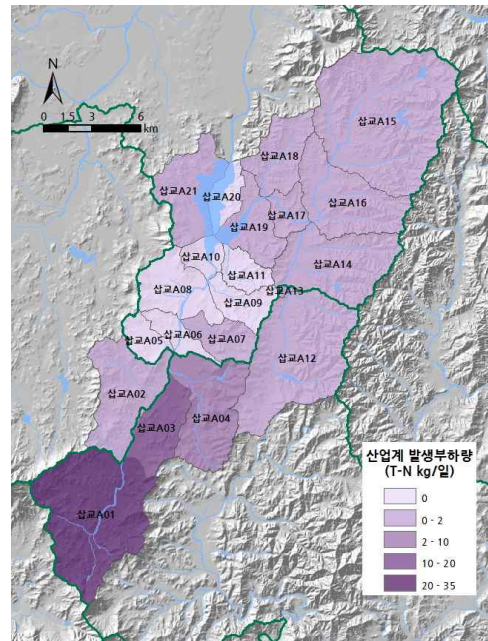


배출부하량

[그림 4-18] 산업계 부하량(BOD₅)

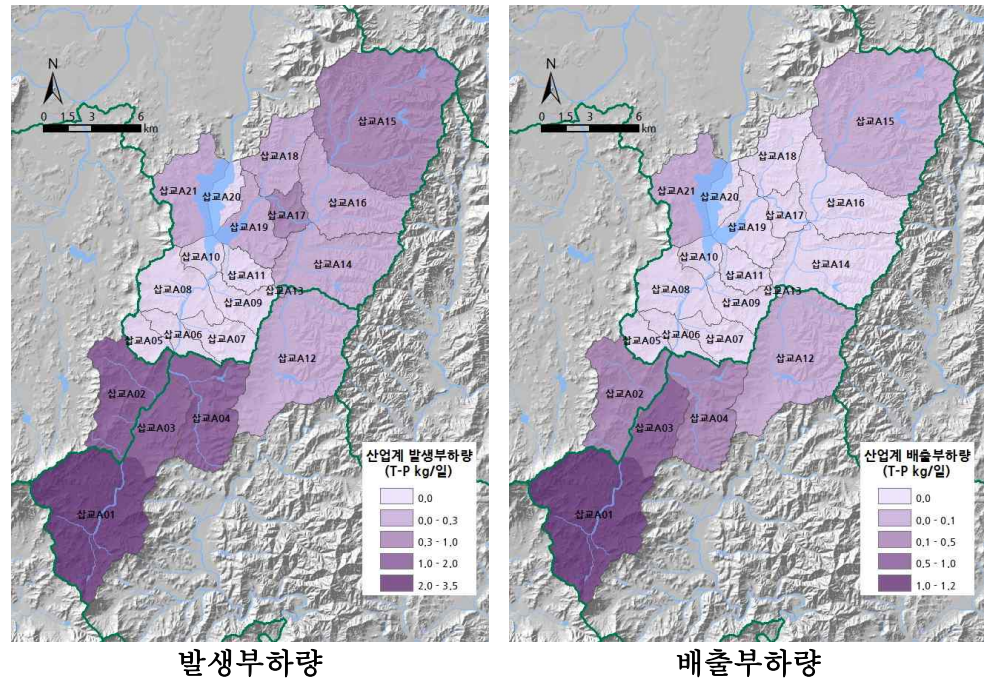


발생부하량



배출부하량

[그림 4-19] 산업계 부하량(T-N)



[그림 4-20] 산업계 부하량(T-P)

(4) 토지계

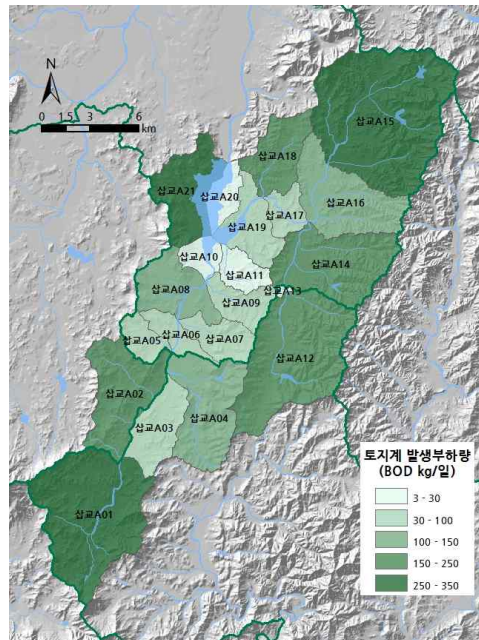
- 토지계 발생 및 배출부하량은 해당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 2,588.2kg/일, T-N 기준 1,812.3kg/일, T-P 기준 142.0kg/일임
 - 토지계 BOD 및 T-P 발생 및 배출부하량은 삼교A01, 삼교A15, 삼교A21 순으로 높은 비율을 차지함
 - 토지계 T-N 발생 및 배출부하량은 삼교A15, 삼교A01, 삼교A21 순으로 높은 비율을 차지함
- 산업계 발생 및 배출부하량 분포도를 살펴보면 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 유역에 발생 및 배출부하량이 밀집되어 있음

<표 4-21> 소유역별 토지계 발생부하량

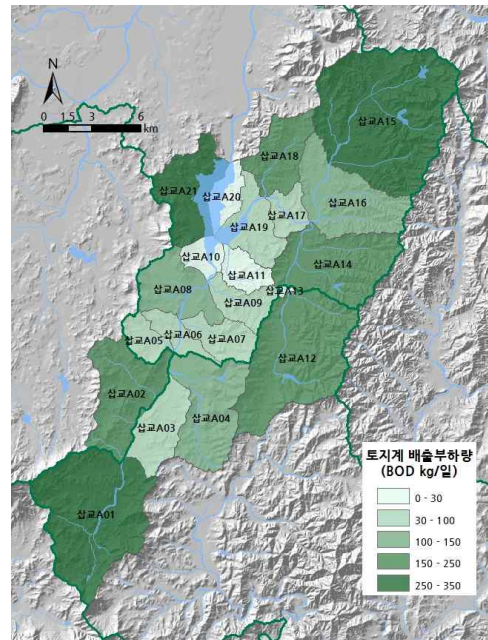
소유역	토지계 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	333.4	12.9	233.5	12.9	18.6	13.1
삽교A02	222.9	8.6	161.2	8.9	12.7	9.0
삽교A03	92.9	3.6	60.9	3.4	5.0	3.5
삽교A04	149.1	5.8	102.5	5.7	8.2	5.8
삽교A05	50.3	1.9	35.5	2.0	2.8	1.9
삽교A06	52.0	2.0	30.0	1.7	2.4	1.7
삽교A07	38.9	1.5	32.9	1.8	2.5	1.8
삽교A08	128.4	5.0	99.5	5.5	7.7	5.4
삽교A09	38.3	1.5	30.6	1.7	2.4	1.7
삽교A10	28.0	1.1	16.5	0.9	1.3	0.9
삽교A11	29.4	1.1	22.2	1.2	1.7	1.2
삽교A12	186.1	7.2	155.3	8.6	11.6	8.2
삽교A13	3.1	0.1	2.4	0.1	0.2	0.1
삽교A14	174.5	6.7	110.3	6.1	8.9	6.3
삽교A15	287.1	11.1	249.3	13.8	18.4	12.9
삽교A16	118.0	4.6	95.9	5.3	7.4	5.2
삽교A17	50.8	2.0	27.2	1.5	2.4	1.7
삽교A18	234.8	9.1	109.2	6.0	9.6	6.8
삽교A19	65.9	2.5	43.0	2.4	3.4	2.4
삽교A20	27.9	1.1	16.6	0.9	1.2	0.9
삽교A21	276.3	10.7	177.9	9.8	13.8	9.7
총합계	2,588.2	100.0	1,812.3	100.0	142.0	100.0

<표 4-22> 소유역별 토지계 배출부하량

소유역	토지계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	333.4	12.9	233.5	12.9	18.6	13.1
삽교A02	222.9	8.6	161.2	8.9	12.7	9.0
삽교A03	92.9	3.6	60.9	3.4	5.0	3.5
삽교A04	149.1	5.8	102.5	5.7	8.2	5.8
삽교A05	50.3	1.9	35.5	2.0	2.8	1.9
삽교A06	52.0	2.0	30.0	1.7	2.4	1.7
삽교A07	38.9	1.5	32.9	1.8	2.5	1.8
삽교A08	128.4	5.0	99.5	5.5	7.7	5.4
삽교A09	38.3	1.5	30.6	1.7	2.4	1.7
삽교A10	28.0	1.1	16.5	0.9	1.3	0.9
삽교A11	29.4	1.1	22.2	1.2	1.7	1.2
삽교A12	186.1	7.2	155.3	8.6	11.6	8.2
삽교A13	3.1	0.1	2.4	0.1	0.2	0.1
삽교A14	174.5	6.7	110.3	6.1	8.9	6.3
삽교A15	287.1	11.1	249.3	13.8	18.4	12.9
삽교A16	118.0	4.6	95.9	5.3	7.4	5.2
삽교A17	50.8	2.0	27.2	1.5	2.4	1.7
삽교A18	234.8	9.1	109.2	6.0	9.6	6.8
삽교A19	65.9	2.5	43.0	2.4	3.4	2.4
삽교A20	27.9	1.1	16.6	0.9	1.2	0.9
삽교A21	276.3	10.7	177.9	9.8	13.8	9.7
총합계	2,588.2	100.0	1,812.3	100.0	142.0	100.0

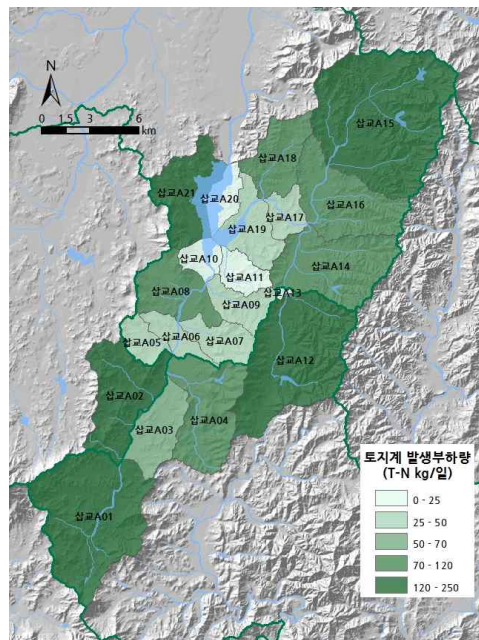


발생부하량

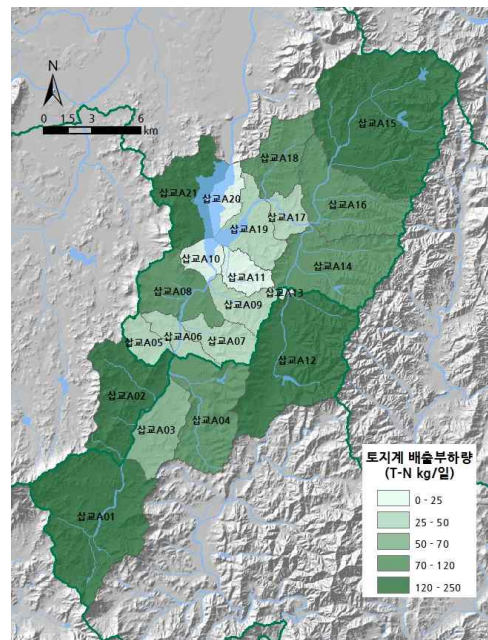


배출부하량

[그림 4-21] 토지계 부하량(BOD₅)

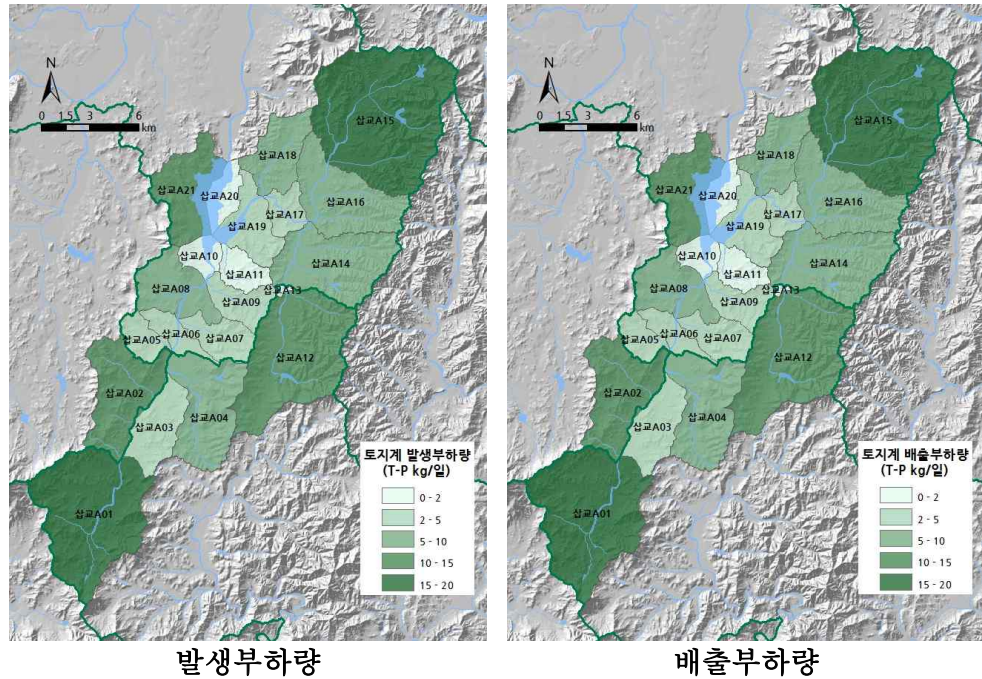


발생부하량



배출부하량

[그림 4-22] 토지계 부하량(T-N)



[그림 4-23] 토지계 부하량(T-P)

(5) 양식계

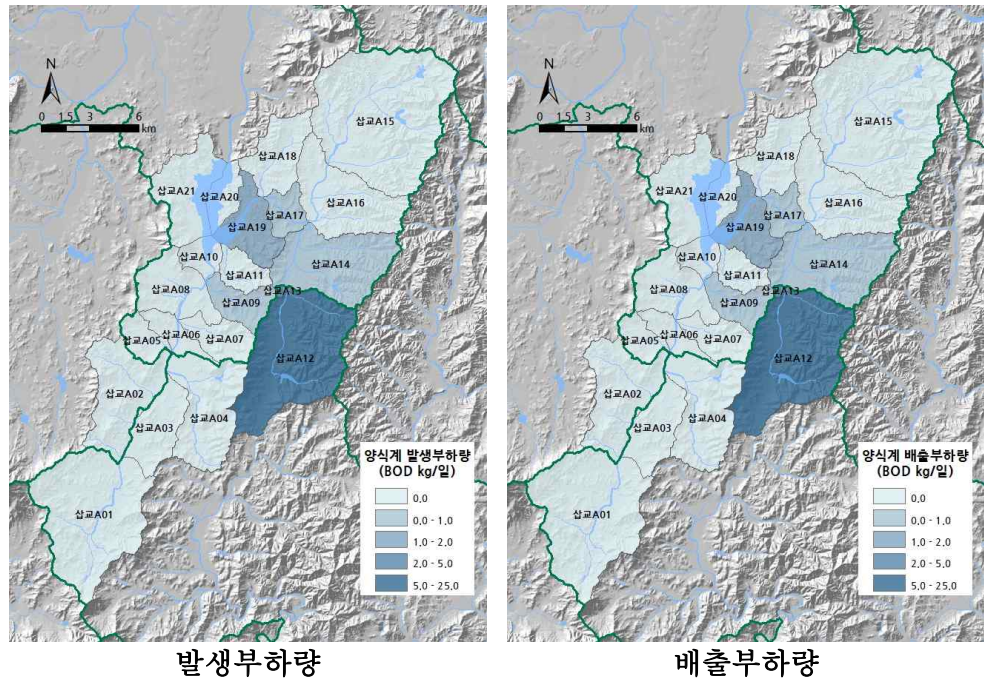
- 양식계 발생 및 배출부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 30.3kg/일, T-N 기준 5.9kg/일, T-P 기준 1.6kg/일임
 - － 양식계 발생 및 배출부하량은 삼교A12, 삼교A13에서 높은 비율을 차지함
- 양식계 발생 및 배출부하량 분포도를 살펴보면 삼교A15, 삼교A01, 삼교A08 유역에 발생 및 배출부하량이 밀집되어 있음

<표 4-23> 소유역별 양식계 발생부하량

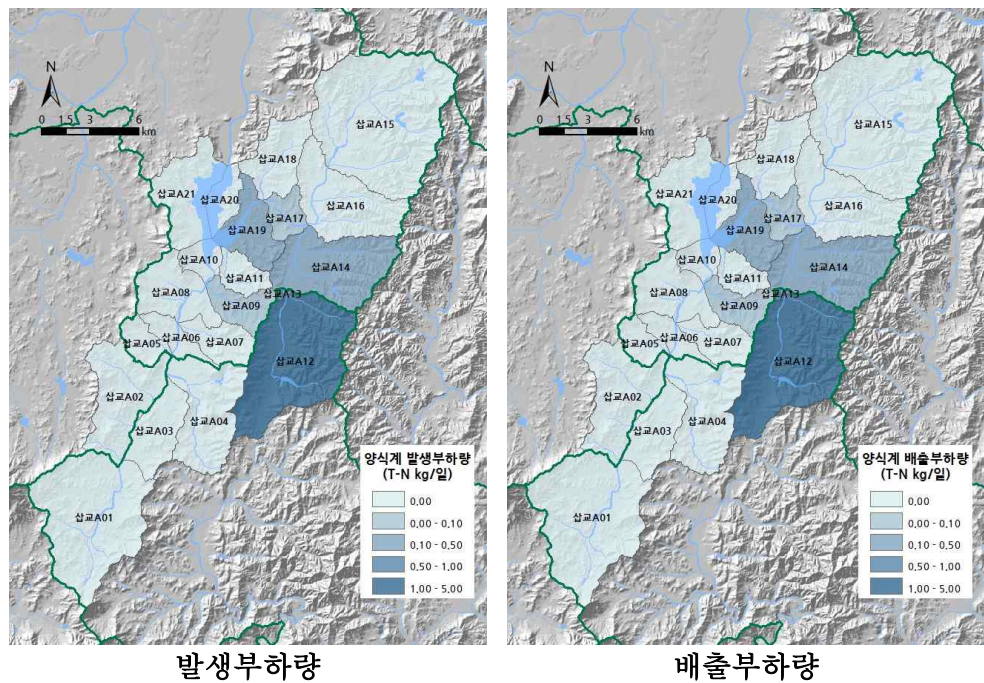
소유역	양식계 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	24.8	81.7	4.8	81.6	1.3	81.8
삽교A13	3.6	11.7	0.7	11.7	0.2	11.7
삽교A14	0.7	2.4	0.1	2.4	0.0	2.4
삽교A15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	1.2	4.0	0.2	4.1	0.1	3.9
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	30.3	100.0	5.9	100.0	1.6	100.0

<표 4-24> 소유역별 양식계 배출부하량

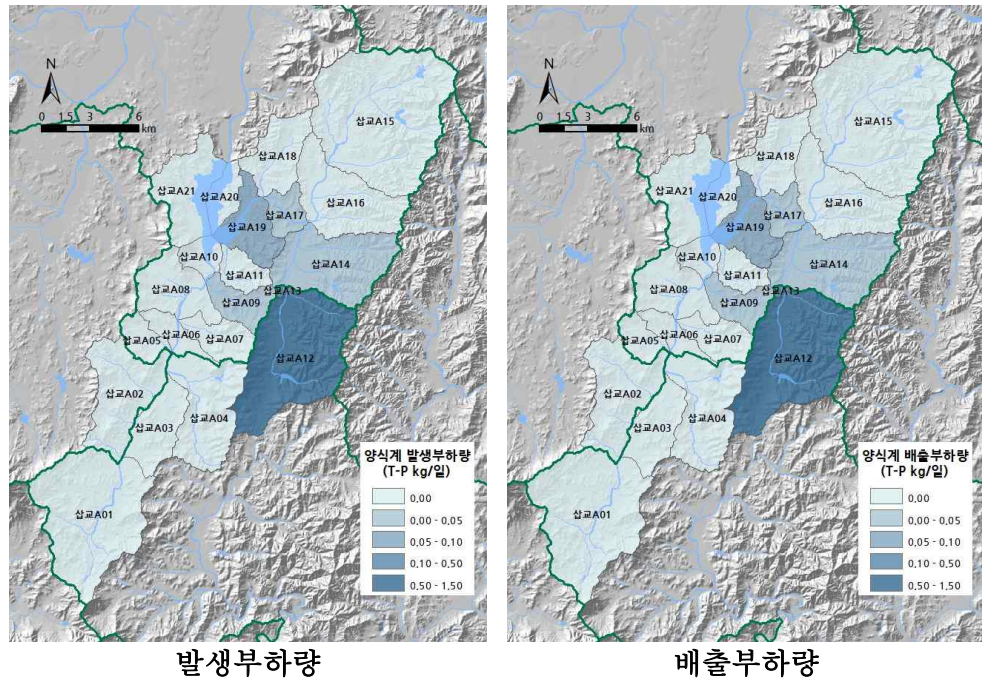
소유역	양식계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	24.8	81.7	4.8	81.6	1.3	81.8
삽교A13	3.6	11.7	0.7	11.7	0.2	11.7
삽교A14	0.7	2.4	0.1	2.4	0.0	2.4
삽교A15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	1.2	4.0	0.2	4.1	0.1	3.9
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	30.3	100.0	5.9	100.0	1.6	100.0



[그림 4-24] 양식계 부하량(BOD₅)



[그림 4-25] 양식계 부하량(T-N)



[그림 4-26] 양식계 부하량(T-P)

(6) 매립계

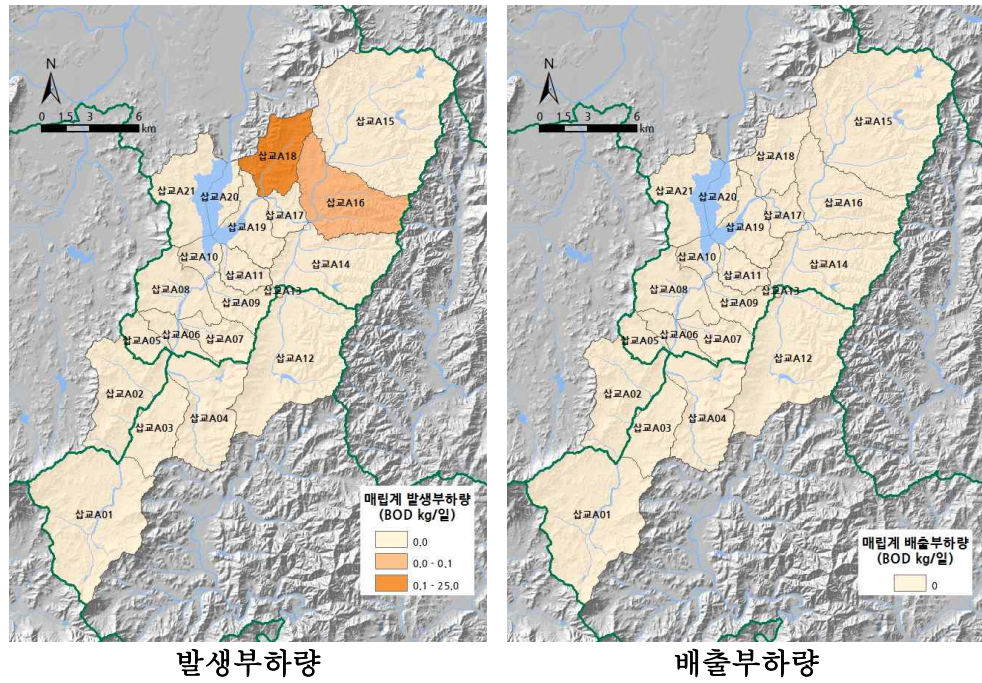
- 매립계 발생부하량은 삼교A18 유역에서 발생하며, BOD 기준 21.7kg/일, T-N 기준 16.2kg/일, T-P 기준 0.2kg/일임
- 예당저수지 유역에서 매립계 배출부하량이 없음

<표 4-25> 소유역별 매립계 발생부하량

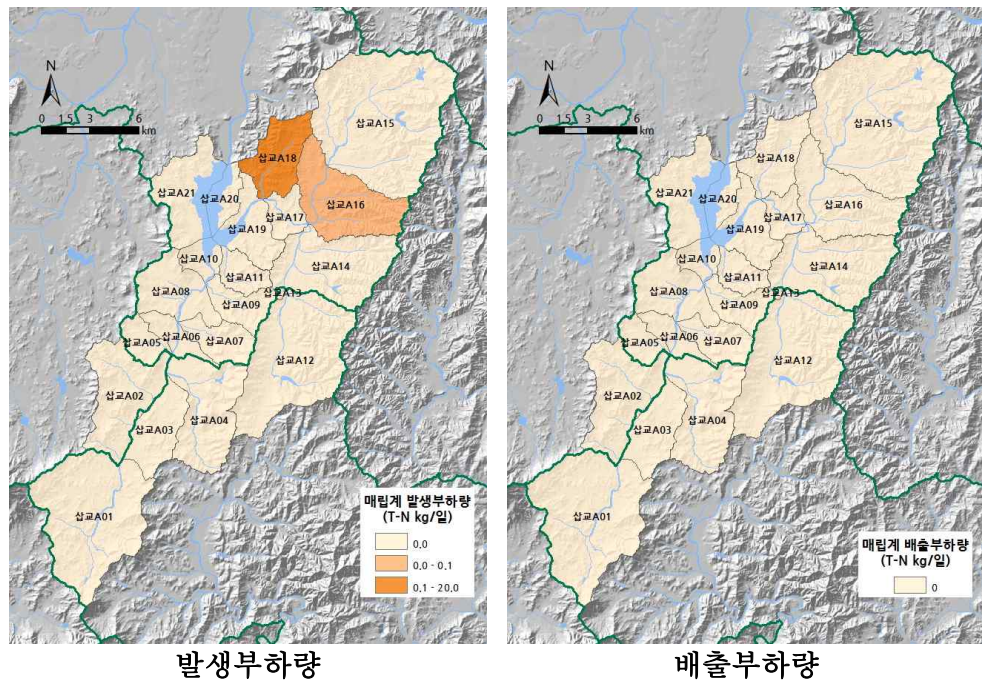
소유역	매립계 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A18	21.7	100.0	16.2	100.0	0.2	100.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	21.7	100.0	16.2	100.0	0.2	100.0

<표 4-26> 소유역별 매립계 배출부하량

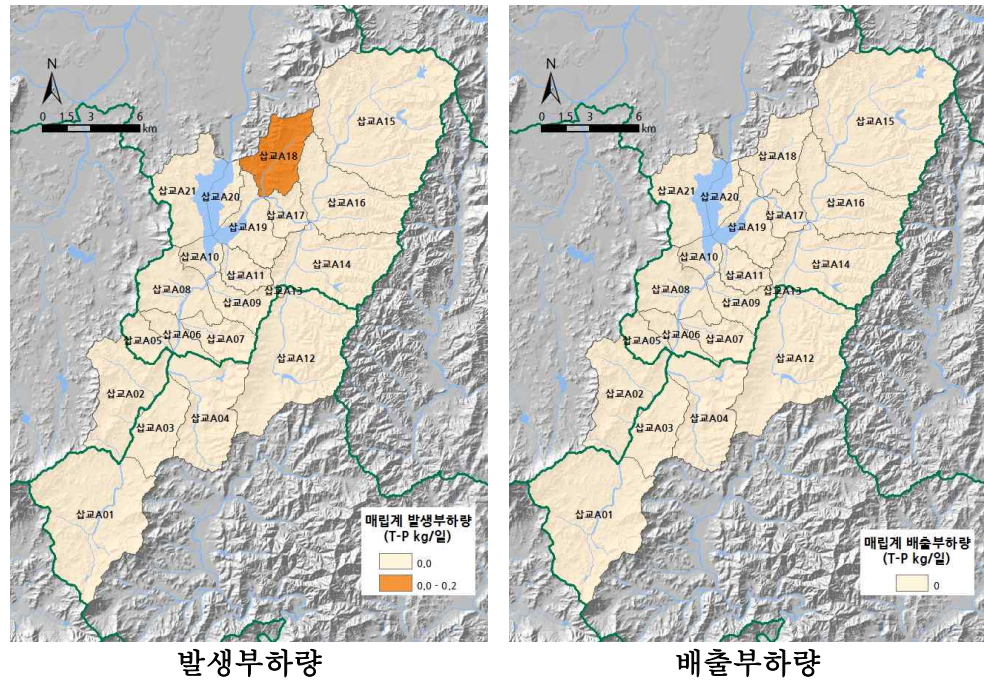
소유역	매립계 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
삽교A01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



[그림 4-27] 매립계 부하량(BOD₅)



[그림 4-28] 매립계 부하량(T-N)



[그림 4-29] 매립계 부하량(T-P)

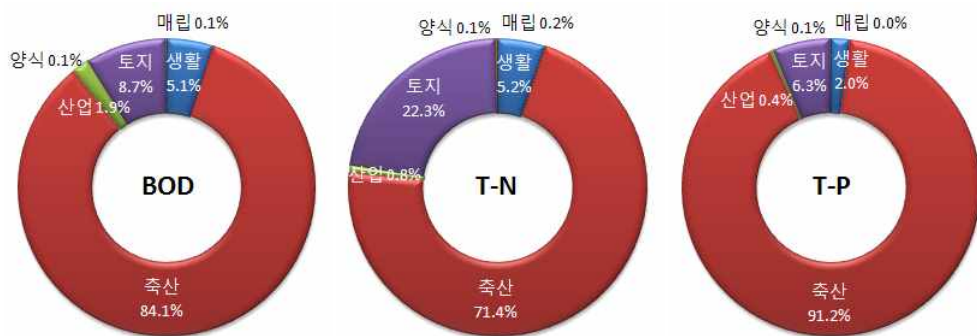
(7) 총 오염부하량

■ 총 발생부하량

- 총 발생부하량은 예당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 29,738.2kg/일, T-N 기준 8,122.5kg/일, T-P 기준 2,270.7kg/일임
- 오염원별로 축산계 발생부하량이 BOD 84.1%, T-N 71.4%, T-P 91.2%로써 가장 큰 비율을 차지하고 그 다음으로 토지계가 BOD 8.7%, T-N 22.3%, T-P 6.3%, 생활계가 BOD 5.1%, T-N 5.2%, T-P 2.0%로 나타났으며, 산업계와 양식계, 매립계는 전체 발생부하량에 비해 미미한 수준인 것으로 나타남

<표 4-27> 오염원별 총 발생부하량

소유역	총 발생부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
생 활	1,511.1	5.1	419.7	5.2	45.2	2.0
축 산	25,019.2	84.1	5,802.0	71.4	2,071.9	91.2
산 업	567.8	1.9	66.3	0.8	9.8	0.4
토 지	2,588.2	8.7	1,812.3	22.3	142.0	6.3
양 식	30.3	0.1	5.9	0.1	1.6	0.1
매 립	21.7	0.1	16.2	0.2	0.2	0.0
총합계	29,738.2	100.0	8,122.5	100.0	2,270.7	100.0



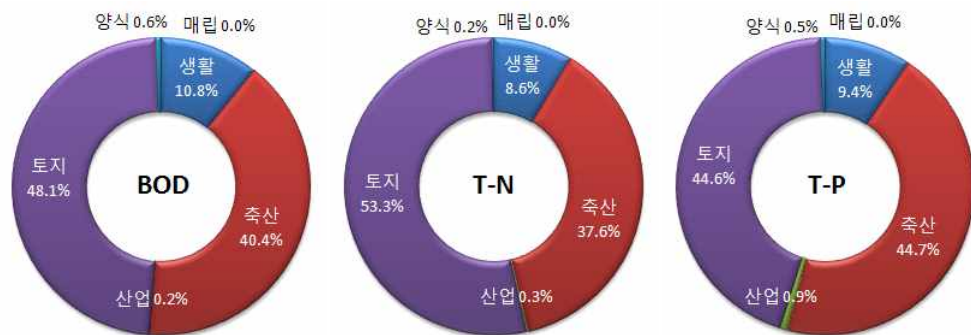
[그림 4-30] 오염원별 총 발생부하량

■ 총 배출부하량

- 총 배출부하량은 해당저수지 유역 전체에서 BOD 기준 5,384.8kg/일, T-N 기준 3,400.1kg/일, T-P 기준 318.6kg/일임
- 오염원별로 토지계가 BOD 48.1%, T-N 53.3%, T-P 44.6%를 배출하고 축산계가 BOD 40.4%, T-N 37.6%, T-P 44.7%, 생활계가 BOD 10.8%, T-N 8.6%, T-P 9.4%를 배출하는 것으로 나타났으며, 산업계와 양식계는 전체 배출부하량에 비해 미미한 수준이고 매립계는 배출부하량이 0인 것으로 나타남

<표 4-28> 오염원별 총 배출부하량

소유역	총 배출부하량(kg/day)					
	BOD	비율	T-N	비율	T-P	비율
생 활	580.8	10.8	292.4	8.6	29.9	9.4
축 산	2,177.0	40.4	1,278.2	37.6	142.4	44.7
산 업	8.5	0.2	11.2	0.3	2.8	0.9
토 지	2,588.2	48.1	1,812.3	53.3	142.0	44.6
양 식	30.3	0.6	5.9	0.2	1.6	0.5
매 립	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	5,384.8	100.0	3,400.1	100.0	318.6	100.0



[그림 4-31] 오염원별 총 배출부하량

<표 4-29> 소유역별 총 배출부하량(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	계	생활	축산	산업	토지	양식
삼교A01	682.3	56.2	289.7	3.0	333.4	0.0
삼교A02	290.2	25.7	41.2	0.4	222.9	0.0
삼교A03	236.1	9.0	132.1	2.1	92.9	0.0
삼교A04	295.4	22.1	122.2	2.1	149.1	0.0
삼교A05	84.4	8.6	25.5	0.0	50.3	0.0
삼교A06	146.0	34.8	59.2	0.0	52.0	0.0
삼교A07	94.5	8.6	47.0	0.0	38.9	0.0
삼교A08	321.9	16.4	177.1	0.0	128.4	0.0
삼교A09	119.2	6.5	74.4	0.0	38.3	0.0
삼교A10	42.2	5.7	8.6	0.0	28.0	0.0
삼교A11	49.7	5.7	14.6	0.0	29.4	0.0
삼교A12	418.4	38.7	168.8	0.1	186.1	24.8
삼교A13	10.7	1.2	2.8	0.0	3.1	3.6
삼교A14	323.8	21.0	127.6	0.0	174.5	0.7
삼교A15	1,004.8	136.4	580.5	0.9	287.1	0.0
삼교A16	299.5	34.1	147.5	0.0	118.0	0.0
삼교A17	66.0	11.3	3.8	0.0	50.8	0.0
삼교A18	318.4	19.3	64.4	0.0	234.8	0.0
삼교A19	120.6	31.0	22.5	0.0	65.9	1.2
삼교A20	38.5	7.6	3.0	0.0	27.9	0.0
삼교A21	422.0	81.0	64.7	0.0	276.3	0.0
총합계	5,384.8	580.8	2,177.0	8.5	2,588.2	30.3

<표 4-30> 소유역별 총 배출부하량(T-N)

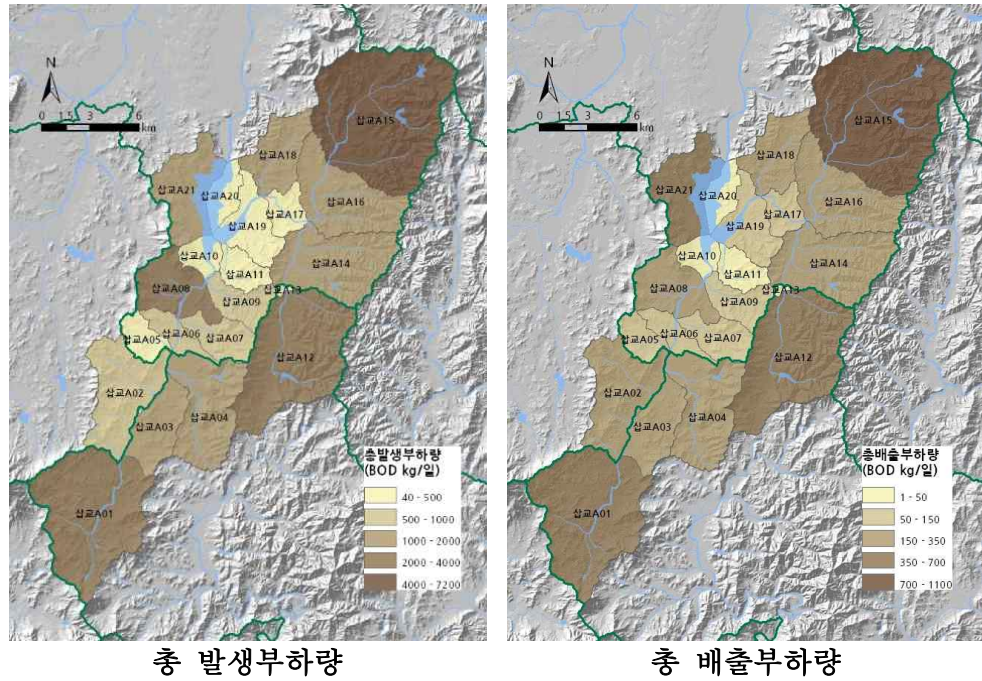
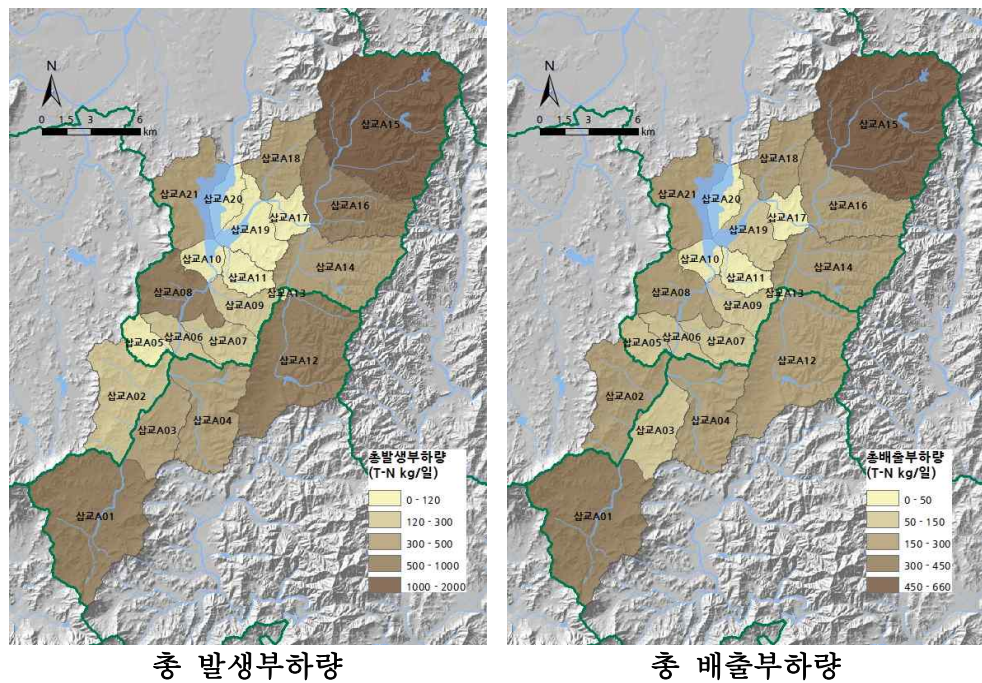
(단위 : kg/일)

소유역	계	생활	축산	산업	토지	양식
삼교A01	409.3	31.4	139.0	5.4	233.5	0.0
삼교A02	202.9	16.9	24.7	0.1	161.2	0.0
삼교A03	135.5	5.9	64.8	3.8	60.9	0.0
삼교A04	187.7	17.0	66.4	1.7	102.5	0.0
삼교A05	54.7	3.8	15.4	0.0	35.5	0.0
삼교A06	86.6	21.8	34.9	0.0	30.0	0.0
삼교A07	64.5	2.6	29.0	0.0	32.9	0.0
삼교A08	230.4	6.2	124.7	0.0	99.5	0.0
삼교A09	79.7	3.4	45.6	0.0	30.6	0.0
삼교A10	24.9	2.1	6.3	0.0	16.5	0.0
삼교A11	35.0	4.1	8.7	0.0	22.2	0.0
삼교A12	263.5	24.7	78.7	0.0	155.3	4.8
삼교A13	4.9	0.6	1.2	0.0	2.4	0.7
삼교A14	205.2	14.8	80.0	0.0	110.3	0.1
삼교A15	660.4	49.0	361.9	0.1	249.3	0.0
삼교A16	214.8	24.6	94.3	0.0	95.9	0.0
삼교A17	37.4	7.5	2.7	0.0	27.2	0.0
삼교A18	159.6	6.4	44.0	0.0	109.2	0.0
삼교A19	68.3	11.5	13.5	0.0	43.0	0.2
삼교A20	22.7	4.2	1.9	0.0	16.6	0.0
삼교A21	252.2	33.9	40.4	0.0	177.9	0.0
총합계	3,400.1	292.4	1,278.2	11.2	1,812.3	5.9

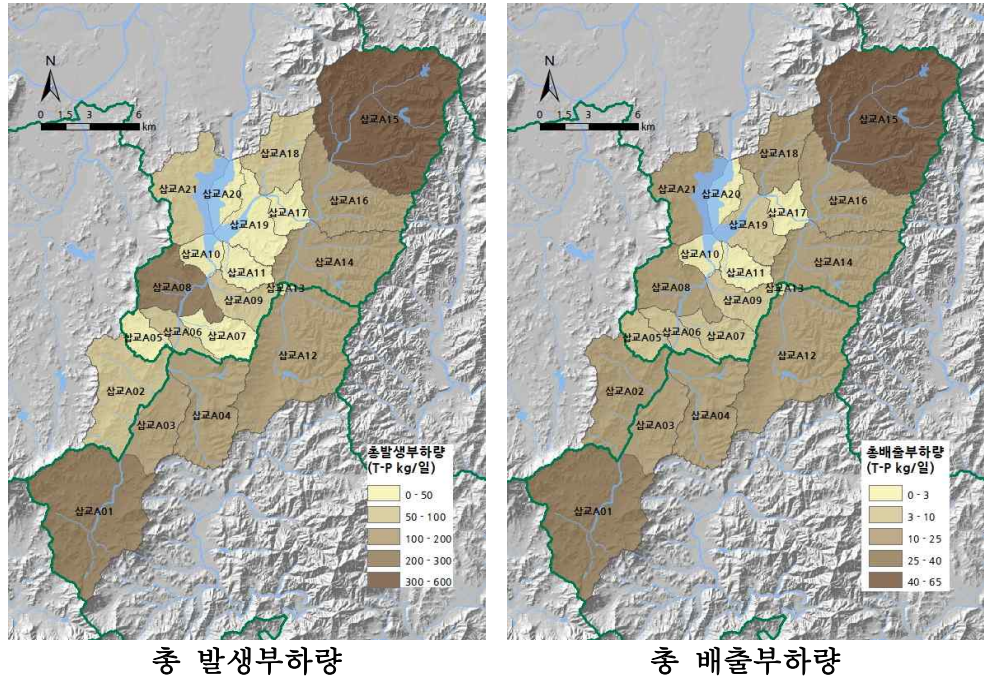
<표 4-31> 소유역별 총 배출부하량(T-P)

(단위 : kg/일)

소유역	계	생활	축산	산업	토지	양식
삼교A01	38.5	3.4	15.3	1.1	18.6	0.0
삼교A02	17.8	1.9	2.8	0.4	12.7	0.0
삼교A03	13.6	0.6	7.2	0.7	5.0	0.0
삼교A04	18.2	1.8	7.6	0.5	8.2	0.0
삼교A05	4.7	0.4	1.6	0.0	2.8	0.0
삼교A06	8.1	2.1	3.5	0.0	2.4	0.0
삼교A07	6.0	0.3	3.2	0.0	2.5	0.0
삼교A08	23.4	0.7	15.0	0.0	7.7	0.0
삼교A09	7.7	0.3	5.0	0.0	2.4	0.0
삼교A10	2.2	0.2	0.7	0.0	1.3	0.0
삼교A11	3.0	0.4	0.8	0.0	1.7	0.0
삼교A12	24.0	2.7	8.4	0.0	11.6	1.3
삼교A13	0.6	0.1	0.1	0.0	0.2	0.2
삼교A14	19.4	1.4	9.0	0.0	8.9	0.0
삼교A15	62.8	4.7	39.7	0.0	18.4	0.0
삼교A16	20.6	2.3	10.9	0.0	7.4	0.0
삼교A17	3.4	0.7	0.3	0.0	2.4	0.0
삼교A18	15.5	0.7	5.2	0.0	9.6	0.0
삼교A19	6.3	1.2	1.6	0.0	3.4	0.1
삼교A20	1.8	0.4	0.2	0.0	1.2	0.0
삼교A21	21.4	3.3	4.3	0.0	13.8	0.0
총합계	318.6	29.9	142.4	2.8	142.0	1.6

[그림 4-32] 소유역 총 부하량(BOD₅)

[그림 4-33] 소유역 총 부하량(T-N)



[그림 4-34] 소유역 총 부하량(T-P)

4. 오염부하밀도

- 오염부하밀도란 유역면적당 발생 및 배출되는 오염물질의 양을 말하며, 오염물질의 양을 해당수계의 유역면적으로 나누어 산정
- 또한, 오염의 정확한 진단을 위하여 그 결과를 조금 더 세분화하여 각 소유역별로 구분하고 그림으로 자세히 나타냄

1) 생활계

- 생활계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삽교A06유역이 22.2kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삽교A21유역이 9.6kg/일·km², 삽교A17유역이 7.8kg/일·km², 삽교A16유역이 5.7kg/일·km² 순으로 나타남
- 생활계 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삽교A06유역이 6.3kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삽교A21유역이 4.5kg/일·km², 그 다음으로 삽교A13, 삽교A15, 삽교A19유역이 각각 2.4kg/일·km², 2.3kg/일·km², 2.5kg/일·km²로 비슷한 양을 나타냄
- 생활계 발생 및 배출부하량은 삽교A15유역이 가장 높게 나타났지만 삽교A06유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-32> 소유역별 생활계 오염부하밀도(BOD₅)

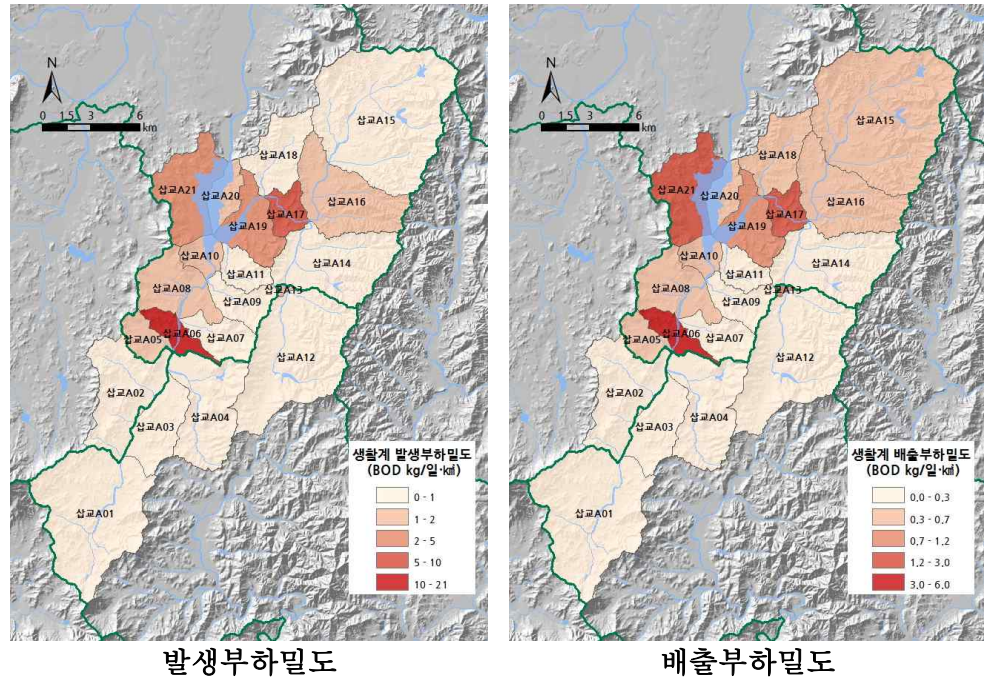
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	154.0	56.2	45.1	3.4	1.2
삽교A02	68.5	25.7	22.8	3.0	1.1
삽교A03	44.3	9.0	12.9	3.4	0.7
삽교A04	92.6	22.1	23.9	3.9	0.9
삽교A05	19.8	8.6	5.7	3.5	1.5
삽교A06	122.1	34.8	5.5	22.2	6.3
삽교A07	13.8	8.6	8.8	1.6	1.0
삽교A08	41.4	16.4	14.8	2.8	1.1
삽교A09	15.6	6.5	8.3	1.9	0.8
삽교A10	20.0	5.7	5.0	4.0	1.1
삽교A11	19.7	5.7	6.1	3.2	0.9
삽교A12	115.2	38.7	41.4	2.8	0.9
삽교A13	2.3	1.2	0.5	4.6	2.4
삽교A14	91.0	21.0	26.9	3.4	0.8
삽교A15	219.2	136.4	59.9	3.7	2.3
삽교A16	135.7	34.1	24.0	5.7	1.4
삽교A17	45.3	11.3	5.8	7.8	1.9
삽교A18	33.6	19.3	13.5	2.5	1.4
삽교A19	63.3	31.0	12.4	5.1	2.5
삽교A20	19.9	7.6	6.1	3.3	1.2
삽교A21	173.7	81.0	18.1	9.6	4.5

<표 4-33> 소유역별 생활계 오염부하밀도(T-N)

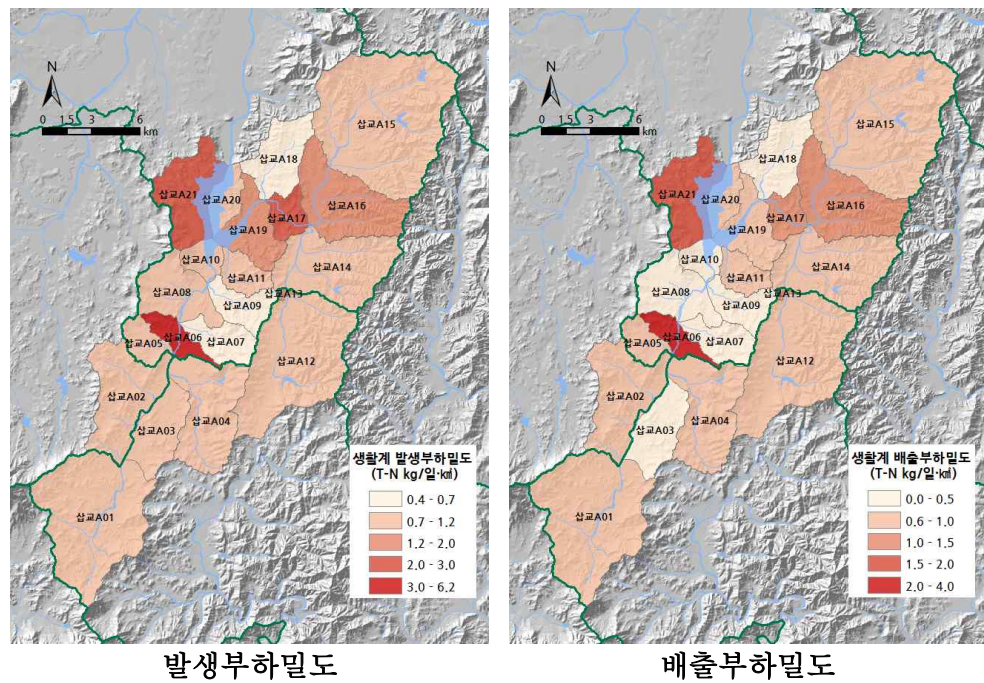
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	42.1	31.4	45.1	0.9	0.7
삽교A02	18.6	16.9	22.8	0.8	0.7
삽교A03	12.0	5.9	12.9	0.9	0.5
삽교A04	25.4	17.0	23.9	1.1	0.7
삽교A05	5.4	3.8	5.7	0.9	0.7
삽교A06	34.8	21.8	5.5	6.3	4.0
삽교A07	3.8	2.6	8.8	0.4	0.3
삽교A08	11.3	6.2	14.8	0.8	0.4
삽교A09	4.2	3.4	8.3	0.5	0.4
삽교A10	5.5	2.1	5.0	1.1	0.4
삽교A11	5.4	4.1	6.1	0.9	0.7
삽교A12	31.5	24.7	41.4	0.8	0.6
삽교A13	0.6	0.6	0.5	1.2	1.2
삽교A14	25.3	14.8	26.9	0.9	0.6
삽교A15	61.0	49.0	59.9	1.0	0.8
삽교A16	38.2	24.6	24.0	1.6	1.0
삽교A17	13.2	7.5	5.8	2.3	1.3
삽교A18	9.2	6.4	13.5	0.7	0.5
삽교A19	17.4	11.5	12.4	1.4	0.9
삽교A20	5.6	4.2	6.1	0.9	0.7
삽교A21	49.3	33.9	18.1	2.7	1.9

<표 4-34> 소유역별 생활계 오염부하밀도(T-P)

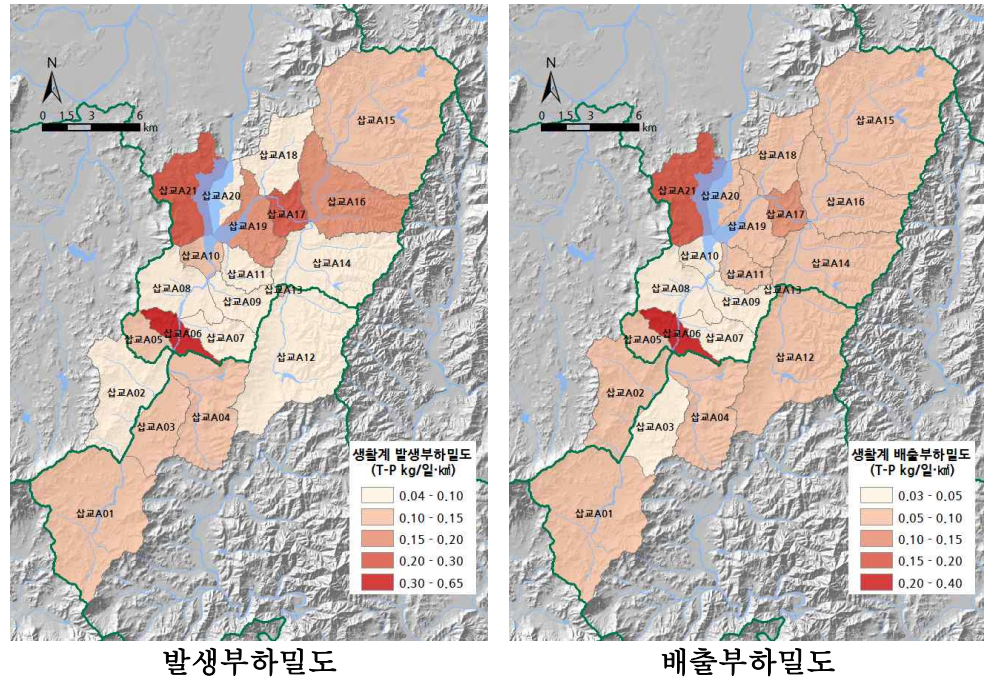
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삼교A01	4.6	3.4	45.1	0.1	0.1
삼교A02	2.0	1.9	22.8	0.1	0.1
삼교A03	1.3	0.6	12.9	0.1	0.0
삼교A04	2.8	1.8	23.9	0.1	0.1
삼교A05	0.6	0.4	5.7	0.1	0.1
삼교A06	3.7	2.1	5.5	0.7	0.4
삼교A07	0.4	0.3	8.8	0.0	0.0
삼교A08	1.2	0.7	14.8	0.1	0.0
삼교A09	0.5	0.3	8.3	0.1	0.0
삼교A10	0.6	0.2	5.0	0.1	0.0
삼교A11	0.6	0.4	6.1	0.1	0.1
삼교A12	3.4	2.7	41.4	0.1	0.1
삼교A13	0.1	0.1	0.5	0.2	0.2
삼교A14	2.7	1.4	26.9	0.1	0.1
삼교A15	6.6	4.7	59.9	0.1	0.1
삼교A16	4.1	2.3	24.0	0.2	0.1
삼교A17	1.4	0.7	5.8	0.2	0.1
삼교A18	1.0	0.7	13.5	0.1	0.1
삼교A19	1.9	1.2	12.4	0.2	0.1
삼교A20	0.6	0.4	6.1	0.1	0.1
삼교A21	5.2	3.3	18.1	0.3	0.2



[그림 4-35] 생활계 오염부하밀도(BOD₅)



[그림 4-36] 생활계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-37] 생활계 오염부하밀도(T-P)

2) 축산계

- 축산계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A08유역이 168.2kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A06유역이 120.3kg/일·km², 삼교A03유역이 114.1kg/일·km², 삼교A15유역이 108.0kg/일·km²로 나타남
- 축산계 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A08유역이 12.0kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A06유역이 10.8kg/일·km², 삼교A03유역이 10.2kg/일·km² 순으로 나타남
- 축산계 발생 및 배출부하량은 삼교A15유역이 가장 높게 나타났지만 삼교A08유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-35> 소유역별 축산계 오염부하밀도(BOD₅)

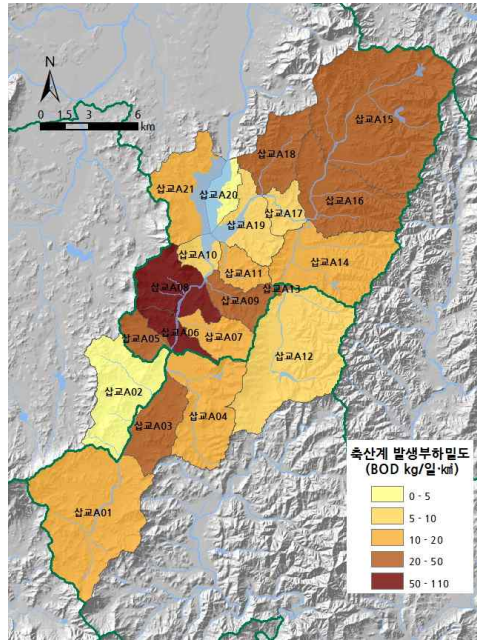
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	3,223.1	289.7	45.1	71.5	6.4
삽교A02	460.2	41.2	22.8	20.2	1.8
삽교A03	1,471.5	132.1	12.9	114.1	10.2
삽교A04	1,360.7	122.2	23.9	56.9	5.1
삽교A05	283.9	25.5	5.7	49.8	4.5
삽교A06	661.8	59.2	5.5	120.3	10.8
삽교A07	525.1	47.0	8.8	59.7	5.3
삽교A08	2,488.9	177.1	14.8	168.2	12.0
삽교A09	832.4	74.4	8.3	100.3	9.0
삽교A10	96.7	8.6	5.0	19.3	1.7
삽교A11	214.8	14.6	6.1	35.2	2.4
삽교A12	1,879.6	168.8	41.4	45.4	4.1
삽교A13	31.1	2.8	0.5	62.2	5.6
삽교A14	1,423.6	127.6	26.9	52.9	4.7
삽교A15	6,471.5	580.5	59.9	108.0	9.7
삽교A16	1,644.1	147.5	24.0	68.5	6.1
삽교A17	42.1	3.8	5.8	7.3	0.7
삽교A18	901.0	64.4	13.5	66.7	4.8
삽교A19	253.6	22.5	12.4	20.5	1.8
삽교A20	33.8	3.0	6.1	5.5	0.5
삽교A21	719.9	64.7	18.1	39.8	3.6

<표 4-36> 소유역별 축산계 오염부하밀도(T-N)

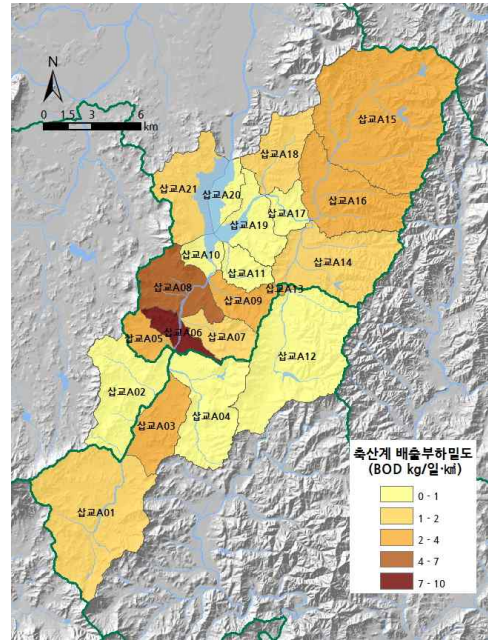
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	690.4	139.0	45.1	15.3	3.1
삽교A02	106.3	24.7	22.8	4.7	1.1
삽교A03	329.8	64.8	12.9	25.6	5.0
삽교A04	316.9	66.4	23.9	13.3	2.8
삽교A05	64.3	15.4	5.7	11.3	2.7
삽교A06	146.7	34.9	5.5	26.7	6.3
삽교A07	121.7	29.0	8.8	13.8	3.3
삽교A08	615.5	124.7	14.8	41.6	8.4
삽교A09	191.4	45.6	8.3	23.1	5.5
삽교A10	26.5	6.3	5.0	5.3	1.3
삽교A11	47.8	8.7	6.1	7.8	1.4
삽교A12	432.9	78.7	41.4	10.5	1.9
삽교A13	7.0	1.2	0.5	14.0	2.4
삽교A14	335.5	80.0	26.9	12.5	3.0
삽교A15	1,513.1	361.9	59.9	25.3	6.0
삽교A16	394.1	94.3	24.0	16.4	3.9
삽교A17	11.2	2.7	5.8	1.9	0.5
삽교A18	217.5	44.0	13.5	16.1	3.3
삽교A19	57.1	13.5	12.4	4.6	1.1
삽교A20	8.0	1.9	6.1	1.3	0.3
삽교A21	168.5	40.4	18.1	9.3	2.2

<표 4-37> 소유역별 축산계 오염부하밀도(T-P)

수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	242.5	15.3	45.1	5.4	0.3
삽교A02	37.9	2.8	22.8	1.7	0.1
삽교A03	116.6	7.2	12.9	9.0	0.6
삽교A04	114.1	7.6	23.9	4.8	0.3
삽교A05	20.9	1.6	5.7	3.7	0.3
삽교A06	47.7	3.5	5.5	8.7	0.6
삽교A07	43.2	3.2	8.8	4.9	0.4
삽교A08	241.8	15.0	14.8	16.3	1.0
삽교A09	66.5	5.0	8.3	8.0	0.6
삽교A10	9.2	0.7	5.0	1.8	0.1
삽교A11	14.8	0.8	6.1	2.4	0.1
삽교A12	148.5	8.4	41.4	3.6	0.2
삽교A13	2.2	0.1	0.5	4.4	0.2
삽교A14	120.9	9.0	26.9	4.5	0.3
삽교A15	531.0	39.7	59.9	8.9	0.7
삽교A16	145.5	10.9	24.0	6.1	0.5
삽교A17	3.8	0.3	5.8	0.7	0.1
삽교A18	83.7	5.2	13.5	6.2	0.4
삽교A19	21.1	1.6	12.4	1.7	0.1
삽교A20	2.7	0.2	6.1	0.4	0.0
삽교A21	57.4	4.3	18.1	3.2	0.2

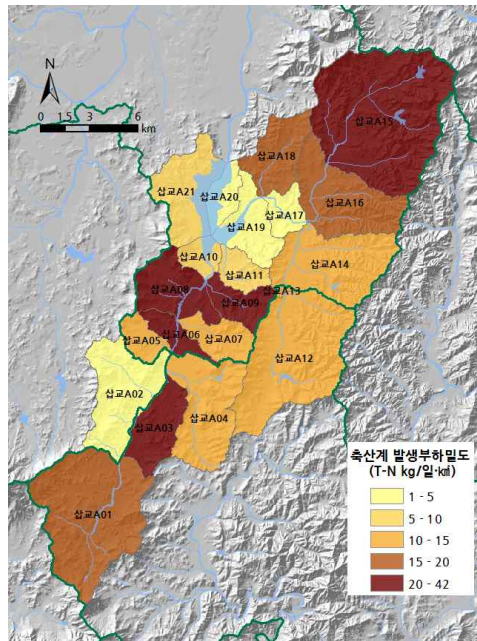


발생부하밀도

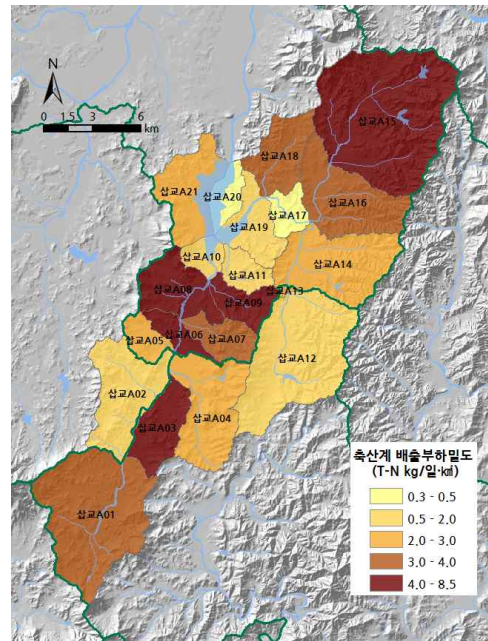


배출부하밀도

[그림 4-38] 축산계 오염부하밀도(BOD₅)

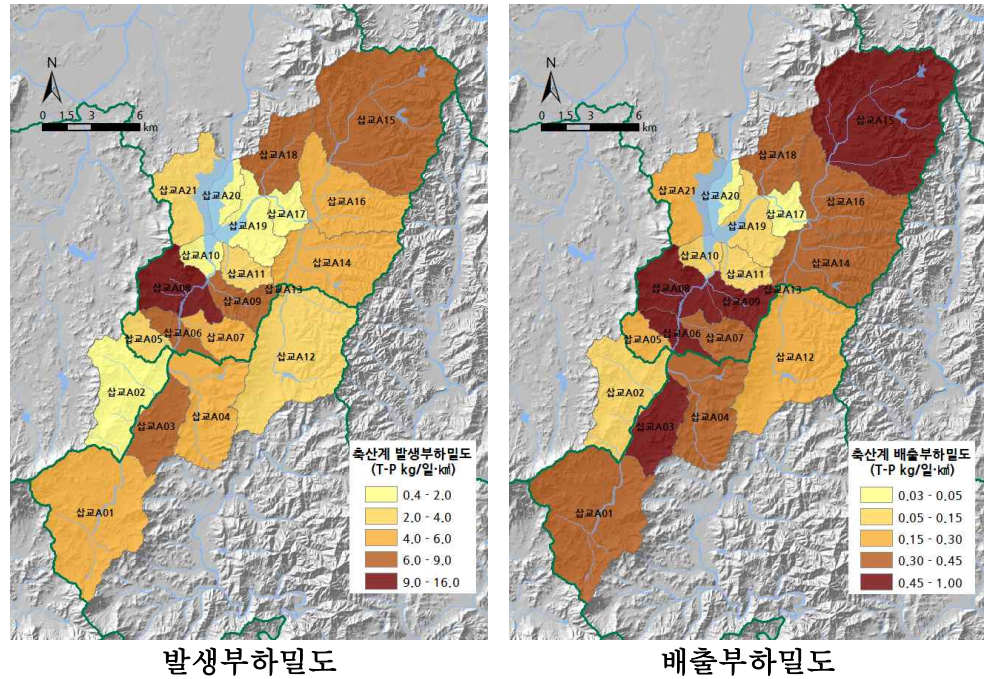


발생부하밀도



배출부하밀도

[그림 4-39] 축산계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-40] 축산계 오염부하밀도(T-P)

3) 산업계

- 산업계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삽교A03유역이 10.1kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삽교A04유역이 6.3kg/일·km², 삽교A01유역이 4.6kg/일·km² 순으로 나타남
- 산업계 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삽교A03유역이 0.2kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 삽교A01유역과 삽교A04유역이 각각 0.1kg/일·km²으로 그 다음을 차지하며 다른 유역의 배출부하밀도는 미미한 것으로 나타남
- 산업계 발생 및 배출부하량은 삽교A01유역이 가장 높게 나타났지만 삽교A03유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-38> 소유역별 산업계 부하밀도(BOD₅)

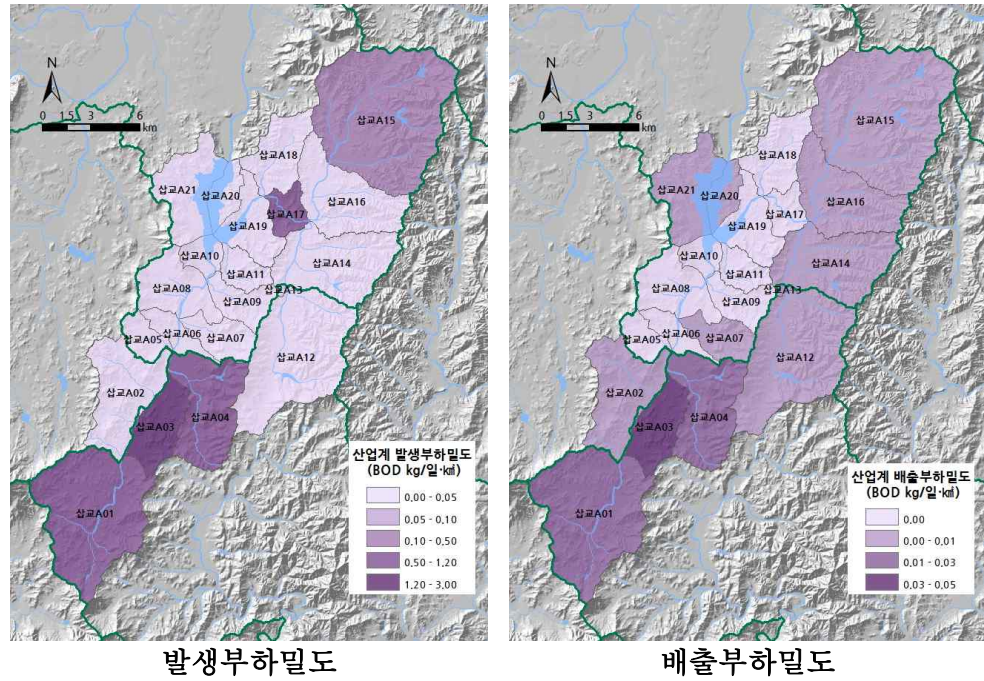
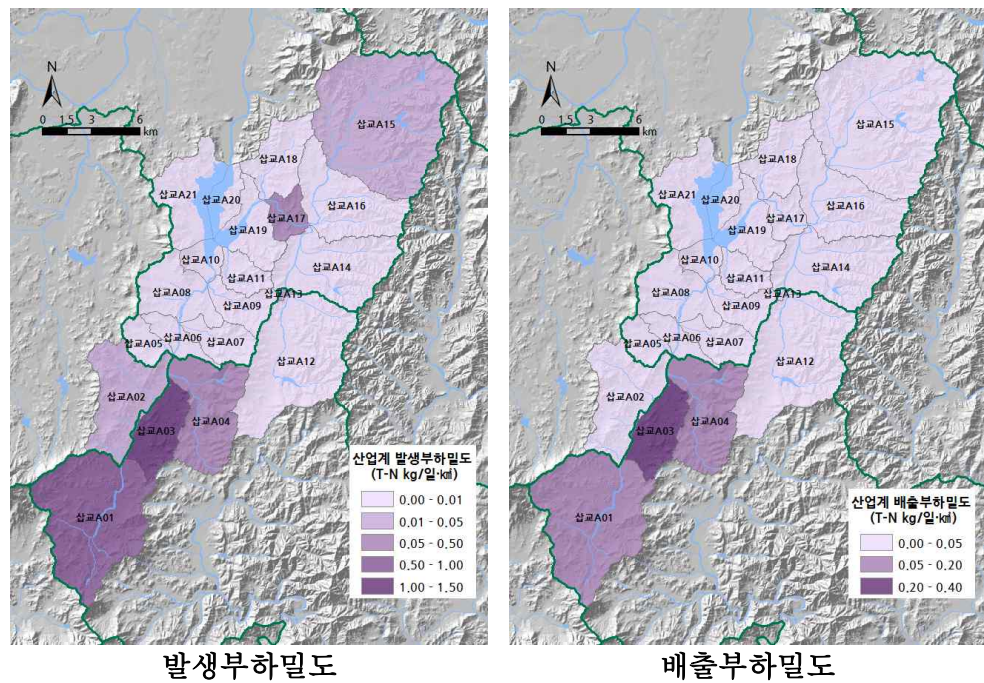
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삼교A01	208.6	3.0	45.1	4.6	0.1
삼교A02	3.0	0.4	22.8	0.1	0.0
삼교A03	132.1	2.1	12.9	10.2	0.2
삼교A04	149.7	2.1	23.9	6.3	0.1
삼교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삼교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삼교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삼교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삼교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삼교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삼교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A12	0.4	0.1	41.4	0.0	0.0
삼교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삼교A14	0.4	0.0	26.9	0.0	0.0
삼교A15	64.1	0.9	59.9	1.1	0.0
삼교A16	0.4	0.0	24.0	0.0	0.0
삼교A17	8.8	0.0	5.8	1.5	0.0
삼교A18	0.1	0.0	13.5	0.0	0.0
삼교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삼교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-39> 소유역별 산업계 오염부하밀도(T-N)

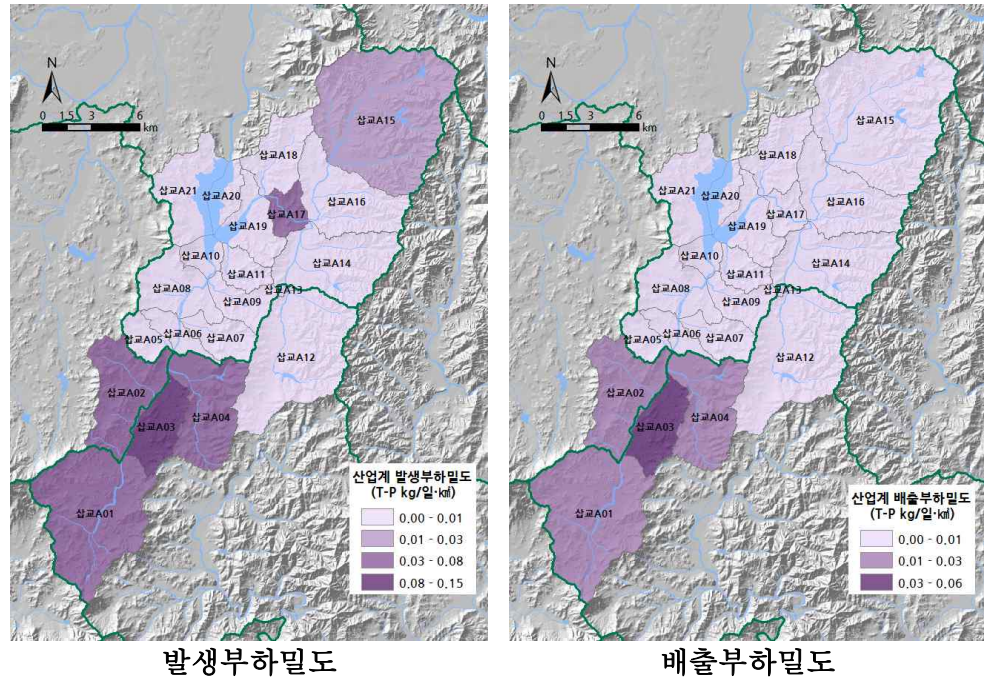
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삼교A01	32.5	5.4	45.1	0.7	0.1
삼교A02	0.5	0.1	22.8	0.0	0.0
삼교A03	20.3	3.8	12.9	1.6	0.3
삼교A04	8.9	1.7	23.9	0.4	0.1
삼교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삼교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삼교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삼교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삼교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삼교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삼교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A12	0.2	0.0	41.4	0.0	0.0
삼교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삼교A14	0.1	0.0	26.9	0.0	0.0
삼교A15	2.2	0.1	59.9	0.0	0.0
삼교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삼교A17	1.6	0.0	5.8	0.3	0.0
삼교A18	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0
삼교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삼교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-40> 소유역별 산업계 오염부하밀도(T-P)

수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삼교A01	3.2	1.1	45.1	0.1	0.0
삼교A02	1.6	0.4	22.8	0.1	0.0
삼교A03	2.0	0.7	12.9	0.2	0.1
삼교A04	1.8	0.5	23.9	0.1	0.0
삼교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삼교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삼교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삼교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삼교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삼교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삼교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A12	0.0	0.0	41.4	0.0	0.0
삼교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삼교A14	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0
삼교A15	0.8	0.0	59.9	0.0	0.0
삼교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삼교A17	0.3	0.0	5.8	0.1	0.0
삼교A18	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0
삼교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삼교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삼교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

[그림 4-41] 산업계 오염부하밀도(BOD₅)

[그림 4-42] 산업계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-43] 산업계 오염부하밀도(T-P)

4) 토지계

- 토지계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A18유역이 17.4kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A21유역이 15.3kg/일·km², 삼교A02유역이 9.8kg/일·km², 삼교A06유역이 9.5kg/일·km²로 나타남
- 토지계 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A18유역이 17.4kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A21유역이 15.3kg/일·km², 삼교A02유역이 9.8kg/일·km², 삼교A06유역이 9.5kg/일·km²로 나타남
- 토지계 발생 및 배출부하량은 삼교A01유역이 가장 높게 나타났지만 삼교A18유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-41> 소유역별 토지계 오염부하밀도(BOD₅)

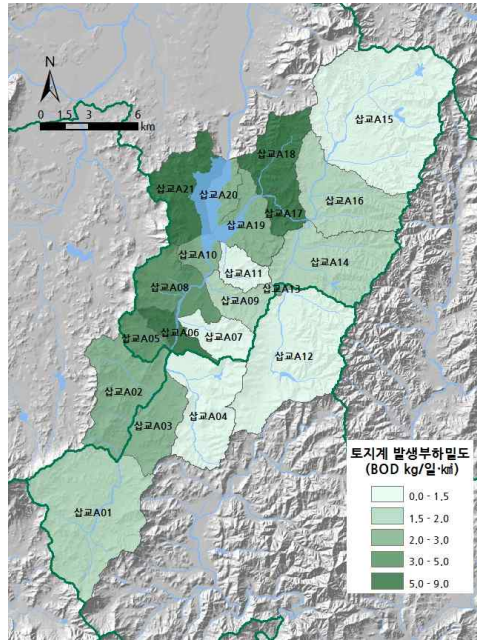
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	333.4	333.4	45.1	7.4	7.4
삽교A02	222.9	222.9	22.8	9.8	9.8
삽교A03	92.9	92.9	12.9	7.2	7.2
삽교A04	149.1	149.1	23.9	6.2	6.2
삽교A05	50.3	50.3	5.7	8.8	8.8
삽교A06	52.0	52.0	5.5	9.5	9.5
삽교A07	38.9	38.9	8.8	4.4	4.4
삽교A08	128.4	128.4	14.8	8.7	8.7
삽교A09	38.3	38.3	8.3	4.6	4.6
삽교A10	28.0	28.0	5.0	5.6	5.6
삽교A11	29.4	29.4	6.1	4.8	4.8
삽교A12	186.1	186.1	41.4	4.5	4.5
삽교A13	3.1	3.1	0.5	6.2	6.2
삽교A14	174.5	174.5	26.9	6.5	6.5
삽교A15	287.1	287.1	59.9	4.8	4.8
삽교A16	118.0	118.0	24.0	4.9	4.9
삽교A17	50.8	50.8	5.8	8.8	8.8
삽교A18	234.8	234.8	13.5	17.4	17.4
삽교A19	65.9	65.9	12.4	5.3	5.3
삽교A20	27.9	27.9	6.1	4.6	4.6
삽교A21	276.3	276.3	18.1	15.3	15.3

<표 4-42> 소유역별 토지계 오염부하밀도(T-N)

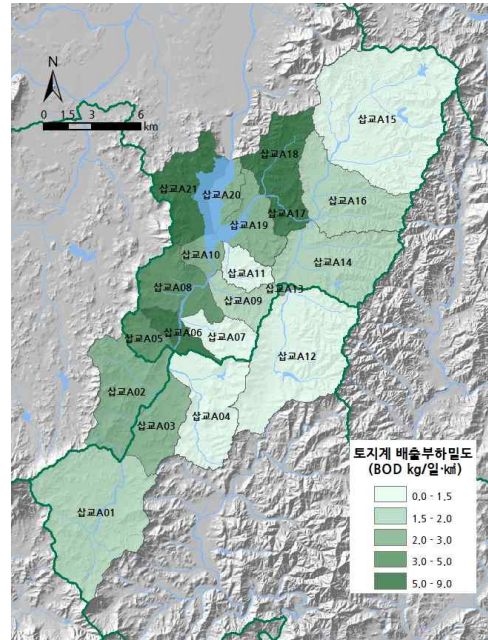
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	233.5	233.5	45.1	5.2	5.2
삽교A02	161.2	161.2	22.8	7.1	7.1
삽교A03	60.9	60.9	12.9	4.7	4.7
삽교A04	102.5	102.5	23.9	4.3	4.3
삽교A05	35.5	35.5	5.7	6.2	6.2
삽교A06	30.0	30.0	5.5	5.5	5.5
삽교A07	32.9	32.9	8.8	3.7	3.7
삽교A08	99.5	99.5	14.8	6.7	6.7
삽교A09	30.6	30.6	8.3	3.7	3.7
삽교A10	16.5	16.5	5.0	3.3	3.3
삽교A11	22.2	22.2	6.1	3.6	3.6
삽교A12	155.3	155.3	41.4	3.8	3.8
삽교A13	2.4	2.4	0.5	4.8	4.8
삽교A14	110.3	110.3	26.9	4.1	4.1
삽교A15	249.3	249.3	59.9	4.2	4.2
삽교A16	95.9	95.9	24.0	4.0	4.0
삽교A17	27.2	27.2	5.8	4.7	4.7
삽교A18	109.2	109.2	13.5	8.1	8.1
삽교A19	43.0	43.0	12.4	3.5	3.5
삽교A20	16.6	16.6	6.1	2.7	2.7
삽교A21	177.9	177.9	18.1	9.8	9.8

<표 4-43> 소유역별 토지계 오염부하밀도(T-P)

수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	18.6	18.6	45.1	0.4	0.4
삽교A02	12.7	12.7	22.8	0.6	0.6
삽교A03	5.0	5.0	12.9	0.4	0.4
삽교A04	8.2	8.2	23.9	0.3	0.3
삽교A05	2.8	2.8	5.7	0.5	0.5
삽교A06	2.4	2.4	5.5	0.4	0.4
삽교A07	2.5	2.5	8.8	0.3	0.3
삽교A08	7.7	7.7	14.8	0.5	0.5
삽교A09	2.4	2.4	8.3	0.3	0.3
삽교A10	1.3	1.3	5.0	0.3	0.3
삽교A11	1.7	1.7	6.1	0.3	0.3
삽교A12	11.6	11.6	41.4	0.3	0.3
삽교A13	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4
삽교A14	8.9	8.9	26.9	0.3	0.3
삽교A15	18.4	18.4	59.9	0.3	0.3
삽교A16	7.4	7.4	24.0	0.3	0.3
삽교A17	2.4	2.4	5.8	0.4	0.4
삽교A18	9.6	9.6	13.5	0.7	0.7
삽교A19	3.4	3.4	12.4	0.3	0.3
삽교A20	1.2	1.2	6.1	0.2	0.2
삽교A21	13.8	13.8	18.1	0.8	0.8

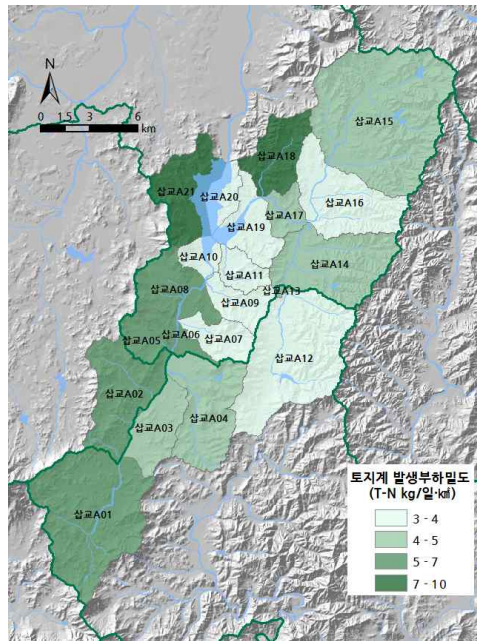


발생부하밀도

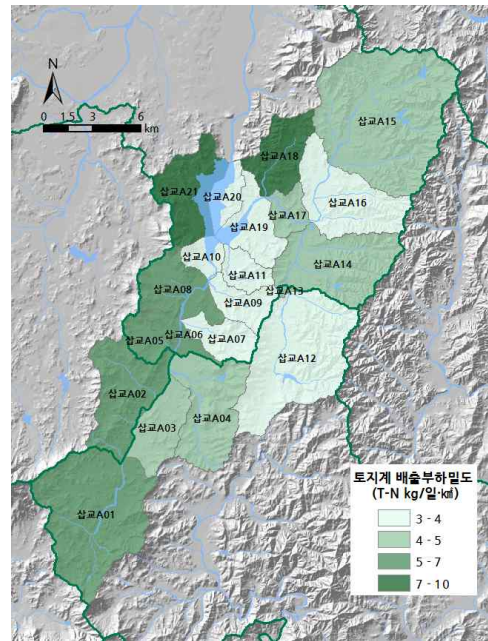


배출부하밀도

[그림 4-44] 토지계 오염부하밀도(BOD₅)

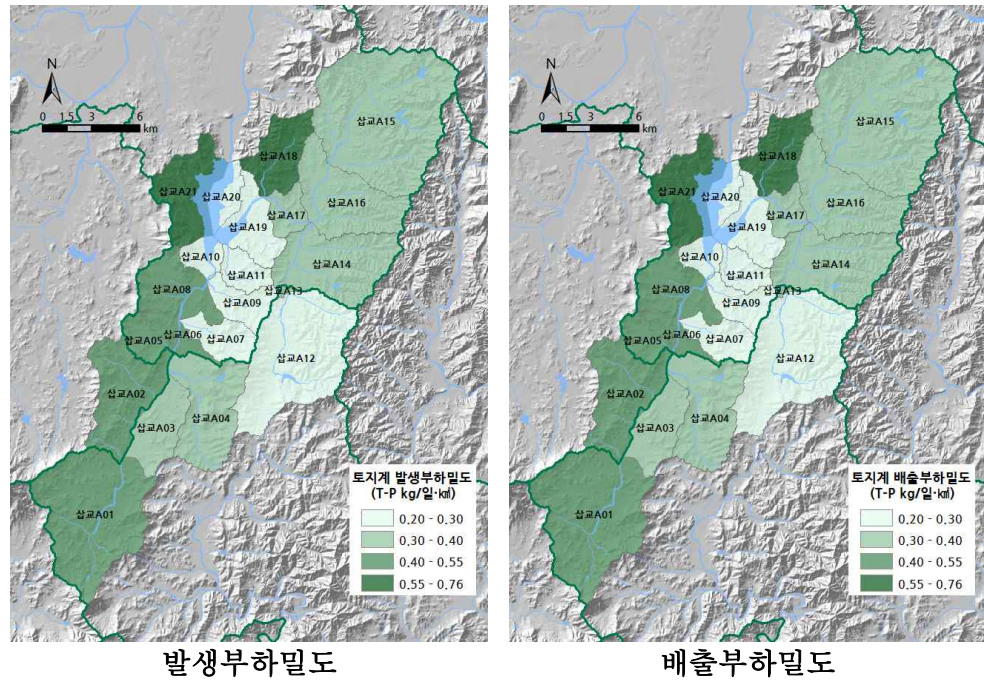


발생부하밀도



배출부하밀도

[그림 4-45] 토지계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-46] 토지계 오염부하밀도(T-P)

5) 양식계

- 양식계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A13유역이 7.2kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A12유역이 0.6kg/일·km², 삼교A19유역이 0.1kg/일·km²로 나타났고, 다른 유역은 미미하거나 없는 것으로 나타남
- 양식계 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A13유역이 7.2kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A12유역이 0.6kg/일·km², 삼교A19유역이 0.1kg/일·km²로 나타났고, 다른 유역은 미미하거나 없는 것으로 나타남
- 양식계 발생 및 배출부하량은 삼교A12유역이 가장 높게 나타났지만 삼교A13유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-44> 소유역별 양식계 오염부하밀도(BOD₅)

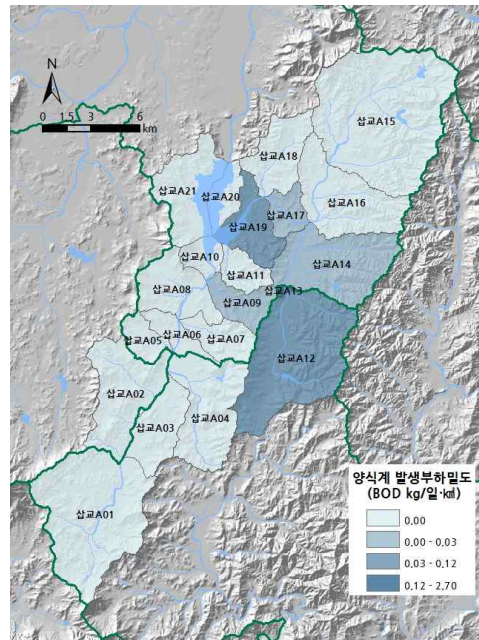
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	24.8	24.8	41.4	0.6	0.6
삽교A13	3.6	3.6	0.5	7.2	7.2
삽교A14	0.7	0.7	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0
삽교A19	1.2	1.2	12.4	0.1	0.1
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-45> 소유역별 양식계 오염부하밀도(T-N)

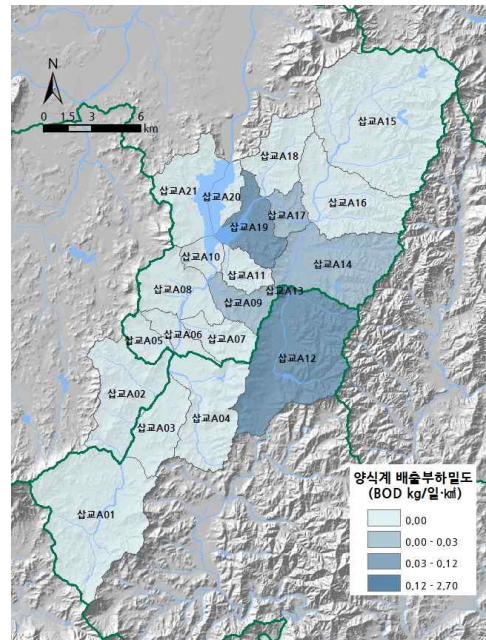
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	4.8	4.8	41.4	0.1	0.1
삽교A13	0.7	0.7	0.5	1.4	1.4
삽교A14	0.1	0.1	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0
삽교A19	0.2	0.2	12.4	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-46> 소유역별 양식계 오염부하밀도(T-P)

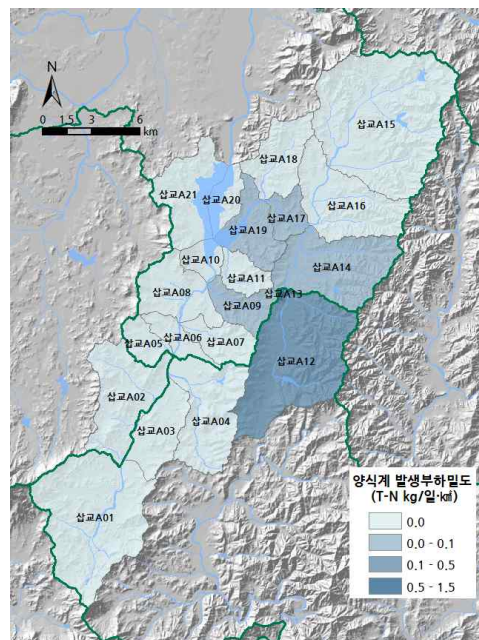
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	1.3	1.3	41.4	0.0	0.0
삽교A13	0.2	0.2	0.5	0.4	0.4
삽교A14	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	13.5	0.0	0.0
삽교A19	0.1	0.1	12.4	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0



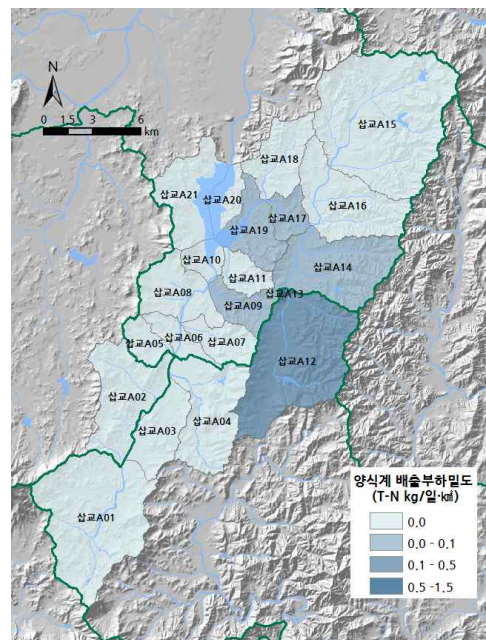
발생부하밀도



배출부하밀도

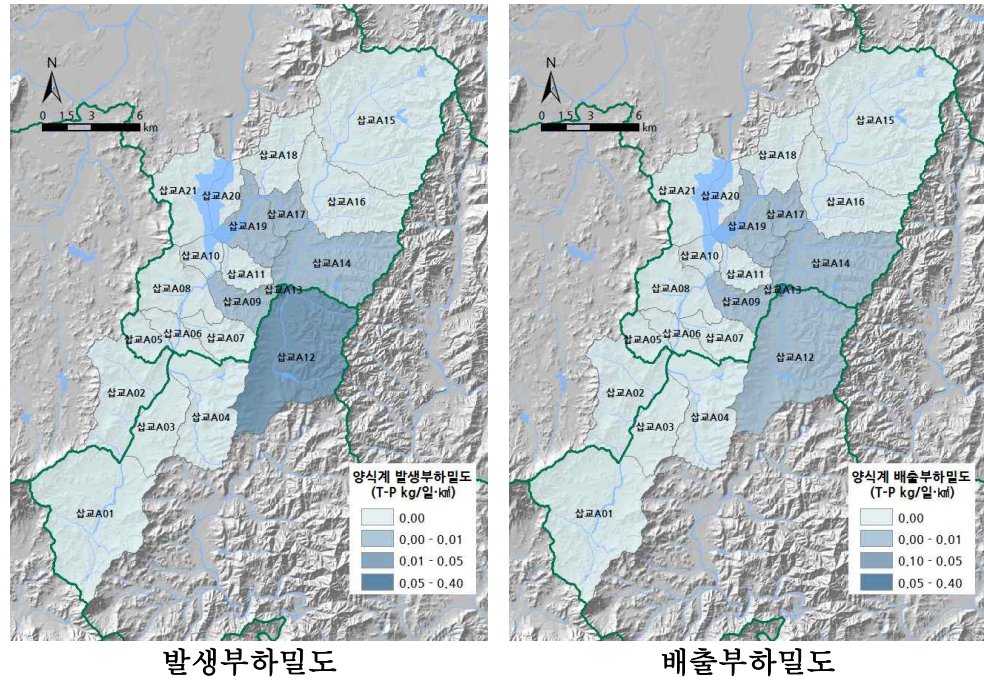
[그림 4-47] 양식계 오염부하밀도(BOD₅)

발생부하밀도



배출부하밀도

[그림 4-48] 양식계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-49] 양식계 오염부하밀도(T-P)

6) 매립계

- 매립계 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 상교A18유역에서 1.6kg/일·km²이며, 다른 유역에서는 미미하거나 없는 것으로 나타남
- 또한 배출부하밀도의 분포가 없거나 미미한 것으로 보아 매립계에 의한 오염은 거의 없는 것으로 보임

<표 4-47> 소유역별 매립계 오염부하밀도(BOD₅)

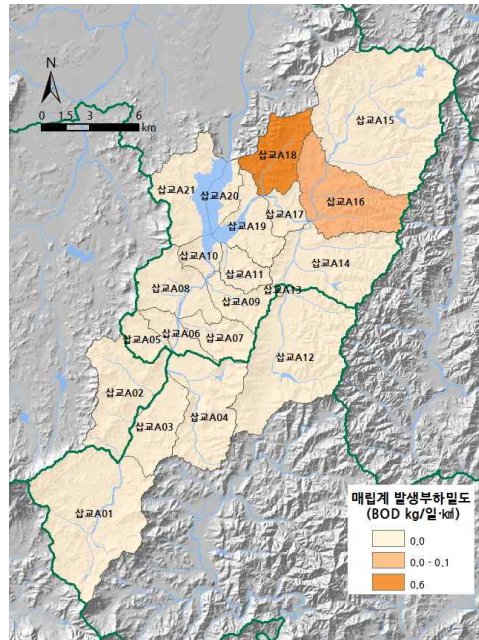
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.0	41.4	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	21.7	0.0	13.5	1.6	0.0
삽교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-48> 소유역별 매립계 오염부하밀도(T-N)

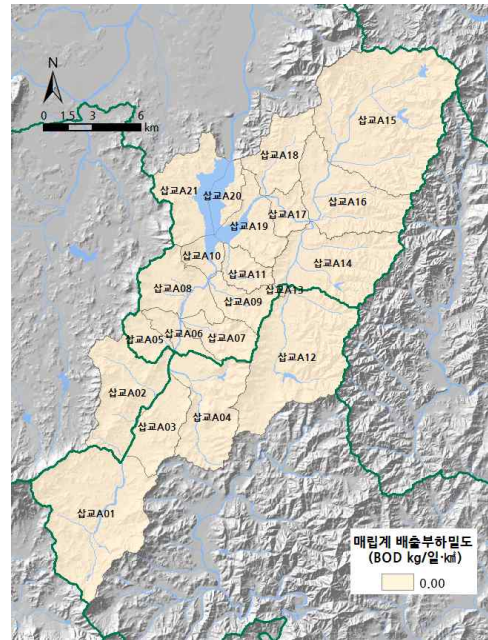
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.0	41.4	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	16.2	0.0	13.5	1.2	0.0
삽교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

<표 4-49> 소유역별 매립계 오염부하밀도(T-P)

수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	0.0	0.0	45.1	0.0	0.0
삽교A02	0.0	0.0	22.8	0.0	0.0
삽교A03	0.0	0.0	12.9	0.0	0.0
삽교A04	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0
삽교A05	0.0	0.0	5.7	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	8.8	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	14.8	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.0	41.4	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	26.9	0.0	0.0
삽교A15	0.0	0.0	59.9	0.0	0.0
삽교A16	0.0	0.0	24.0	0.0	0.0
삽교A17	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0
삽교A18	0.2	0.0	13.5	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	6.1	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	18.1	0.0	0.0

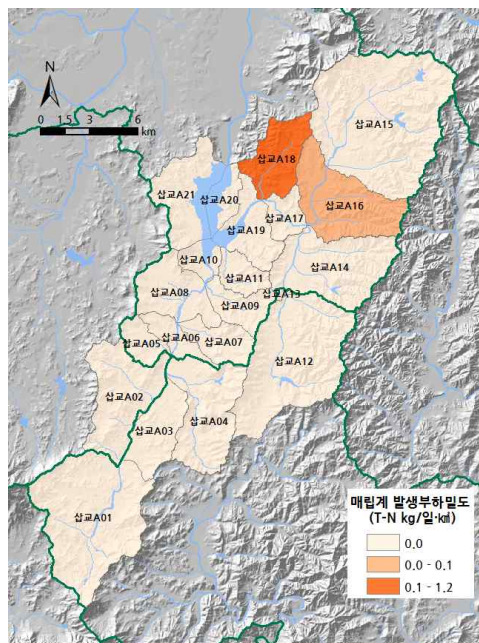


발생부하밀도

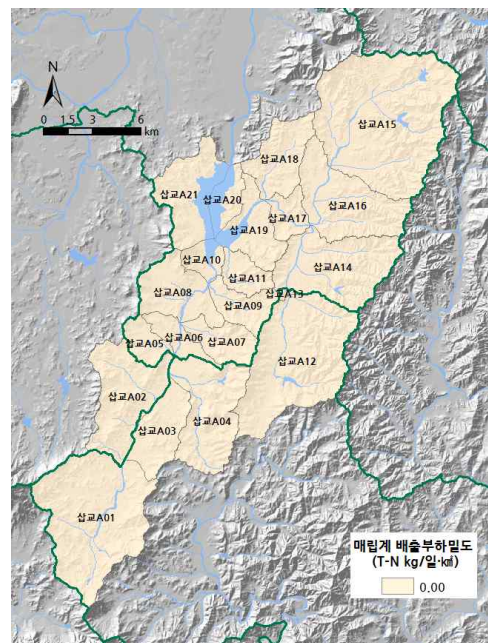


배출부하밀도

[그림 4-50] 매립계 오염부하밀도(BOD₅)

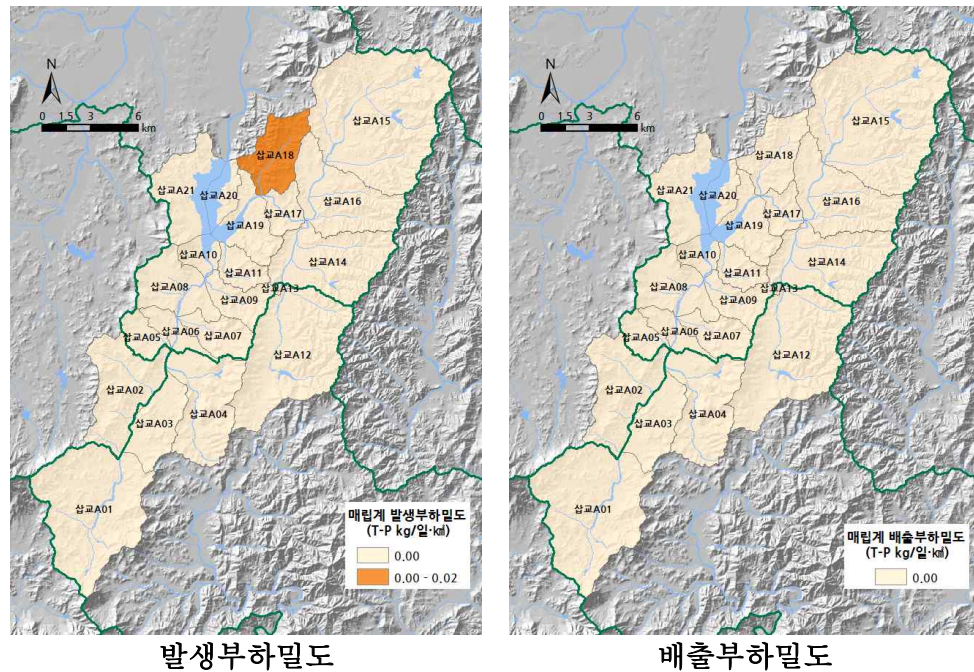


발생부하밀도



배출부하밀도

[그림 4-51] 매립계 오염부하밀도(T-N)



[그림 4-52] 매립계 오염부하밀도(T-P)

7) 총 부하밀도

- 총 발생부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A08유역이 179.6kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A06유역이 152.0kg/일·km², 삼교A03유역이 135.0kg/일·km², 삼교A15유역이 117.6kg/일·km²로 나타남
- 총 배출부하밀도는 BOD₅ 기준 삼교A06이 26.5kg/일·km²으로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A18유역이 23.6kg/일·km², 삼교A21유역이 23.3kg/일·km²로 나타남
- 총 발생 및 배출부하량은 삼교A15유역이 가장 높게 나타났지만 삼교A08유역이 단위면적당 오염부하량은 가장 높은 것으로 나타남

<표 4-50> 소유역별 총 부하밀도(BOD₅)

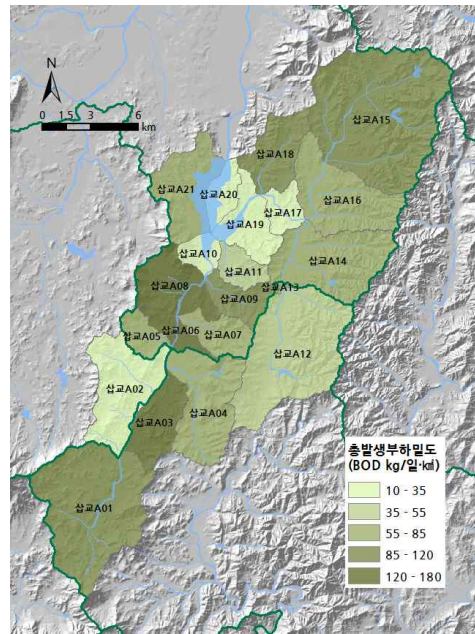
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	3,919.1	682.3	45.1	86.9	15.1
삽교A02	754.5	290.2	22.8	33.1	12.7
삽교A03	1,740.9	236.1	12.9	135.0	18.3
삽교A04	1,752.1	295.4	23.9	73.3	12.4
삽교A05	354.0	84.4	5.7	62.1	14.8
삽교A06	835.9	146.0	5.5	152.0	26.5
삽교A07	577.7	94.5	8.8	65.6	10.7
삽교A08	2,658.6	321.9	14.8	179.6	21.8
삽교A09	886.3	119.2	8.3	106.8	14.4
삽교A10	144.6	42.2	5.0	28.9	8.4
삽교A11	263.9	49.7	6.1	43.3	8.1
삽교A12	2,206.1	418.4	41.4	53.3	10.1
삽교A13	40.2	10.7	0.5	80.4	21.4
삽교A14	1,690.3	323.8	26.9	62.8	12.0
삽교A15	7,041.9	1,004.8	59.9	117.6	16.8
삽교A16	1,898.2	299.5	24.0	79.1	12.5
삽교A17	147.1	66.0	5.8	25.4	11.4
삽교A18	1,191.2	318.4	13.5	88.2	23.6
삽교A19	384.0	120.6	12.4	31.0	9.7
삽교A20	81.6	38.5	6.1	13.4	6.3
삽교A21	1,170.0	422.0	18.1	64.6	23.3

<표 4-51> 소유역별 총 부하밀도(T-N)

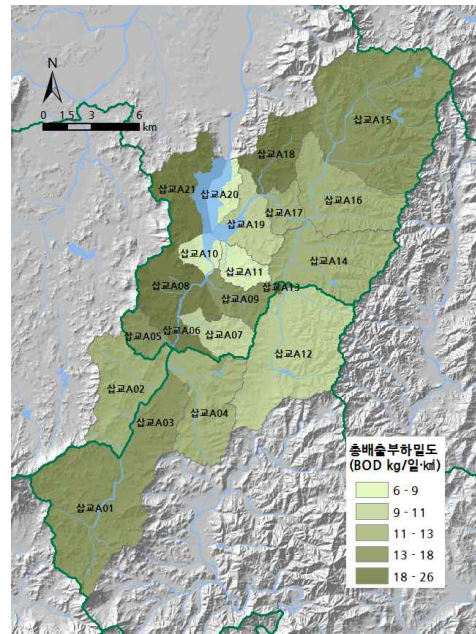
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	998.5	409.3	45.1	22.1	9.1
삽교A02	286.5	202.9	22.8	12.6	8.9
삽교A03	423.0	135.5	12.9	32.8	10.5
삽교A04	453.7	187.7	23.9	19.0	7.9
삽교A05	105.2	54.7	5.7	18.5	9.6
삽교A06	211.4	86.6	5.5	38.4	15.7
삽교A07	158.3	64.5	8.8	18.0	7.3
삽교A08	726.2	230.4	14.8	49.1	15.6
삽교A09	226.3	79.7	8.3	27.3	9.6
삽교A10	48.5	24.9	5.0	9.7	5.0
삽교A11	75.3	35.0	6.1	12.3	5.7
삽교A12	624.6	263.5	41.4	15.1	6.4
삽교A13	10.7	4.9	0.5	21.4	9.8
삽교A14	471.3	205.2	26.9	17.5	7.6
삽교A15	1,825.6	660.4	59.9	30.5	11.0
삽교A16	528.3	214.8	24.0	22.0	9.0
삽교A17	53.2	37.4	5.8	9.2	6.4
삽교A18	352.0	159.6	13.5	26.1	11.8
삽교A19	117.9	68.3	12.4	9.5	5.5
삽교A20	30.2	22.7	6.1	5.0	3.7
삽교A21	395.7	252.2	18.1	21.9	13.9

<표 4-52> 소유역별 총 부하밀도(T-P)

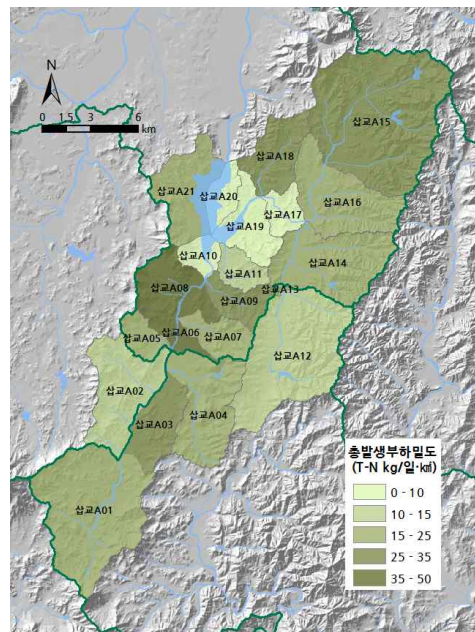
수계	발생부하량 (kg/일)	배출부하량 (kg/일)	유역면적 (km ²)	발생부하밀도 (kg/일·km ²)	배출부하밀도 (kg/일·km ²)
삽교A01	268.9	38.5	45.1	6.0	0.9
삽교A02	54.2	17.8	22.8	2.4	0.8
삽교A03	124.8	13.6	12.9	9.7	1.1
삽교A04	126.9	18.2	23.9	5.3	0.8
삽교A05	24.2	4.7	5.7	4.2	0.8
삽교A06	53.7	8.1	5.5	9.8	1.5
삽교A07	46.2	6.0	8.8	5.3	0.7
삽교A08	250.8	23.4	14.8	16.9	1.6
삽교A09	69.4	7.7	8.3	8.4	0.9
삽교A10	11.0	2.2	5.0	2.2	0.4
삽교A11	17.1	3.0	6.1	2.8	0.5
삽교A12	164.9	24.0	41.4	4.0	0.6
삽교A13	2.6	0.6	0.5	5.2	1.2
삽교A14	132.6	19.4	26.9	4.9	0.7
삽교A15	556.7	62.8	59.9	9.3	1.0
삽교A16	156.9	20.6	24.0	6.5	0.9
삽교A17	7.9	3.4	5.8	1.4	0.6
삽교A18	94.6	15.5	13.5	7.0	1.1
삽교A19	26.4	6.3	12.4	2.1	0.5
삽교A20	4.5	1.8	6.1	0.7	0.3
삽교A21	76.3	21.4	18.1	4.2	1.2



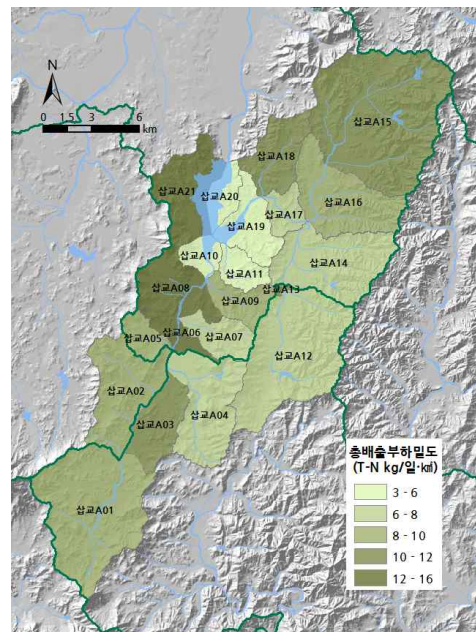
발생부하밀도



배출부하밀도

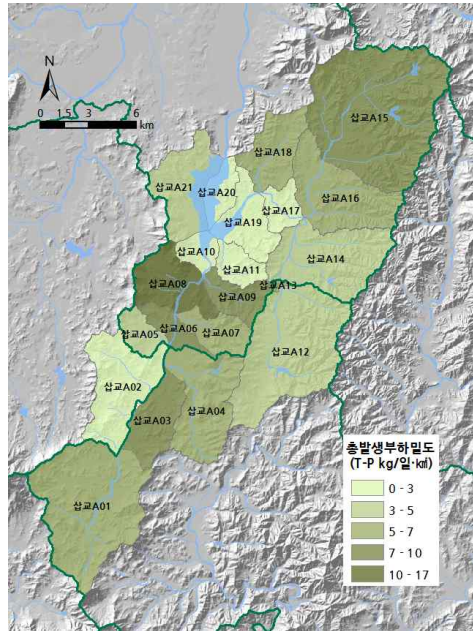
[그림 4-53] 소유역 총부하밀도(BOD₅)

발생부하밀도

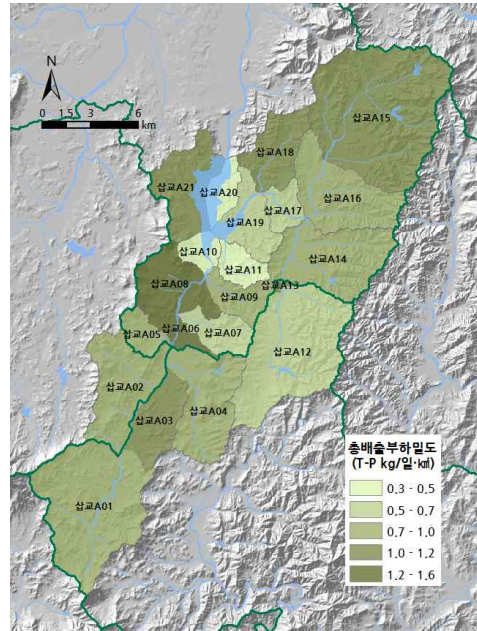


배출부하밀도

[그림 4-54] 소유역 총부하밀도(T-N)



발생부하밀도



배출부하밀도

[그림 4-55] 소유역 총부하밀도(T-P)

제5장 여건변화 및 전망

1. 오염원 전망

1) 자연증감에 의한 오염원 전망

(1) 오염원 전망 방법

- 자연증감에 의한 오염원 전망은 오염원 그룹별로 전망을 실시하였으며, 행정구역별(읍·면)별로 기준년도(2011년)를 기준으로 과거 5년의 추세에 근거하여 수학적인 추계방법 중 등차급수 방법을 적용함
- 과거 5년의 자료가 분산적으로 분포하면 과거 5년의 평균값을 적용하였고, 증가추세에 있는 경우는 산정된 함수식을 적용하여 전망하였음

■ 생활계

- 인구는 행정구역별 증감추세에 따라 함수식을 적용하여 전망
- 물 사용량은 인구 예측치에 기준년도의 물 사용량 원단위를 적용하여 산정

■ 축산계

- 행정구역 및 축종별 사육두수를 기준으로 증감추세에 따라 함수식을 적용하여 전망

■ 산업계

- 장래의 폐수발생량을 산업시설의 규모에 따라 1~3종 사업장은 기준년도와 동일하게 적용하고, 4종 및 5종 사업장을 대상으로 증감추세에 따라 함수식을 적용하여 전망하였으며, 기준년도의 폐수발생량과 배출량 비율에 근거하여 장래의 폐수배출량을 산정

■ 토지계

- 행정구역 및 토지지목별로 증감추세에 따라 함수식을 적용하여 전망

■ 양식계 및 매립계

- 목표연도까지 커다란 증감요인 없을 것으로 예상되어 기준년도와 동일한 수준으로 전망

(2) 오염원 전망 결과

■ 생활계

- 예당저수지 유역 인구는 2020년까지 약 19,655명 정도가 될 것으로 예상됨
- 유역별로는 삼교A14, 삼교A16, 삼교A17 유역의 인구감소율이 가장 큰 것으로 전망되었음

<표 5-1> 소유역별 인구 전망

(단위 : 명)

소유역	2011년	2015년	2020년
삼교A01	2,508	2,423	2,386
삼교A02	1,194	1,165	1,137
삼교A03	604	583	574
삼교A04	1,152	1,113	1,096
삼교A05	349	338	332
삼교A06	1,192	1,154	1,136
삼교A07	236	229	225
삼교A08	715	692	681
삼교A09	283	274	270
삼교A10	320	310	305
삼교A11	327	316	311
삼교A12	1,933	1,867	1,839
삼교A13	39	38	37
삼교A14	1,322	1,255	1,230
삼교A15	3,038	2,956	2,911
삼교A16	1,594	1,513	1,483
삼교A17	251	239	234
삼교A18	530	525	521
삼교A19	979	945	930
삼교A20	271	268	266
삼교A21	1,803	1,767	1,750
총합계	20,639	19,967	19,655

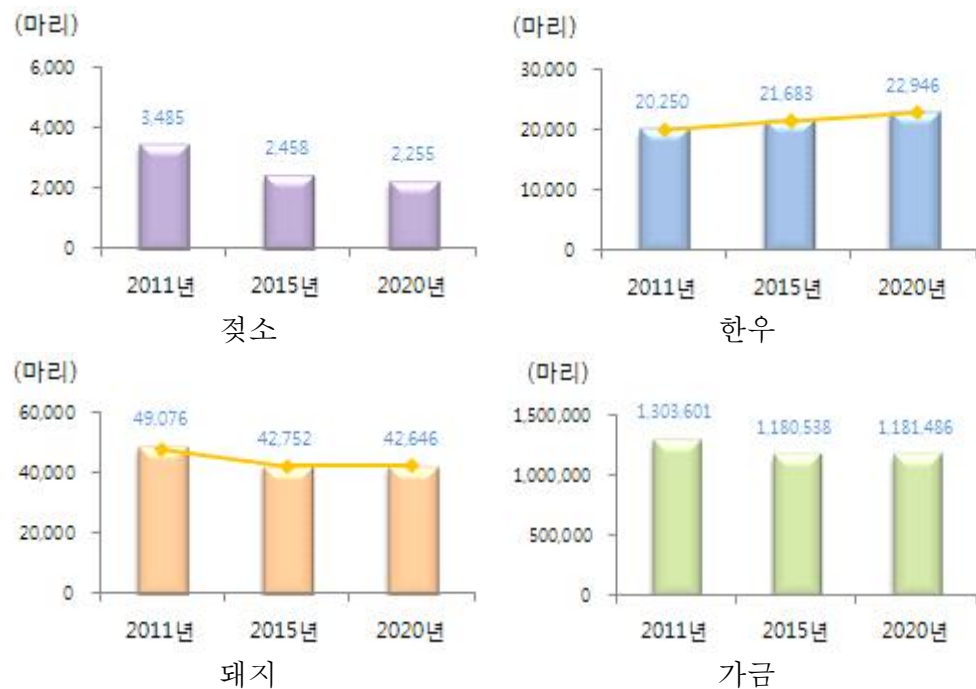
■ 축산계

- 가축사육두수의 전망 결과, 한우를 제외한 모든 축종에서 감소추세를 보였으며, 조사 축종 가운데 젓소의 감소율이 가장 큰 것으로 나타남

<표 5-2> 축종별 가축사육두수 전망(전체)

(단위 : 마리)

축종	연도별 전체 사육두수		
	2011	2015	2020
젓소	3,485	2,458	2,255
한우	20,250	21,683	22,946
돼지	49,076	42,752	42,646
가금	1,303,601	1,180,538	1,181,486
총합계	1,376,412	1,247,431	1,249,333



[그림 5-1] 가축사육두수 전망

<표 5-3> 소유역별 가축사육두수 전망

(단위 : 마리)

소유역	젖소			한우		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	0	0	0	1,238	1,412	1,485
삽교A02	6	5	5	534	591	631
삽교A03	107	94	87	998	1,139	1,198
삽교A04	16	14	13	1,409	1,607	1,690
삽교A05	18	12	11	470	489	518
삽교A06	38	26	24	899	936	993
삽교A07	0	0	0	676	703	746
삽교A08	613	425	389	1,033	1,074	1,140
삽교A09	0	0	0	1,158	1,204	1,278
삽교A10	130	90	82	41	42	45
삽교A11	6	4	4	400	416	441
삽교A12	123	108	100	2,096	2,390	2,514
삽교A13	0	0	0	56	63	67
삽교A14	142	99	90	1,493	1,555	1,649
삽교A15	1,795	1,242	1,138	4,758	4,948	5,250
삽교A16	309	214	196	1,362	1,416	1,503
삽교A17	48	33	30	27	28	29
삽교A18	1	1	1	542	563	598
삽교A19	14	10	9	36	38	40
삽교A20	12	8	8	46	48	51
삽교A21	104	72	66	980	1,020	1,082
총합계	3,485	2,458	2,255	20,250	21,683	22,946

<표 5-4> 소유역별 가축사육두수 전망-계속

(단위 : 마리)

소유역	돼지			가금		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	24	21	20	492,230	572,477	581,358
삽교A02	1,262	1,087	1,068	7,153	8,320	8,449
삽교A03	1,661	1,533	1,498	134,732	156,707	159,138
삽교A04	4,044	3,732	3,647	30,482	35,454	36,004
삽교A05	235	202	202	80	46	44
삽교A06	88	81	80	30,069	17,222	16,571
삽교A07	1,543	1,327	1,331	6	3	3
삽교A08	12,190	10,481	10,512	52,646	30,149	29,008
삽교A09	2,027	1,743	1,748	0	0	0
삽교A10	26	23	23	0	0	0
삽교A11	1	1	1	35	20	19
삽교A12	3,004	2,770	2,708	69,542	80,884	82,139
삽교A13	11	9	9	0	0	0
삽교A14	4,237	3,643	3,654	17,462	10,599	10,261
삽교A15	7,705	6,625	6,645	404,030	231,360	222,606
삽교A16	5,460	4,695	4,709	30,097	17,234	16,582
삽교A17	6	5	5	134	77	74
삽교A18	3,842	3,303	3,313	29	17	16
삽교A19	387	333	334	34,779	19,916	19,162
삽교A20	25	22	22	0	0	0
삽교A21	1,297	1,115	1,119	93	54	51
총합계	49,076	42,752	42,646	1,303,601	1,180,538	1,181,486

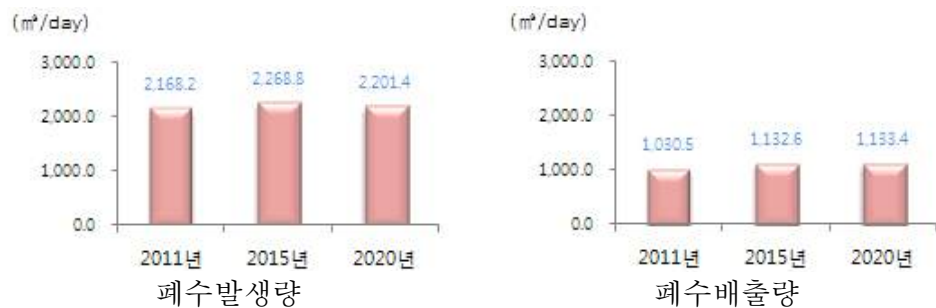
■ 산업계

- 예당저수지 유역에는 적은 수의 사업장이 있으며, 대부분 5종 사업장이며, 산업폐수 발생량 및 배출량 전망은 다소 증가추세를 보임

<표 5-5> 소유역별 산업폐수 발생량 및 배출량 전망

(단위 : m³/일)

소유역	폐수발생량			폐수배출량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	381.5	454.3	457.0	374.5	426.2	426.1
삽교A02	12.5	21.2	22.9	11.3	16.5	17.6
삽교A03	267.2	382.5	393.4	233.0	245.1	242.3
삽교A04	388.9	449.6	457.7	379.2	410.4	414.6
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	4.8	19.3	21.3	1.8	7.3	8.0
삽교A13	0.2	1.0	1.1	0.2	1.0	1.1
삽교A14	17.3	14.8	13.4	0.1	0.2	0.2
삽교A15	738.4	623.9	562.3	29.2	24.7	22.3
삽교A16	11.4	9.7	8.7	0.0	0.0	0.0
삽교A17	340.9	288.0	259.6	0.0	0.0	0.0
삽교A18	2.1	1.8	1.6	0.1	0.0	0.0
삽교A19	1.8	1.5	1.4	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
삽교A21	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9
총합계	2,168.2	2,268.8	2,201.4	1,030.5	1,132.6	1,133.4



[그림 5-2] 산업폐수 발생량 및 배출량 전망

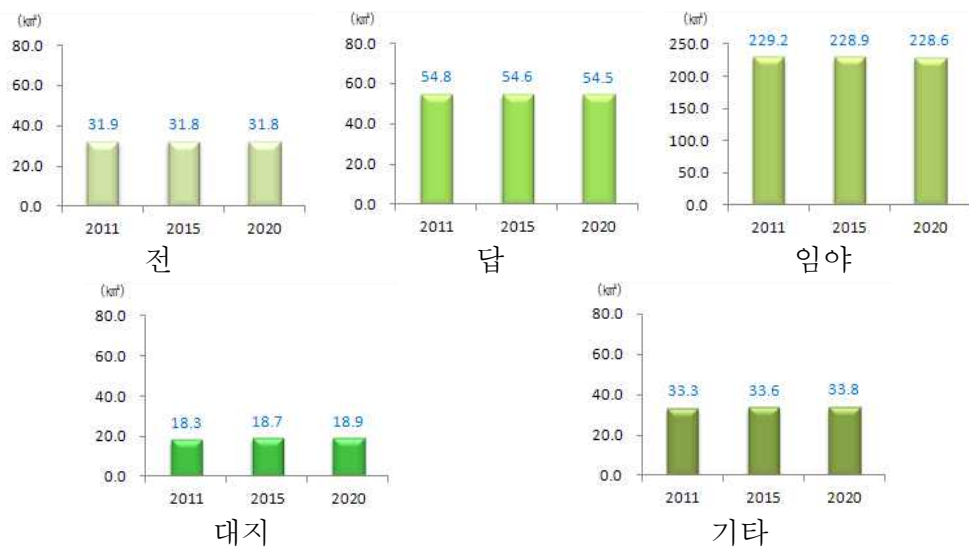
■ 토지계

- 예당저수지 유역의 토지 지목별 전망 결과 전, 답은 감소추세를 보였으며, 대지, 기타는 약간 증가추세를 보임

<표 5-6> 토지지목별 면적 전망(전체)

(단위 : km²)

지목	연도별 전체 지목별 면적		
	2011	2015	2020
전	31.9	31.8	31.8
답	54.8	54.6	54.5
임야	229.2	228.9	228.6
대지	18.3	18.7	18.9
기타	33.3	33.6	33.8
총합계	367.5	367.5	367.5



[그림 5-3] 토지지목별 면적 전망

<표 5-7> 소유역별 토지이용별 면적 전망

(단위 : km²)

	소유역	전	답	임야	대지	기타	합계
2011년	삽교A01	4.1	7.7	28.0	2.7	2.6	45.1
	삽교A02	1.9	3.7	14.6	1.1	1.5	22.8
	삽교A03	1.5	3.0	6.5	0.9	1.0	12.9
	삽교A04	1.8	3.6	15.9	1.2	1.4	23.9
	삽교A05	0.7	1.0	3.3	0.4	0.3	5.7
	삽교A06	1.1	1.1	2.3	0.5	0.5	5.5
	삽교A07	0.6	1.4	5.6	0.3	0.8	8.8
	삽교A08	1.5	3.1	7.8	0.7	1.7	14.8
	삽교A09	0.6	1.2	5.3	0.3	0.8	8.3
	삽교A10	0.4	0.4	2.4	0.3	1.5	5.0
	삽교A11	0.5	0.7	4.1	0.3	0.5	6.1
	삽교A12	3.5	5.4	28.5	1.6	2.4	41.4
	삽교A13	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.5
	삽교A14	2.5	3.8	17.4	1.7	1.5	26.9
	삽교A15	4.4	7.7	41.4	2.1	4.4	59.9
	삽교A16	2.2	4.1	14.9	1.0	1.8	24.0
	삽교A17	0.6	1.2	2.9	0.5	0.6	5.8
	삽교A18	0.9	1.8	9.1	0.8	0.9	13.5
	삽교A19	0.8	1.5	7.0	0.6	2.4	12.4
	삽교A20	0.4	0.2	2.4	0.2	2.8	6.1
	삽교A21	1.8	1.9	9.4	1.1	3.9	18.1
	총합계	31.9	54.8	229.2	18.3	33.3	367.5

<표 5-8> 소유역별 토지지목별 면적 전망-계속

(단위 : km²)

	소유역	전	답	임야	대지	기타	합계
2015년	삽교A01	4.1	7.6	28.0	2.7	2.6	45.1
	삽교A02	1.9	3.6	14.5	1.2	1.6	22.8
	삽교A03	1.5	3.0	6.5	0.9	1.0	12.9
	삽교A04	1.8	3.6	15.9	1.2	1.4	23.9
	삽교A05	0.7	1.0	3.3	0.4	0.3	5.7
	삽교A06	1.1	1.1	2.3	0.5	0.5	5.5
	삽교A07	0.6	1.4	5.6	0.3	0.8	8.8
	삽교A08	1.4	3.1	7.8	0.7	1.7	14.8
	삽교A09	0.6	1.2	5.3	0.3	0.8	8.3
	삽교A10	0.4	0.4	2.4	0.3	1.5	5.0
	삽교A11	0.5	0.7	4.1	0.3	0.5	6.1
	삽교A12	3.5	5.4	28.5	1.7	2.4	41.4
	삽교A13	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.5
	삽교A14	2.4	3.8	17.3	1.7	1.6	26.9
	삽교A15	4.4	7.6	41.4	2.1	4.4	59.9
	삽교A16	2.2	4.1	14.9	1.1	1.8	24.0
	삽교A17	0.6	1.2	2.9	0.5	0.6	5.8
	삽교A18	0.9	1.8	9.1	0.8	0.9	13.5
	삽교A19	0.8	1.5	7.0	0.6	2.5	12.4
	삽교A20	0.4	0.2	2.4	0.2	2.8	6.1
	삽교A21	1.8	1.9	9.4	1.1	3.9	18.1
	총합계	31.8	54.6	228.9	18.7	33.6	367.5

<표 5-9> 소유역별 토지지목별 면적 전망-계속

(단위 : km²)

	소유역	전	답	임야	대지	기타	합계
2020년	삽교A01	4.1	7.6	28.0	2.8	2.6	45.1
	삽교A02	1.9	3.6	14.5	1.2	1.6	22.8
	삽교A03	1.5	3.0	6.5	0.9	1.0	13.0
	삽교A04	1.8	3.6	15.9	1.2	1.4	23.9
	삽교A05	0.7	1.0	3.3	0.4	0.3	5.7
	삽교A06	1.1	1.1	2.3	0.5	0.5	5.5
	삽교A07	0.6	1.4	5.6	0.3	0.8	8.8
	삽교A08	1.4	3.1	7.7	0.7	1.7	14.8
	삽교A09	0.6	1.2	5.3	0.3	0.8	8.3
	삽교A10	0.4	0.4	2.4	0.3	1.5	5.0
	삽교A11	0.5	0.7	4.1	0.3	0.5	6.1
	삽교A12	3.5	5.4	28.5	1.7	2.4	41.4
	삽교A13	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0	0.5
	삽교A14	2.4	3.8	17.3	1.7	1.6	26.8
	삽교A15	4.4	7.6	41.3	2.1	4.4	59.9
	삽교A16	2.2	4.1	14.9	1.1	1.8	24.0
	삽교A17	0.6	1.2	2.9	0.5	0.6	5.8
	삽교A18	0.9	1.8	9.1	0.8	0.9	13.5
	삽교A19	0.8	1.5	7.0	0.6	2.5	12.4
	삽교A20	0.4	0.2	2.4	0.2	2.8	6.1
	삽교A21	1.8	1.9	9.3	1.1	4.0	18.1
	총합계	31.8	54.5	228.6	18.9	33.8	367.5

2) 개발·삭감계획에 의한 전망

(1) 개발계획 조사

- 예당저수지 유역에서 현재 추진 중인 개발예정 계획자료를 각 실과별로 취합하여 개발현황 및 향후 개발가능성을 예측함
- 조사된 자료는 2011년을 기준으로 이후 개발계획 중 준공예상 년도가 2020년 이내인 사업들을 정리하여 포함시켰으며, 각 사업의 준공년도를 오염원 배출의 기준 시점으로 함
- 예당저수지 유역에서 오염부하량에 영향을 줄 수 있는 개발계획은 총 9건으로 각 개발계획에 따른 계획기간 및 개발면적은 다음과 같음

<표 5-10> 개발계획 현황

소유역	개발사업명	시군	읍면동	리	준공년도	개발면적 (m ²)
삽교A15	산촌체험장 조성	예산군	대술면	농리	2013	1,924
	방목체험장 조성	예산군	대술면	농리	2013	803
삽교A07	황새권역센터 신축	예산군	광시면	시목리	2014	2,483
	황새 친환경 농업마당	예산군	광시면	시목리	2014	2,116
	황새골가공사업장 건립	예산군	광시면	대리	2013	839
삽교A06	봉우실 황새쉼터	예산군	광시면	가덕리	2013	1,400
	황새바위쉼터	예산군	광시면	가덕리	2013	60
	광시지구 농어촌테마공원 조성	예산군	광시면	광시리	2013	27,353
	다목적 광장 계획	예산군	광시면	하장대리	2013	4,855

(2) 삭감계획 조사

- 예당저수지 유역에서 현재 계획 중인 신규 또는 개량(고도처리) 예정인 마을단위 공공하수처리시설 계획을 조사함
- 조사된 자료는 2011년을 기준으로 준공 예상년도가 2020년 이내인 삭감계획을 포함시켰으며, 각 사업의 준공년도를 오염원 삭감의 기준시점으로 함

<표 5-11> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획

시설명	시설위치	처리인구 (명)	시설용량 (m ³ /일)	완공일	비고
광시 광시지구	예산군 광시면 시목리	600	320	준공	신규
광시 시목지구	예산군 광시면 시목리	627	130	2013.12	신규
대흥 동서지구	예산군 대흥면 동서리	525	110	2013.12	신규
신양 신양지구	예산군 신양면 신양리	297	70	2015.12	신규
광시 동산지구	예산군 광시면 동산리	113	30	2013.06	개량(고도처리)
신양 만사지구	예산군 신양면 만사리	241	70	2013.12	개량(고도처리)
광시 마사지구	예산군 광시면 마사리	183	40	2013.12	개량(고도처리)
신양 가지지구	예산군 신양면 가지리	222	50	2016.12	개량(고도처리)

2. 오염부하량 전망

1) 자연증감에 의한 오염부하량 전망

- 생활계, 축산계, 산업계, 토지계, 양식계, 매립계로 분류하여 전망한 오염원 예측결과를 토대로 각각의 원단위를 적용하여 발생부하량을 산정하고, 오염원별 배출계수를 적용하여 배출부하량을 산정

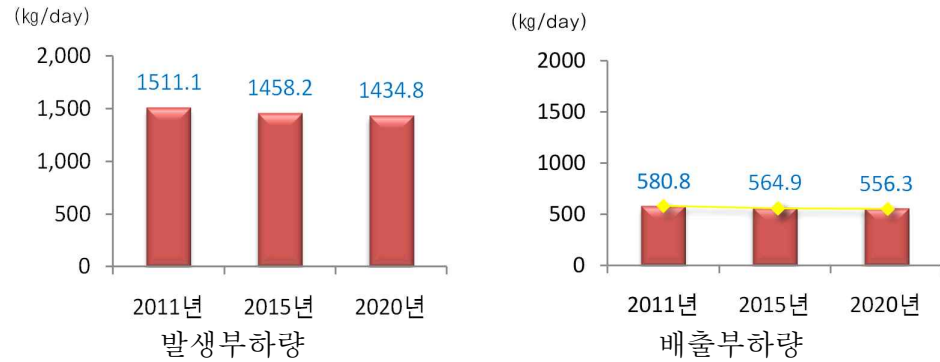
■ 생활계

- 과거 5년간 자료의 분석을 통해 산정된 자연적인 인구증감 및 물 사용량 전망치에 따라 부하량을 산정함
- 2011년 생활계 BOD₅ 발생부하량은 1,511.1kg/일로 소유역별로는 삽교A15유역에서 219.2kg/일로 14.5%를 차지함
- 2015년 생활계 BOD₅ 발생부하량은 1,458.2kg/일, 2020년은 1,434.8kg/일로 2011년과 비교하여 감소추세를 보였으며, 삽교A15유역에서 가장 많은 양을 보이는 것으로 전망됨
- 2011년 생활계 BOD₅ 배출부하량은 580.8kg/일로 소유역별로는 삽교A15유역에서 136.4kg/일로 가장 높은 비율(23.5%)을 차지함
- 2015년 생활계 BOD₅ 배출부하량은 564.9kg/일, 2020년은 556.3kg/일로 2011년과 비교하여 감소추세를 보였으며, 삽교A15유역에서 가장 많은 양을 보이는 것으로 전망됨

<표 5-12> 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(전체)

(단위 : kg/일)

	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
BOD	1,511.1	1,458.2	1,434.8	580.8	564.9	556.3
T-N	419.7	405.1	398.6	292.4	288.3	283.6
T-P	45.2	43.6	42.9	29.9	29.6	29.1



[그림 5-4] 생활계 부하량 전망(BOD₅)

<표 5-13> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	154.0	144.9	141.5	56.2	52.8	51.5
삽교A02	68.5	66.5	65.3	25.7	25.0	24.5
삽교A03	44.3	43.3	42.8	9.0	8.8	8.7
삽교A04	92.6	90.4	89.3	22.1	21.6	21.3
삽교A05	19.8	19.2	18.9	8.6	8.4	8.2
삽교A06	122.1	118.1	116.4	34.8	33.8	33.3
삽교A07	13.8	13.3	13.1	8.6	8.8	8.6
삽교A08	41.4	40.0	39.4	16.4	16.2	15.9
삽교A09	15.6	15.1	14.9	6.5	6.3	6.2
삽교A10	20.0	19.2	18.9	5.7	5.7	5.6
삽교A11	19.7	19.1	18.8	5.7	5.5	5.4
삽교A12	115.2	112.8	111.5	38.7	37.9	37.4
삽교A13	2.3	2.3	2.3	1.2	1.2	1.2
삽교A14	91.0	84.5	82.0	21.0	20.5	20.1
삽교A15	219.2	213.3	210.1	136.4	132.7	130.7
삽교A16	135.7	128.7	126.1	34.1	32.7	32.0
삽교A17	45.3	42.9	42.0	11.3	11.0	10.8
삽교A18	33.6	33.3	33.0	19.3	19.1	19.0
삽교A19	63.3	61.1	60.1	31.0	29.9	29.5
삽교A20	19.9	19.7	19.6	7.6	7.5	7.5
삽교A21	173.7	170.5	168.9	81.0	79.6	78.9
총합계	1,511.1	1,458.2	1,434.8	580.8	564.9	556.3

<표 5-14> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(T-N)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	42.1	39.6	38.7	31.4	29.5	28.8
삽교A02	18.6	18.1	17.8	16.9	16.4	16.1
삽교A03	12.0	11.8	11.6	5.9	5.8	5.7
삽교A04	25.4	24.8	24.5	17.0	16.6	16.4
삽교A05	5.4	5.2	5.1	3.8	3.7	3.6
삽교A06	34.8	33.6	33.1	21.8	21.2	20.9
삽교A07	3.8	3.6	3.6	2.6	3.2	3.2
삽교A08	11.3	10.9	10.8	6.2	6.7	6.6
삽교A09	4.2	4.1	4.0	3.4	3.3	3.3
삽교A10	5.5	5.3	5.2	2.1	2.5	2.5
삽교A11	5.4	5.2	5.2	4.1	4.0	3.9
삽교A12	31.5	30.8	30.5	24.7	24.2	23.9
삽교A13	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
삽교A14	25.3	23.5	22.8	14.8	16.1	15.6
삽교A15	61.0	59.3	58.4	49.0	47.7	47.0
삽교A16	38.2	36.2	35.5	24.6	24.2	23.7
삽교A17	13.2	12.5	12.2	7.5	7.7	7.6
삽교A18	9.2	9.1	9.1	6.4	6.4	6.3
삽교A19	17.4	16.8	16.6	11.5	11.1	11.0
삽교A20	5.6	5.5	5.4	4.2	4.1	4.1
삽교A21	49.3	48.4	47.9	33.9	33.3	32.9
총합계	419.7	405.1	398.6	292.4	288.3	283.6

<표 5-15> 소유역별 자연증감에 의한 생활계 부하량 전망(T-P)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	4.6	4.3	4.2	3.4	3.2	3.1
삽교A02	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8
삽교A03	1.3	1.3	1.3	0.6	0.6	0.6
삽교A04	2.8	2.7	2.7	1.8	1.8	1.8
삽교A05	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
삽교A06	3.7	3.5	3.5	2.1	2.1	2.1
삽교A07	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
삽교A08	1.2	1.2	1.2	0.7	0.8	0.8
삽교A09	0.5	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3
삽교A10	0.6	0.6	0.6	0.2	0.3	0.3
삽교A11	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
삽교A12	3.4	3.4	3.3	2.7	2.6	2.6
삽교A13	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
삽교A14	2.7	2.5	2.5	1.4	1.6	1.5
삽교A15	6.6	6.4	6.3	4.7	4.6	4.5
삽교A16	4.1	3.8	3.8	2.3	2.4	2.3
삽교A17	1.4	1.3	1.3	0.7	0.7	0.7
삽교A18	1.0	1.0	1.0	0.7	0.7	0.7
삽교A19	1.9	1.8	1.8	1.2	1.2	1.2
삽교A20	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4
삽교A21	5.2	5.1	5.1	3.3	3.3	3.2
총합계	45.2	43.6	42.9	29.9	29.6	29.1

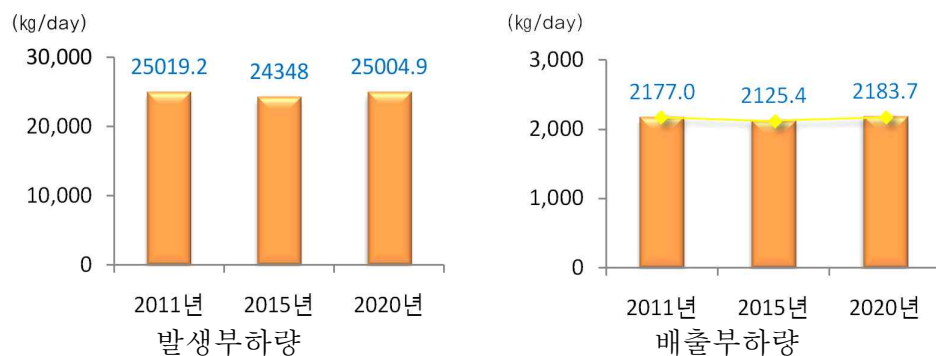
■ 축산계

- 과거 5년간 자료의 분석을 통해 산정된 자연적인 가축사육 두수 증감 전망치에 따라 부하량을 산정함
- 2011년 축산계 BOD₅ 발생부하량은 25,019.2kg/일로 소유역별로는 삽교A15유역에서 6,471.5kg/일로 약 25.9%를 차지함
- 2015년 축산계 BOD₅ 발생부하량은 24,348.0kg/일, 2020년은 25,004.9kg/일로 2011년과 비교하여 감소하였다가 조금 증가하였으며, 삽교A15유역에서 가장 많은 양의 오염부하를 보이는 것으로 전망됨
- 2011년 축산계 BOD₅ 배출부하량은 2,177.0kg/일로 소유역별로는 삽교A15유역에서 580.5kg/일로 26.7%를 차지함
- 2015년 축산계 BOD₅ 배출부하량은 2,125.4kg/일, 2020년은 2,183.7kg/일로 2011년과 비교하여 감소하였다가 조금 증가하였으며, 삽교A15유역에서 가장 많은 양의 오염부하를 보이는 것으로 전망됨

<표 5-16> 자연증감에 의한 축산계 부하량 전망(전체)

(단위 : kg/일)

	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
BOD	25,019.2	24,348.0	25,004.9	2,177.0	2,125.4	2,183.7
T-N	5,802.0	5,619.9	5,768.1	1,278.2	1,231.0	1,263.9
T-P	2,071.9	2,002.5	2,054.2	142.4	136.9	140.5



[그림 5-5] 축산계 부하량 전망(BOD₅)

<표 5-17> 소유역별 축산계 부하량 전망(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	3,223.1	3,692.0	3,779.6	289.7	331.8	339.6
삽교A02	460.2	479.7	499.4	41.2	42.9	44.7
삽교A03	1,471.5	1,635.4	1,668.3	132.1	146.8	149.8
삽교A04	1,360.7	1,445.0	1,480.3	122.2	129.7	132.9
삽교A05	283.9	278.0	289.9	25.5	25.0	26.0
삽교A06	661.8	625.0	644.1	59.2	55.9	57.6
삽교A07	525.1	507.3	527.0	47.0	45.4	47.1
삽교A08	2,488.9	2,059.5	2,052.3	177.1	144.5	143.6
삽교A09	832.4	838.2	881.7	74.4	75.0	78.8
삽교A10	96.7	67.6	65.2	8.6	6.0	5.7
삽교A11	214.8	185.6	192.1	14.6	12.6	13.1
삽교A12	1,879.6	2,039.2	2,102.2	168.8	183.1	188.8
삽교A13	31.1	33.5	34.6	2.8	3.0	3.1
삽교A14	1,423.6	1,362.9	1,418.5	127.6	122.2	127.1
삽교A15	6,471.5	5,903.7	6,102.9	580.5	529.5	547.4
삽교A16	1,644.1	1,465.0	1,502.9	147.5	131.4	134.8
삽교A17	42.1	42.9	45.4	3.8	3.9	4.1
삽교A18	901.0	794.2	803.0	64.4	56.8	57.5
삽교A19	253.6	189.8	191.7	22.5	16.8	16.9
삽교A20	33.8	28.6	28.5	3.0	2.6	2.5
삽교A21	719.9	675.0	695.3	64.7	60.6	62.5
총합계	25,019.2	24,348.0	25,004.9	2,177.0	2,125.4	2,183.7

<표 5-18> 소유역별 축산계 부하량 전망(T-N)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	690.4	790.7	809.5	139.0	159.4	163.2
삽교A02	106.3	110.7	115.2	24.7	25.7	26.7
삽교A03	329.8	366.5	374.0	64.8	72.1	73.5
삽교A04	316.9	335.7	343.6	66.4	70.2	71.7
삽교A05	64.3	63.0	65.7	15.4	15.1	15.7
삽교A06	146.7	138.5	142.7	34.9	32.9	34.0
삽교A07	121.7	117.9	122.6	29.0	28.1	29.2
삽교A08	615.5	508.8	506.5	124.7	102.1	101.4
삽교A09	191.4	192.7	202.7	45.6	45.9	48.3
삽교A10	26.5	18.2	17.5	6.3	4.3	4.1
삽교A11	47.8	41.2	42.6	8.7	7.5	7.7
삽교A12	432.9	468.4	482.6	78.7	85.3	87.9
삽교A13	7.0	7.5	7.8	1.2	1.3	1.4
삽교A14	335.5	321.3	334.5	80.0	76.6	79.7
삽교A15	1,513.1	1,378.0	1,423.0	361.9	329.6	340.4
삽교A16	394.1	350.4	359.3	94.3	83.8	86.0
삽교A17	11.2	11.4	12.1	2.7	2.7	2.9
삽교A18	217.5	191.9	194.1	44.0	38.9	39.4
삽교A19	57.1	42.3	42.6	13.5	10.0	10.1
삽교A20	8.0	6.8	6.8	1.9	1.6	1.6
삽교A21	168.5	158.0	162.7	40.4	37.9	39.0
총합계	5,802.0	5,619.9	5,768.1	1,278.2	1,231.0	1,263.9

<표 5-19> 소유역별 축산계 부하량 전망(T-P)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	242.5	277.9	284.5	15.3	17.6	18.0
삽교A02	37.9	39.4	41.0	2.8	2.9	3.0
삽교A03	116.6	129.6	132.2	7.2	8.0	8.2
삽교A04	114.1	120.2	122.8	7.6	8.0	8.2
삽교A05	20.9	20.5	21.4	1.6	1.5	1.6
삽교A06	47.7	45.1	46.4	3.5	3.3	3.5
삽교A07	43.2	42.2	44.0	3.2	3.1	3.3
삽교A08	241.8	200.9	200.3	15.0	12.3	12.3
삽교A09	66.5	66.9	70.4	5.0	5.0	5.2
삽교A10	9.2	6.3	6.0	0.7	0.5	0.4
삽교A11	14.8	12.8	13.2	0.8	0.7	0.8
삽교A12	148.5	160.0	164.6	8.4	9.1	9.4
삽교A13	2.2	2.4	2.4	0.1	0.1	0.1
삽교A14	120.9	115.7	120.5	9.0	8.6	9.0
삽교A15	531.0	483.9	499.5	39.7	36.2	37.3
삽교A16	145.5	129.3	132.6	10.9	9.7	9.9
삽교A17	3.8	3.9	4.1	0.3	0.3	0.3
삽교A18	83.7	74.0	74.9	5.2	4.6	4.6
삽교A19	21.1	15.5	15.6	1.6	1.1	1.1
삽교A20	2.7	2.2	2.2	0.2	0.2	0.2
삽교A21	57.4	53.9	55.5	4.3	4.0	4.2
총합계	2,071.9	2,002.5	2,054.2	142.4	136.9	140.5

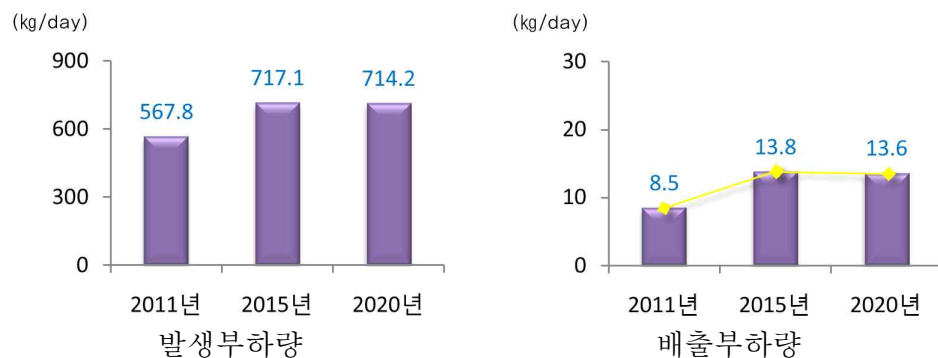
■ 산업계

- 과거 5년간 자료의 분석을 통해 산정된 사업장 폐수발생량 및 배출량 증감 전망치에 따라 부하량을 산정함
- 2011년 산업계 BOD₅ 발생부하량은 567.8kg/일로 소유역별로는 삼교A01유역에서 208.6kg/일로 가장 높은 비율인 36.7%를 차지함
- 2015년 산업계 BOD₅ 발생부하량은 717.1kg/일, 2020년은 714.2kg/일로 2011년과 비교하여 증가하였다가 조금 감소하였으며, 삼교A01유역에서 가장 많은 양의 오염부하를 보이는 것으로 전망됨
- 2011년 산업계 BOD₅ 배출부하량은 8.5kg/일로 소유역별로는 삼교A01유역에서 3.0kg/일로 35.3%를 차지함
- 2015년 산업계 BOD₅ 배출부하량은 13.8kg/일, 2020년은 13.6kg/일로 2011년과 비교하여 증가하였다가 조금 감소하였으며, 삼교A01유역에서 가장 많은 양의 오염부하를 보이는 것으로 전망됨

<표 5-20> 자연증감에 의한 산업계 부하량 전망(전체)

(단위 : kg/일)

	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
BOD ₅	567.8	717.1	714.2	8.5	13.8	13.6
T-N	66.3	89.6	89.8	11.2	15.1	15.1
T-P	9.8	13.8	14.1	2.8	3.8	3.9



[그림 5-6] 산업계 부하량 전망(BOD₅)

<표 5-21> 소유역별 산업계 부하량 전망(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	208.6	288.2	288.0	3.0	4.2	4.2
삽교A02	3.0	4.2	4.3	0.4	0.6	0.7
삽교A03	132.1	183.2	183.1	2.1	2.8	2.8
삽교A04	149.7	150.4	150.5	2.1	2.1	2.2
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.4	1.7	1.9	0.1	0.4	0.5
삽교A13	0.0	0.1	0.2	0.0	0.0	0.1
삽교A14	0.4	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0
삽교A15	64.1	79.4	76.6	0.9	3.5	3.2
삽교A16	0.4	0.4	0.3	0.0	0.0	0.0
삽교A17	8.8	8.7	8.6	0.0	0.0	0.0
삽교A18	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	567.8	717.1	714.2	8.5	13.8	13.6

<표 5-22> 소유역별 산업계 부하량 전망(T-N)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	32.5	44.5	44.5	5.4	7.4	7.4
삽교A02	0.5	0.7	0.7	0.1	0.2	0.2
삽교A03	20.3	28.0	28.0	3.8	5.1	5.1
삽교A04	8.9	9.2	9.3	1.7	1.7	1.7
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.2	0.8	0.9	0.0	0.1	0.1
삽교A13	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
삽교A15	2.2	4.6	4.7	0.1	0.6	0.5
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	1.6	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	66.3	89.6	89.8	11.2	15.1	15.1

<표 5-23> 소유역별 산업계 부하량 전망(T-P)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	3.2	4.4	4.4	1.1	1.5	1.5
삽교A02	1.6	2.7	3.0	0.4	0.7	0.8
삽교A03	2.0	2.7	2.7	0.7	1.0	1.0
삽교A04	1.8	1.8	1.8	0.5	0.5	0.5
삽교A05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A12	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0
삽교A13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A15	0.8	1.7	1.7	0.0	0.1	0.1
삽교A16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A17	0.3	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0
삽교A18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
삽교A21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
총합계	9.8	13.8	14.1	2.8	3.8	3.9

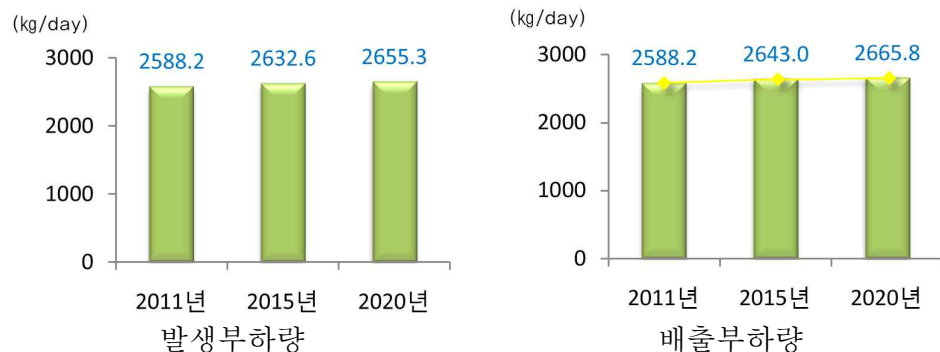
■ 토지계

- 과거 5년간 자료의 분석을 통해 산정된 토지계 지목별 면적 증감 전망치에 따라 부하량을 산정함
- 2011년 토지계 BOD₅ 발생부하량은 2,588.2kg/일로 소유역별로는 삽교A01유역에서 333.4kg/일로 12.9%를 차지함
- 2015년 토지계 BOD₅ 발생부하량은 2,632.6kg/일, 2020년은 2,655.3kg/일로 2011년과 비교하여 증가추세를 보였으며, 삽교A01유역에서 가장 많은 양의 오염 부하를 보이는 것으로 전망됨
- 2011년 토지계 BOD₅ 배출부하량은 2,588.2kg/일로 소유역별로는 삽교A01유역에서 333.4kg/일로 12.9%를 차지함
- 2015년 토지계 BOD₅ 배출부하량은 2,643.0kg/일, 2020년은 2,665.8kg/일로 2011년과 비교하여 증가추세를 보였으며, 삽교A01유역에서 가장 많은 양의 오염 부하를 보이는 것으로 전망됨

<표 5-24> 자연증감에 의한 토지계 부하량 전망(전체)

(단위 : kg/일)

	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
BOD ₅	2,588.2	2,632.6	2,655.3	2,588.2	2,643.0	2,665.8
T-N	1,812.3	1,842.9	1,858.5	1,812.3	1,857.7	1,873.4
T-P	142.0	144.4	145.7	142.0	147.0	148.3



[그림 5-7] 토지계 부하량 전망(BOD₅)

<표 5-25> 소유역별 토지계 부하량 전망(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	333.4	341.0	344.4	333.4	341.0	344.4
삽교A02	222.9	228.6	231.4	222.9	228.6	231.5
삽교A03	92.9	95.0	96.0	92.9	95.0	96.0
삽교A04	149.1	152.4	153.9	149.1	152.4	153.9
삽교A05	50.3	51.1	51.6	50.3	51.3	51.7
삽교A06	52.0	52.8	53.2	52.0	53.0	53.5
삽교A07	38.9	39.3	39.6	38.9	40.3	40.6
삽교A08	128.4	130.6	131.8	128.4	130.9	132.0
삽교A09	38.3	38.8	39.0	38.3	38.8	39.0
삽교A10	28.0	28.4	28.6	28.0	28.4	28.6
삽교A11	29.4	29.7	29.9	29.4	29.7	29.9
삽교A12	186.1	189.9	191.5	186.1	189.9	191.5
삽교A13	3.1	3.2	3.2	3.1	3.2	3.2
삽교A14	174.5	176.7	177.9	174.5	176.8	178.1
삽교A15	287.1	290.4	292.3	287.1	290.4	292.3
삽교A16	118.0	119.4	120.2	118.0	119.4	120.2
삽교A17	50.8	51.5	51.8	50.8	51.5	51.9
삽교A18	234.8	238.1	240.0	234.8	246.6	248.6
삽교A19	65.9	66.7	67.2	65.9	66.7	67.2
삽교A20	27.9	28.3	28.5	27.9	28.3	28.5
삽교A21	276.3	280.8	283.2	276.3	280.8	283.2
총합계	2,588.2	2,632.6	2,655.3	2,588.2	2,643.0	2,665.8

<표 5-26> 소유역별 토지계 부하량 전망(T-N)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	233.5	238.8	241.1	233.5	238.8	241.1
삽교A02	161.2	165.2	167.3	161.2	165.3	167.4
삽교A03	60.9	62.3	62.9	60.9	62.3	62.9
삽교A04	102.5	104.7	105.7	102.5	104.7	105.7
삽교A05	35.5	36.1	36.4	35.5	36.8	37.1
삽교A06	30.0	30.4	30.6	30.0	30.8	31.1
삽교A07	32.9	33.3	33.5	32.9	35.0	35.2
삽교A08	99.5	101.2	102.1	99.5	102.1	103.0
삽교A09	30.6	31.0	31.2	30.6	31.0	31.2
삽교A10	16.5	16.7	16.9	16.5	16.7	16.9
삽교A11	22.2	22.5	22.6	22.2	22.5	22.6
삽교A12	155.3	158.3	159.7	155.3	158.3	159.7
삽교A13	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.5
삽교A14	110.3	111.6	112.4	110.3	112.1	112.8
삽교A15	249.3	252.1	253.7	249.3	252.1	253.7
삽교A16	95.9	97.0	97.6	95.9	97.1	97.7
삽교A17	27.2	27.5	27.7	27.2	27.5	27.7
삽교A18	109.2	110.6	111.5	109.2	121.0	122.0
삽교A19	43.0	43.6	43.9	43.0	43.6	43.9
삽교A20	16.6	16.8	16.9	16.6	16.8	16.9
삽교A21	177.9	180.8	182.4	177.9	180.8	182.4
총합계	1,812.3	1,842.9	1,858.5	1,812.3	1,857.7	1,873.4

<표 5-27> 소유역별 토지계 부하량 전망(T-P)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	18.6	19.0	19.2	18.6	19.0	19.2
삽교A02	12.7	13.0	13.2	12.7	13.1	13.2
삽교A03	5.0	5.1	5.2	5.0	5.1	5.2
삽교A04	8.2	8.4	8.5	8.2	8.4	8.5
삽교A05	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9
삽교A06	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5
삽교A07	2.5	2.6	2.6	2.5	2.8	2.8
삽교A08	7.7	7.8	7.9	7.7	7.9	8.0
삽교A09	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
삽교A10	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
삽교A11	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7
삽교A12	11.6	11.8	11.9	11.6	11.8	11.9
삽교A13	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
삽교A14	8.9	9.0	9.1	8.9	9.1	9.1
삽교A15	18.4	18.6	18.7	18.4	18.6	18.7
삽교A16	7.4	7.4	7.5	7.4	7.5	7.5
삽교A17	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
삽교A18	9.6	9.8	9.8	9.6	11.9	12.0
삽교A19	3.4	3.5	3.5	3.4	3.5	3.5
삽교A20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
삽교A21	13.8	14.0	14.1	13.8	14.0	14.1
총합계	142.0	144.4	145.7	142.0	147.0	148.3

■ 양식계 및 매립계

- 양식계는 장래 양식장 시설면적이 기준년도의 시설면적을 유지하는 것으로 전망하여 장래 발생 및 배출부하량 역시 기준년도와 동일함
- 매립계는 장래 침출수 발생량이 기준년도와 동일하다고 가정하여 장래 발생 및 배출부하량 역시 기준년도와 동일함

2) 개발계획 및 삭감계획에 의한 오염부하량 전망

(1) 개발계획에 의한 오염부하량 전망

- 예당저수지 유역의 각종 개발계획 들 중 향후 오염부하량 증가에 직접적으로 기여하는 사업들은 준공년도를 기준으로 각 개발계획에 따른 발생 및 배출부하량을 산정함
- 개발사업에 따른 오염원 변화는 주로 인구 유입과 토지 지목별 이용 변화에 국한되며, 예당저수지 유역에 대한 개발계획의 경우 인구 유입에 대한 구체적인 전망이 없으므로 토지계에서만 발생 및 배출되는 것으로 산정함
- 예당저수지 유역의 개발계획에 따른 부하량은 BOD₅를 기준으로 발생 및 배출부하량이 각각 3.10kg/일, 3.10kg/일임
- 소유역별로 살펴보면 삽교A06유역(광시면)이 개발 면적이 넓고, 오염부하량 증가에 기여도가 높은 것으로 나타남

<표 5-28> 개발계획에 따른 부하량

소유역	개발사업명	개발면적(m ²)	발생부하량 BOD ₅ (kg/일)	배출부하량 BOD ₅ (kg/일)
삽교A15	산촌체험장 조성	1,924	0.04	0.04
	방목체험장 조성	803	0.00	0.00
삽교A07	황새권역센터 신축	2,483	0.21	0.21
	황새 친환경 농업마당	2,116	0.10	0.10
	황새골가공사업장 건립	839	0.04	0.04
삽교A06	봉우실 황새쉼터	1,400	0.01	0.01
	황새바위쉼터	60	0.00	0.00
	광시지구 농어촌테마공원 조성	27,353	2.29	2.29
	다목적 광장 계획	4,855	0.41	0.41
총합계		41,833	3.10	3.10

<표 5-29> 소유역별 개발계획 부하량

소유역	개발면적(m ²)	발생부하량 BOD ₅ (kg/일)	배출부하량 BOD ₅ (kg/일)
삽교A06	33,668	2.71	2.71
삽교A07	5,438	0.35	0.35
삽교A15	2,727	0.04	0.04
총합계	41,833	3.10	3.10

(2) 삭감계획에 의한 오염부하량 전망

- 삭감계획은 2012년도부터 2020년까지 오염부하량 저감시설을 새로 설치하여 운영하려는 계획 또는 기존 처리시설의 증설 및 관거정비사업 등에 의해 확정된 오염물질 삭감계획을 말함
- 예당저수지 유역의 삭감계획에는 마을단위 하수처리시설 신규 설치 및 개량 등이 있으며, 이에 따라 생활계 오염부하량에 대하여 삭감되는 것으로 산정함
- 2020년 자연증감에 의한 오염부하량에 삭감계획을 적용함

<표 5-30> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획

시설명	삭감 전 부하량		삭감 후 부하량		삭감부하량	
	BOD ₅	T-P	BOD ₅	T-P	BOD ₅	T-P
광시지구	21.4	1.3	0.0	0.0	21.4	1.3
시목지구	12.4	0.5	3.6	0.2	8.8	0.3
동서지구	47.6	1.6	9.7	0.4	37.8	1.2
신양지구	21.1	2.1	16.3	2.1	4.8	0.0
동산지구	0.2	0.1	0.2	0.1	0.0	0.0
만사지구	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1
마사지구	0.3	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0
가지지구	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1

- 삭감계획에 의한 삭감부하량은 BOD₅ 기준 73.1kg/일로 나타났으며, 부하량 산정을 위한 계획수질은 아래 표와 같음

<표 5-31> 2011년 이후 마을단위 공공하수처리시설 계획수질

시설명	BOD ₅	COD	SS	T-N	T-P	대장균
광시지구	7	21	7	11	1.1	900
시목지구	7.8	16.4	8.9	13.6	1.3	1,000
동서지구	7.8	16.4	8.9	13.6	1.3	1,000
신양지구	7.5	-	-	-	1.38	-
동산지구	8	20	8	18	1.8	1,000
만사지구	7	14	7	14	1.4	1,000
마사지구	6.5	13.9	6.9	12.9	1.4	900
가지지구	6.5	13.9	6.9	12.9	1.39	900

3) 오염부하량 총괄 전망

- 자연증감에 의한 오염부하량과 기존 개발 및 삭감계획에 의한 총 배출부하량은 BOD₅ 기준으로 2011년 5,379.6kg/일, 2015년 5,311.9kg/일, 2020년 5,379.6kg/일임
- 2011년과 비교하여 2015년에 감소하였다가 2020년에 다시 증가하는 것으로 나타남
- 이는 2020년의 발생부하량 증가가 계획된 삭감량에 비하여 많은 것이라 판단되며, 향후 추가적인 수질대책이 필요할 것임

<표 5-32> 소유역별 총 오염부하량 전망(BOD₅)

(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	4,553.4	4,466.1	4,553.4	739.6	729.7	739.6
삽교A02	800.4	779.0	800.4	301.3	297.1	301.3
삽교A03	1,990.2	1,956.9	1,990.2	257.3	253.5	257.3
삽교A04	1,874.0	1,838.3	1,874.0	310.2	305.8	310.2
삽교A05	360.4	348.3	360.4	86.0	84.6	86.0
삽교A06	813.7	795.9	813.7	123.5	121.8	123.5
삽교A07	579.7	560.0	579.7	91.4	89.4	91.4
삽교A08	2,223.5	2,230.2	2,223.5	290.3	290.3	290.3
삽교A09	935.6	892.1	935.6	124.0	120.0	124.0
삽교A10	112.7	115.2	112.7	38.8	38.8	38.8
삽교A11	240.9	234.5	240.9	48.4	47.8	48.4
삽교A12	2,432.0	2,368.3	2,432.0	443.0	436.1	443.0
삽교A13	43.8	42.7	43.8	11.1	11.0	11.1
삽교A14	1,679.6	1,625.2	1,679.6	324.0	319.9	324.0
삽교A15	6,681.9	6,486.8	6,681.9	973.6	956.2	973.6
삽교A16	1,749.6	1,713.4	1,749.6	284.0	283.5	284.0
삽교A17	147.8	146.0	147.8	66.8	66.4	66.8
삽교A18	1,097.8	1,087.4	1,097.8	325.0	322.5	325.0
삽교A19	320.3	318.8	320.3	114.8	114.6	114.8
삽교A20	76.5	76.5	76.5	38.2	38.0	38.2
삽교A21	1,147.4	1,126.3	1,147.4	388.3	384.8	388.3
총합계	29,861.2	29,208.0	29,861.2	5,379.6	5,311.9	5,379.6

<표 5-33> 소유역별 총 오염부하량 전망(T-N)

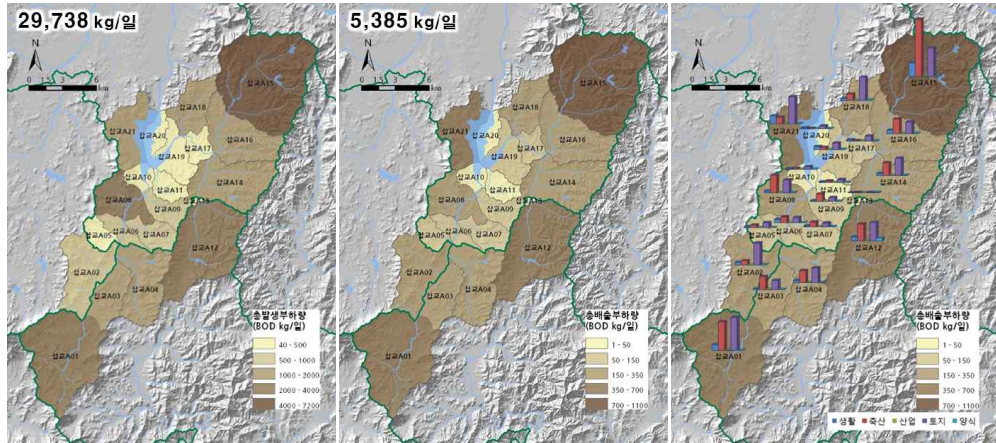
(단위 : kg/일)

소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	1,133.7	1,113.5	1,133.7	440.4	435.1	440.4
삽교A02	301.0	294.7	301.0	210.5	207.6	210.5
삽교A03	476.5	468.6	476.5	147.3	145.3	147.3
삽교A04	483.1	474.4	483.1	195.5	193.2	195.5
삽교A05	107.3	104.3	107.3	56.4	55.5	56.4
삽교A06	206.5	202.5	206.5	85.9	85.0	85.9
삽교A07	159.7	154.8	159.7	67.6	66.3	67.6
삽교A08	619.3	620.9	619.3	211.0	210.9	211.0
삽교A09	237.9	227.8	237.9	82.8	80.3	82.8
삽교A10	39.5	40.2	39.5	23.5	23.6	23.5
삽교A11	70.4	68.9	70.4	34.3	33.9	34.3
삽교A12	678.4	663.1	678.4	276.4	272.7	276.4
삽교A13	11.6	11.4	11.6	5.1	5.0	5.1
삽교A14	469.9	456.7	469.9	208.3	204.9	208.3
삽교A15	1,739.7	1,694.0	1,739.7	641.5	630.0	641.5
삽교A16	492.5	483.7	492.5	207.3	205.1	207.3
삽교A17	53.6	53.0	53.6	38.2	38.0	38.2
삽교A18	330.9	327.9	330.9	167.6	166.3	167.6
삽교A19	103.4	103.0	103.4	65.2	65.0	65.2
삽교A20	29.1	29.1	29.1	22.6	22.5	22.6
삽교A21	393.0	387.2	393.0	254.3	251.9	254.3
총합계	8,137.0	7,979.6	8,137.0	3,442.0	3,398.0	3,442.0

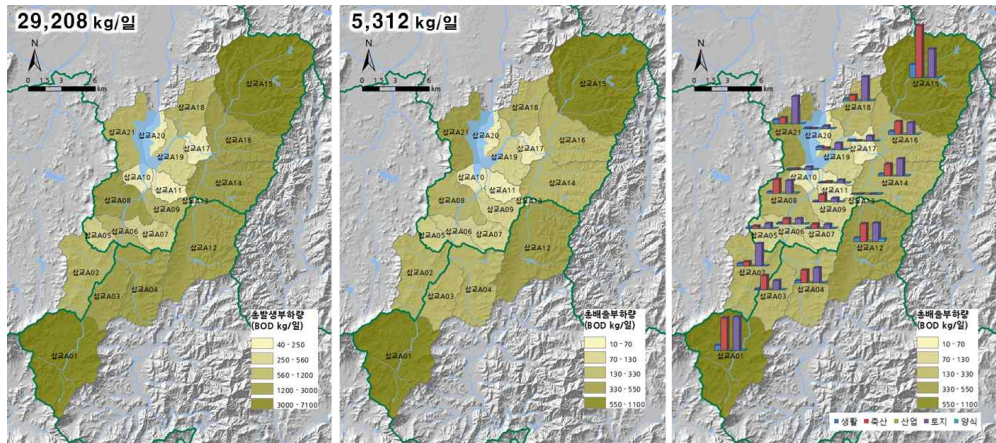
<표 5-34> 소유역별 총 오염부하량 전망(T-P)

(단위 : kg/일)

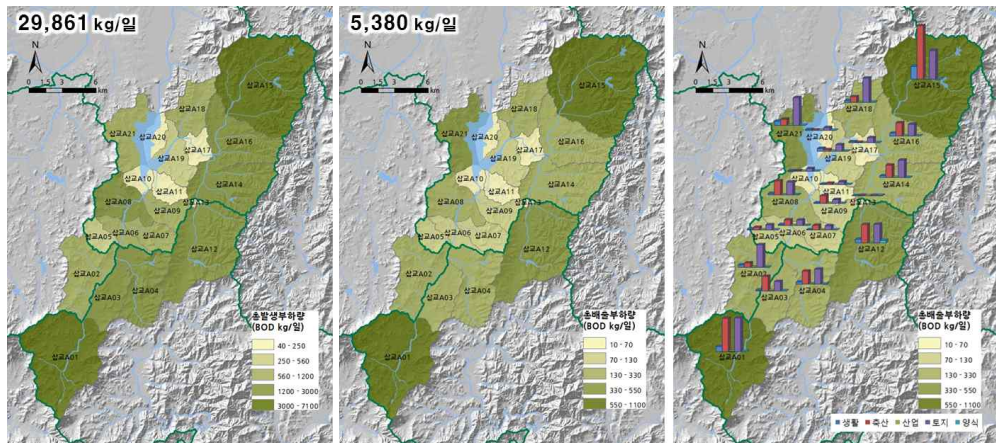
소유역	발생부하량			배출부하량		
	2011	2015	2020	2011	2015	2020
삽교A01	312.3	305.7	312.3	41.9	41.4	41.9
삽교A02	59.1	57.1	59.1	18.8	18.4	18.8
삽교A03	141.4	138.8	141.4	15.0	14.8	15.0
삽교A04	135.8	133.1	135.8	18.9	18.7	18.9
삽교A05	24.7	23.8	24.7	4.9	4.8	4.9
삽교A06	52.3	51.0	52.3	6.6	6.5	6.6
삽교A07	46.9	45.2	46.9	6.3	6.1	6.3
삽교A08	209.4	210.0	209.4	20.9	20.9	20.9
삽교A09	73.2	69.8	73.2	8.0	7.7	8.0
삽교A10	7.9	8.1	7.9	2.0	2.0	2.0
삽교A11	15.5	15.1	15.5	2.9	2.8	2.9
삽교A12	181.3	176.6	181.3	25.2	24.9	25.2
삽교A13	2.9	2.8	2.9	0.6	0.6	0.6
삽교A14	132.1	127.3	132.1	19.6	19.2	19.6
삽교A15	526.2	510.5	526.2	60.6	59.4	60.6
삽교A16	143.9	140.6	143.9	19.7	19.5	19.7
삽교A17	8.1	7.9	8.1	3.4	3.4	3.4
삽교A18	85.9	84.9	85.9	17.3	17.1	17.3
삽교A19	20.9	20.8	20.9	5.9	5.9	5.9
삽교A20	4.0	4.1	4.0	1.8	1.8	1.8
삽교A21	74.7	73.0	74.7	20.4	20.2	20.4
총합계	2,258.6	2,206.1	2,258.6	320.4	316.0	320.4



총 BOD₅ 발생부하량 총 BOD₅ 배출부하량 오염원별 비율
[그림 5-8] 유역별 총오염부하량 전망(2011년)



총 BOD₅ 발생부하량 총 BOD₅ 배출부하량 오염원별 비율
[그림 5-9] 유역별 총오염부하량 전망(2015년)



총 BOD₅ 발생부하량 총 BOD₅ 배출부하량 오염원별 비율
[그림 5-10] 유역별 총오염부하량 전망(2020년)

제6장 장래 수질변화 예측

1. 수질모델의 선정

- 수질모델은 수체 내에서 발생하는 물리적, 화학적, 생물학적 반응을 규명한 후 이를 수식화하여 구성한 것으로 여러 조건에 대한 수체의 반응을 모의하여 수질영향을 추정하는 수단으로 사용함
- 현존하는 수질모델은 다양하지만 수질모델의 기본적인 가정은 물질수지식과 경험적인 반응식을 사용하므로 유사한 특성을 나타냄
- 호소 수질을 위한 모델은 WASP, CE-QUAL-R1, CE-QUAL-W2, WQRRS, EFDC 등이 있으며, 기존 국내 호소에 대한 수질모델 적용사례들을 분석해 보면 호소 내의 수온분포 해석이나 탁수 영향 예측시에는 CE-QUAL-W2 모형을 주로 사용하였으며, 다목적댐 건설 후 수질변화나 오염부하량 변화와 같은 부영양화 현상의 수질모의에는 WASP 모형이 주로 사용되었음
- 따라서 해당저수지의 장래 수질변화 예측을 위한 모형의 선정은 국내의 여러 호소 수질 모의시 사용되어 검증된 바 있는 WASP 모형을 선정하였음

<표 6-1> 수질모델의 종류 및 특성

구분	모델명	개발기관	특징
호소 수질 모의	WASP7.5	USEPA (Environmental Protection Agency)	<ul style="list-style-type: none"> • 다차원 하천, 저수지 수질 모의 • 외부 수리모델과의 연계 가능 • 8개 수질 항목 모의
	CE-QUAL-R1	USACE (Waterways Experiment Station)	<ul style="list-style-type: none"> • 수직 방향의 1차원 동적 저수지 수질 변화 모의 • 27개의 수질 변수 모의
	CE-QUAL-W2	USACE (Waterways Experiment Station)	<ul style="list-style-type: none"> • 2차원(Vertical, Longitudinal) 동적 저수지 수질 모의 • 총 20개 항목에 대한 수질 모의
	WQRRS	USACE (Hydrologic Engineering Center)	<ul style="list-style-type: none"> • 수직 방향의 1차원 동적 저수지 수질 변화 모의 • 18개의 수질 변수 모의
	EFDC	USEPA (Environmental Protection Agency)	<ul style="list-style-type: none"> • 3차원 동적 유동 및 수질모의 • 유동 모의 결과는 WASP7수질 모형과 연계 가능

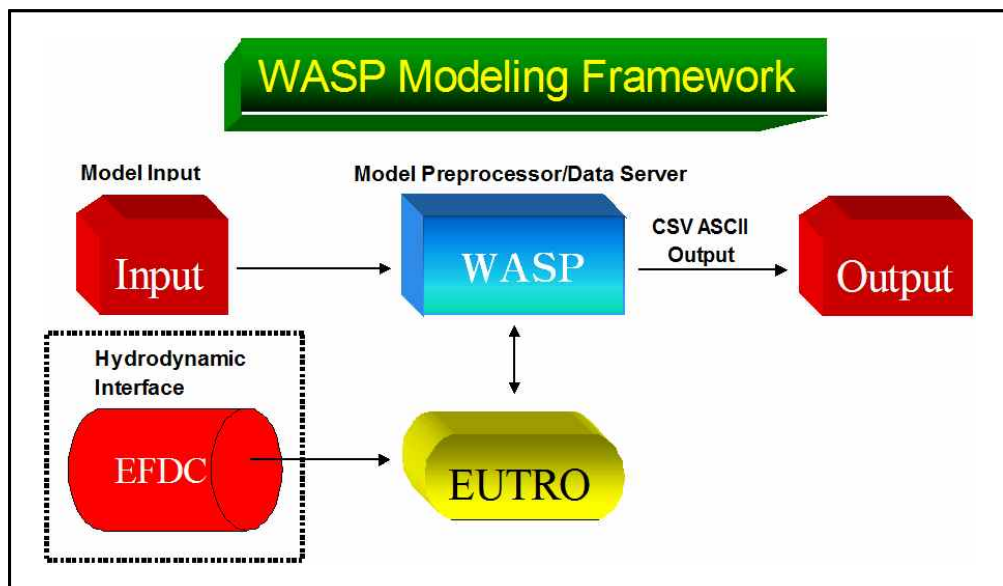
<표 6-2> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례

수체	적용모델	적용 목적	참고문헌
소양호	CE-QUAL-W2	성층화된 소양호에 대한 수온 분포 모의 및 홍수시 밀도류 이동특성 파악	김윤희외, 2차원 수리 수질모델(CE-QUAL-W2)을 이용한 소양호 수온 성층현상과 홍수기 밀도류 이동현상의 모델링, 상하수도학회지, 제15권 1호, 2001
시화호	WASP5	시화호 수질 모의를 위한 모델의 보정 및 검증	서동일외, EUTRO5를 이용한 시화호 수질 모델 보정 및 검증, 대한환경공학회지 제23권 제1호, 2001
경천저수지	WASP5 WASP Builder	가축에 의한 유입오염부하량 증감에 따른 저수지 수질 예측	정팔진외, WASP5 & WASP Builder를 이용한 농업용저수지 유역의 수질관리, 한국물환경학회지 제20권 제5호, 2004
새만금	WASP5	새만금호의 수질 모의를 위한 모델 매개변수의 추정	박영기외, WASP5 모형에 의한 새만금호의 수질 매개변수 추정, 대한환경공학회지, 22권 4호, 2000
대청호	CE-QUAL-W2	강우시 탁류의 흐름 특성 파악 및 호내 용존산소 및 취수장 원수의 탁도에 미치는 영향 분석	정세웅, 성층화된 저수지로 유입하는 탁류의 공간분포 및 연직 2차원 모델링, 대한환경공학회, 제26호 제9호, 2004
대청호	WASP5	저수지 수질관리시스템 내 수질 모델로 활용	한건연외, GIS를 이용한 저수지의 수질관리시스템 구축, 한국GIS학회, 제12권 제1호, 2004
대청호	WASP5	용담댐의 방류량 변화에 따른 대청호 수질 예측	서동일외, 용담댐의 영향분석을 위한 대청호 수질모델링, 한국수자원학회논문집 제35권 제6호, 2002
대청호	WASP5	유전자 알고리즘을 이용한 수질모형의 최적 매개변수값 산정	김만식, 인공지능기법을 이용한 수질모형의 최적 매개변수 추정연구, 환경관리학회지 제9권 제1호, 2003
대청호	WASP5 CE-QUAL-W2	WASP5, CE-QUAL-W2 모델의 적용을 통한 비교 분석	허경미, 대형 인공호의 수리수문학적 변화에 대한 호수수질모델 비교연구, 이화여자대학교 과학기술대학원 석사학위청구논문, 2001

<표 6-3> 국내 호소에 대한 수질 모델 적용사례-계속

수체	적용모델	적용 목적	참고문헌
대청호	CE-QUAL-W2	대청호 성층특성분석	이상옥, 이차원 수리·수질모형 (CE-QUAL-W2)을 이용한 대청호의 성층현상모의에 관한 연구, 충남대학교 대학원 석사학위논문, 2002
보령호	WASP5	유역의 오염부하량 변화에 따른 보령호의 수질 변화 예측	이석호, WASP5 모델을 이용한 담수호의 수질거동 특성 연구, 건국대학교 대학원 농공학과 석사학위 논문, 2002
탐진호	WASP5	탐진댐 담수 후의 수질 변화 예측	곽대홍, WASP5 모형을 이용한 탐진댐의 수질예측, 전남대학교 대학원 토목공학과 석사학위논문, 2001
평립댐	WASP5	건설예정인 평립댐에 대한 장래 수질 예측	양치열, WASP를 이용한 평립댐의 수질예측 및 민감도분석, 전남대학교 대학원 석사학위논문, 2003
주암호	WASP5	주암호 수질 모의를 위한 수질 모델의 매개변수 산정	이두섭, WASP5를 이용한 주암호의 매개변수 추정에 관한 연구, 호남대학교 대학원 석사학위 논문, 2000
오봉호	CE-QUAL-W2	댐 재개발로 인한 수체 규모의 증가가 수체의 수온분포에 미치는 영향 예측	정선아, 2차원 모델을 이용한 댐 재개발이 수리 및 수질에 미치는 영향 분석, 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문, 2003
경인아라뱃길	EFDC, WASP	경인아라뱃길 수질변화 예측	윤진호, 서동일, 3차원 EFDC-WASP 연계모델을 이용한 경인아라뱃길 수질 예측, 대한환경공학회지, Vol.35 No.2, pp.101-108, 2013
영주댐	EFDC, WASP	영주다목적댐 건설후 수질변화 예측	박재충, 최재훈, 송영일, 송상진, 서동일, HSPF, EFDC 및 WASP 에 의한 영주다목적댐 저수지의 수질예측, 환경영향평가, 제 19권 제 5호, pp.465-473, 2010
군남댐	EFDC, WASP	댐 건설후 수질변화 예측	군남홍수조절지 환경영향평가, 2004
내장저수지	EFDC, WASP	내장산리조트 건설에 따른 수질변화 예측	내장산리조트 관광지 개발사업 환경영향평가, 2005
단양수중보	EFDC, WASP	단양수중보 건설에 따른 수질변화 예측	충주호내 단양수중보 건설사업 기본 및 실시설계 보고서, 2007
사연댐 대곡댐	EFDC, WASP	유역내 오염원 저감에 따른 수질변화 예측	사연·대곡 수질개선대책수립 보고서, 2007
영천댐	EFDC, WASP	유역내 오염원 저감에 따른 수질변화 예측	영천댐 수질개선대책수립 보고서, 2009
영주댐	EFDC, WASP	댐 건설후 수질변화 예측	영주다목적댐 환경영향평가, 2009

- 그러나 기존의 호소의 수질모의에 다수 사용되었던 DOS 기반의 WASP5 모형은 유동 해석시 1차원 유동 모형인 DYNHYD와 연계할 수 있으며, 1차원으로 유동 해석된 결과를 수심이 깊은 호소의 유동모의 적용에 한계가 있어, 별도의 유동 해석 프로그램과 연계하여 사용 할 수 있도록 윈도우 기반 프로그램인 WASP6를 미국 EPA에서 개발 하였으며, 2012년에는 WASP7.5로 발전시켜 사용하고 있음
- 따라서 수질모의를 위한 영향예측시 3차원 수리 해석이 가능한 유동 모형인 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code, Hamrick, 1992) 모형을 이용하여 유동 해석을 실시하였으며, 유동 해석 결과는 부영양화 모의가 가능한 WASP7.5와 연계 하여 예당저수지 내 수질변화 모의를 실시하였음

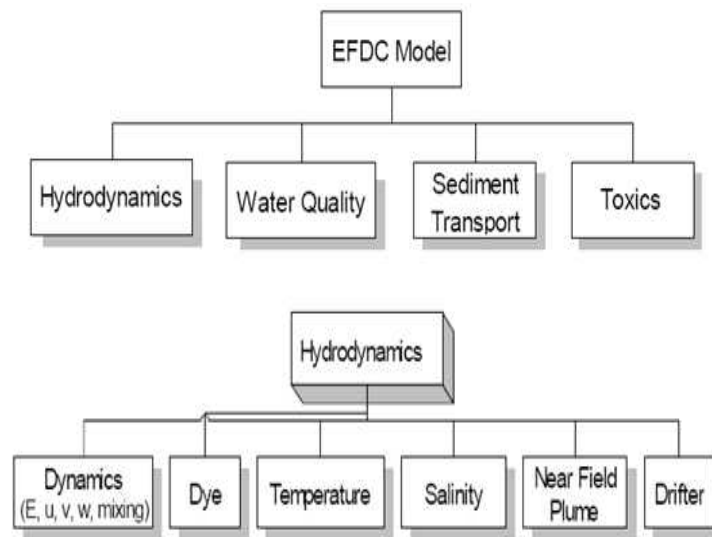


[그림 6-1] 예당저수지 수질모의 모델 구성도

2. 모델의 개요

1) EFDC 유동모델의 개요

- EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)모델은 초기에 Virginia Institute of Marine Science(Hamrick, 1992a)에서 개발되었으며, 현재는 USEPA와 Tetra Tech, Inc.에 의해 개발·관리되고 있는 3차원 유동모델이며, 수질 모델, 부유사 이동 및 독성 물질 모델과 연결된 통합 버전의 모델로도 사용되고 있음
- EFDC는 다음 그림에 나타난 바와 같이 총 4개의 모듈로 구성되며 유체의 이동, 염분 및 온도 모의 외에도 흡착성 또는 비 흡착성 부유물질의 이동, 오염원 유입에 의한 희석, 부영양화 기작, 독성 오염물질의 이동/반응 등의 모의가 가능함
- 특히 EFDC 유동 부분 모의에 있어서 댐 또는 암거 등의 치수 구조물 해석뿐만 아니라 수심이 얇은 수체에 대한 wet/dry 현상을 모의할 수 있어 인공습지 등에서의 유동을 모의할 수 있으며, 미국에서 강, 하천 및 하구 등에 광범위하게 적용되고 있음
- 국내에서도 저수지 및 해양에서 다수 사용된바 있고, 하천에서도 4대강 살리기사업 환경영향평가서 부유사확산 예측에 적용하는 등 점차 적용사례가 확대되고 있음



[그림 6-2] EFDC 모델의 구조

- 본 모의에서는 Hydrodynamic 모듈에 대한 유동 모의 결과를 수질 모델인 WASP7.5의 수리 입력자료로 연계하여 사용함

- EFDC모델에서는 수평방향의 경계조건을 나타내기 위하여 수평 좌표계인 x, y좌표를 고려하며, 수심방향으로 정역학적인 해를 얻기 위해서 sigma(stretching) transformation을 사용하고, 다음에 제시된 식을 이용하여 운동량 방정식 및 연속방정식을 유도하였음
- 여기에서 u와 v는 무차원의 curvilinear-orthogonal 수평자료인 x와 y방향의 유속 요소이며, w는 stretched(Sigma) 수직 좌표 z방향의 속도를 나타내며, mx와 my는 수평 방향으로의 scale factor이며, Z*s와 Z*b는 각각 자유 수면과 바닥 면에서의 물리적 좌표를 나타냄
- H는 수심을 나타내며, patm은 대기압, f는 자유수면 potential을 나타내고 있고, 수평 난류 stress는 수평 난류 점성인 AH에 비례하며, 일반적으로 유동 가속도항이 중앙차분으로 표현될 때 사용됨

$$z = \frac{(z^* + h)}{(z_s^* + h)} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} & \partial_t (m_x m_y H u) + \partial_x (m_y H u v) + \partial_y (m_x H v u) + \partial_z (m_x m_y u w) - f_e m_x m_y H v \\ & = -m_y H \partial_x (p + p_{atm} + \phi) + m_y (\partial_x z_b^* + z \partial_x H) \partial_z p + \partial_z \left(m_x m_y \frac{A_v}{H} \partial_z u \right) \\ & + \partial_x \left(\frac{m_y}{m_x} H A_H \partial_x u \right) + \partial_y \left(\frac{m_x}{m_y} H A_H \partial_y u \right) - m_x m_y c_p D_p (u^2 + v^2)^{1/2} u \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \partial_t (m_x m_y H v) + \partial_x (m_y H u v) + \partial_y (m_x H v v) + \partial_z (m_x m_y w v) + f_e m_x m_y H u \\ & = -m_x H \partial_y (p + p_{atm} + \phi) + m_x (\partial_y z_b^* + z \partial_y H) \partial_z p + \partial_z \left(m_x m_y \frac{A_v}{H} \partial_z v \right) \\ & + \partial_x \left(\frac{m_y}{m_x} H A_H \partial_x v \right) + \partial_y \left(\frac{m_x}{m_y} H A_H \partial_y v \right) - m_x m_y c_p D_p (u^2 + v^2)^{1/2} v \end{aligned} \quad (3)$$

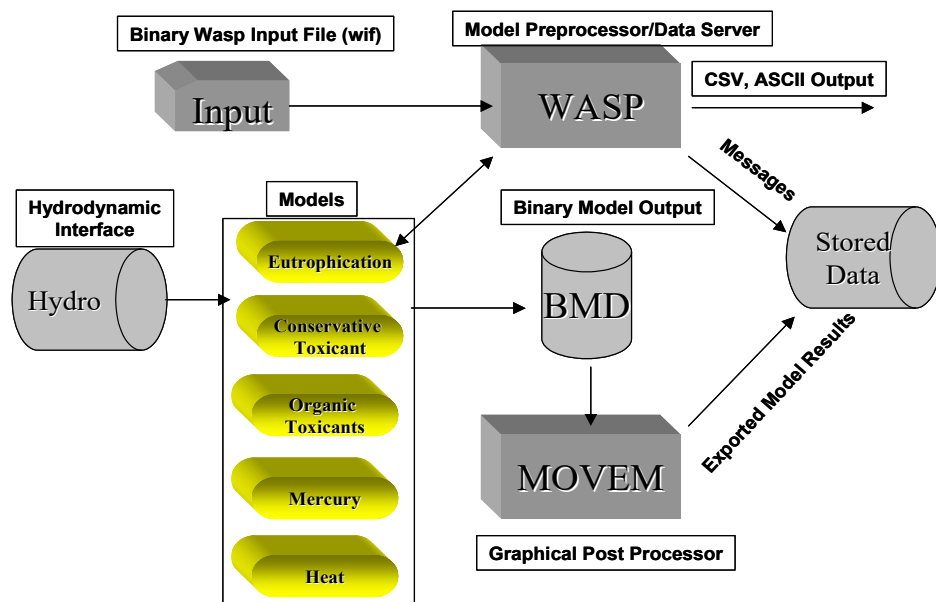
$$m_x m_y f_e = m_x m_y f - u \partial_y m_x + v \partial_x m_y \quad (4)$$

$$(\tau_{xz}, \tau_{yz}) = A_v H^{-1} \partial_z (u, v) \quad (5)$$

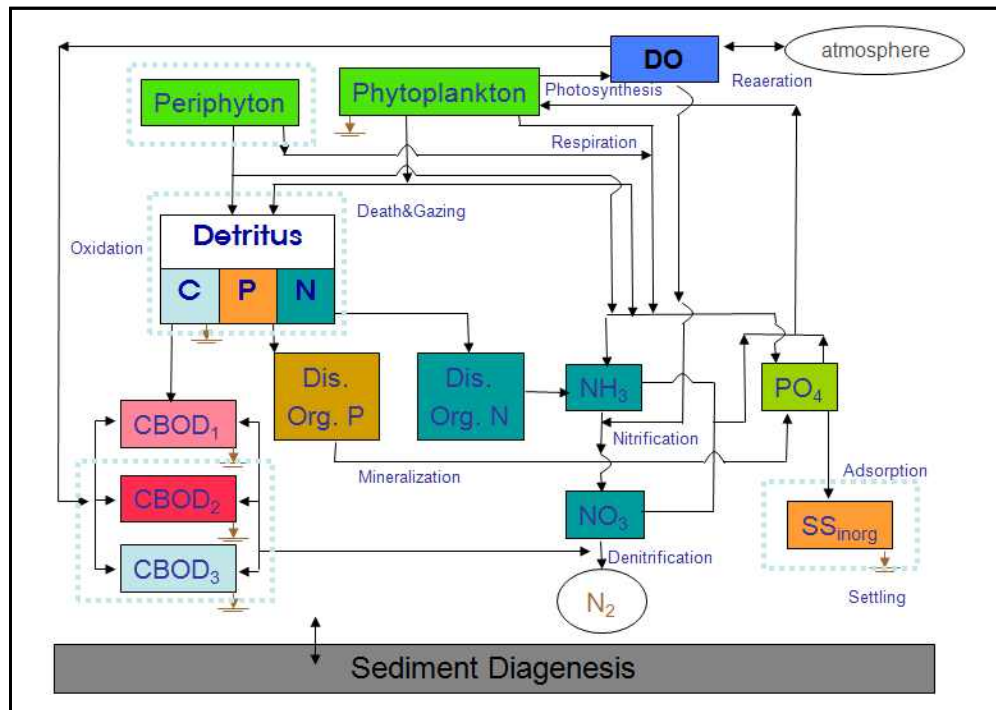
- 식 (2)와 식 (3)의 우변의 마지막 항은 식생에 의한 저항을 나타내며, Cp는 저항계수, Dp는 단위 수평면적 및 유량을 고려한 무차원의 식생면적을 나타냄
- 식 (4)의 유효 편향 가속도 Fe는 편향 파라미터인 f와 곡률 가속도의 함수이며, 우변의 세 번째 항인 수직 난류 stress는 수직 난류 점성인 Av에 비례하고, 식 (5)에 의한 수평유속 요소의 수직 전단력과 관련됨

2) WASP 수질모델의 개요

- WASP7.5 모델은 자연현상과 인간의 활동으로 발생하는 다양한 오염물질에 대한 수질의 예측 및 해석이 가능하며, 수체와 저니층의 수질을 모의할 수 있는 유동구획모형이며 유동, 확산, 점오염원과 경계조건의 시간에 따른 변화 고려가 가능한 3차원 수질 모델임
- WASP7.5 모델은 도스 환경 기반의 초기 WASP(Di Toro et al., 1983; Connolly and Winfield, 1984; Ambrose, R.B. et al., 1988)을 윈도우 기반의 사용자 인터페이스로 발전시킨 형태이며, 기존 WASP 모형의 서브모델인 부영양모델, 독성모델외에 Mercury, Heat 모델이 추가되었으며, postprocessor기능이 추가되어 모델결과의 분석이 용이함
- WASP7.5 모델은 부영양화를 모의할 수 있는 EUTRO 모듈과 독성물질에 대한 모의가 가능한 TOXI 모듈로 구분할 수 있으며, WASP5.0의 EUTRO 모듈에서는 총 8개의 수질 항목($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, DO, CBOD, Chl-a, O-N, O-P)에 대한 모의가 가능하였으나, WASP7.5의 EUTRO 모듈에서는 모의 항목이 추가되어, CBOD의 경우 분해 속도에 따라 3가지 종류로 구분하여 모의가 가능함



[그림 6-3] WASP7.5 모델의 구성도



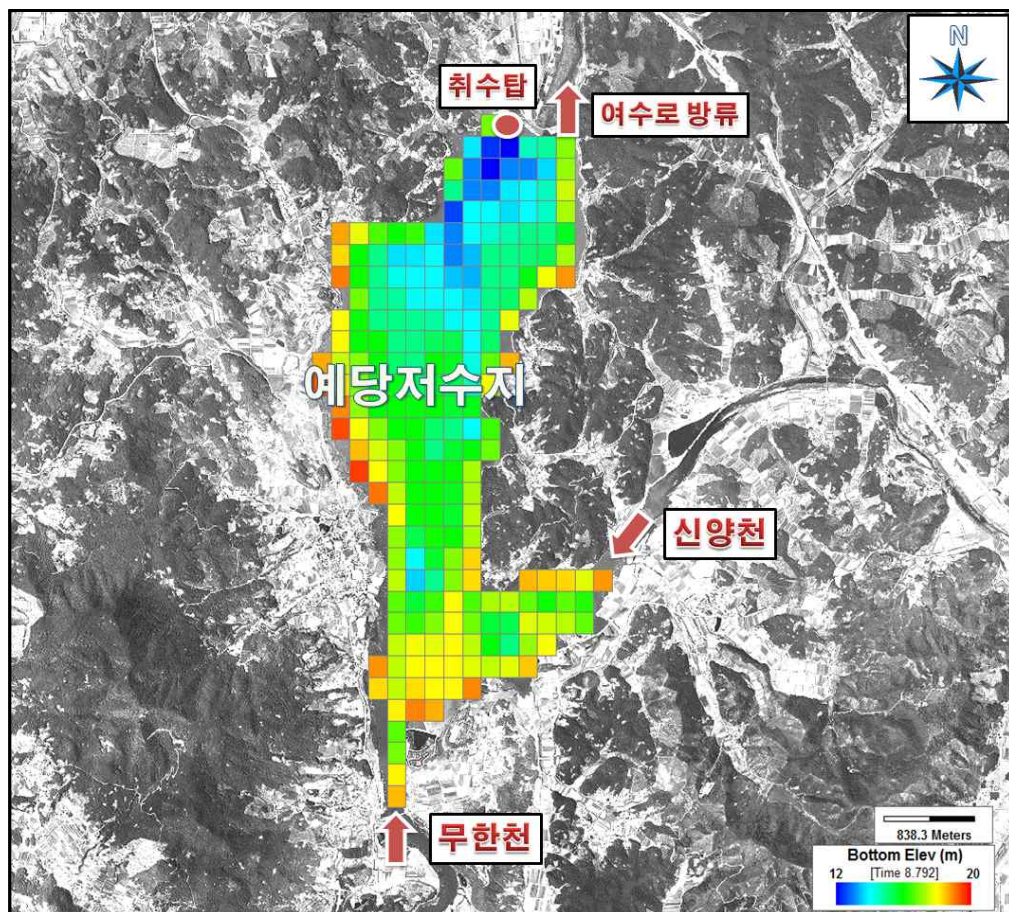
[그림 6-4] WASP7.5(EUTRO) 모델 내 수질 항목 반응도

3. 모델의 적용

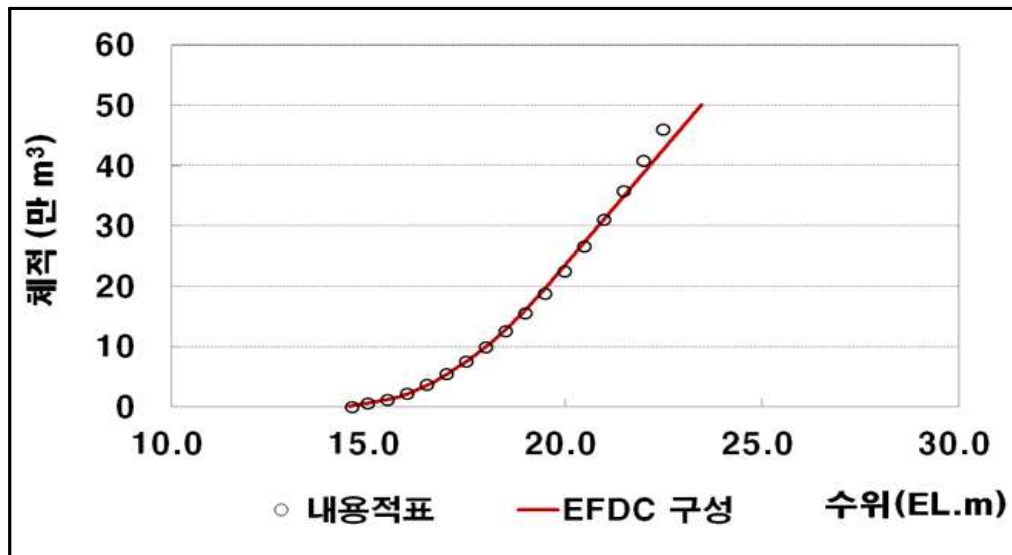
1) EFDC 유동모델의 적용

(1) 모의구간 격자구성

- EFDC 유동모의를 위한 격자구성은 다음 그림에 나타난 바와 같이 지형자료 및 내용적표를 이용하여 약 171.8m×약 190.7m 크기의 총 702개의 활성격자(수평격자 234개×수직 3개층)로 구성하였음
- 구성된 모델의 수위-체적곡선과 한국농어촌공사 예산지사에서 제공한 내용적표와 비교 시 R^2 (coefficient of determination)값이 0.996으로 이를 이용하여 유동해석 및 수질 모의하는 것이 가능할 것으로 판단됨



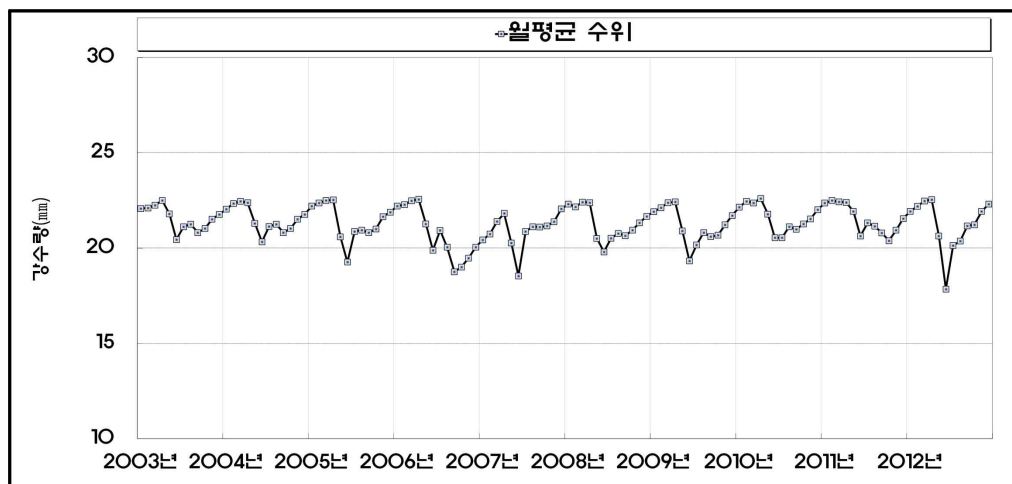
[그림 6-5] 수질모의를 위한 격자구성



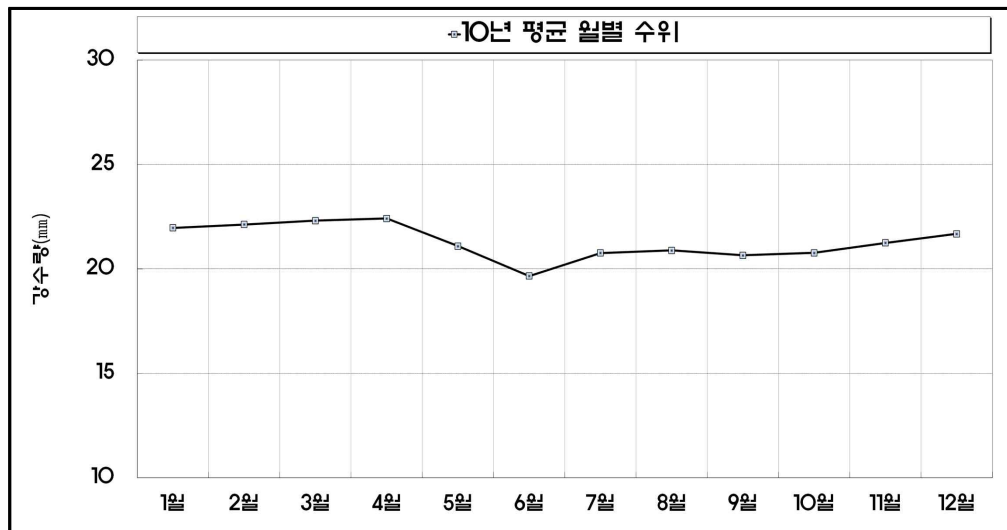
[그림 6-6] EFDC 격자구성 내용적표 비교

(2) 유출입량 산정

- 예당저수지는 농어촌공사에서 관리하는 저수지로 수위와 저수율을 일별로 측정하고 있음
- 과거 10년간 월평균 수위변화를 보면 1월부터 4월까지의 평균 22.2EL.m의 수위를 유지하다가 5월부터 수위가 급격히 감소하고 강우조건에 따라 차이는 있으나 대부분 9월 이후에 수위가 다시 증가하는 경향을 나타내고 있음
- 이는 4월말부터 9월까지 농업용수 공급을 위하여 취수하기 때문인 것으로 사료됨

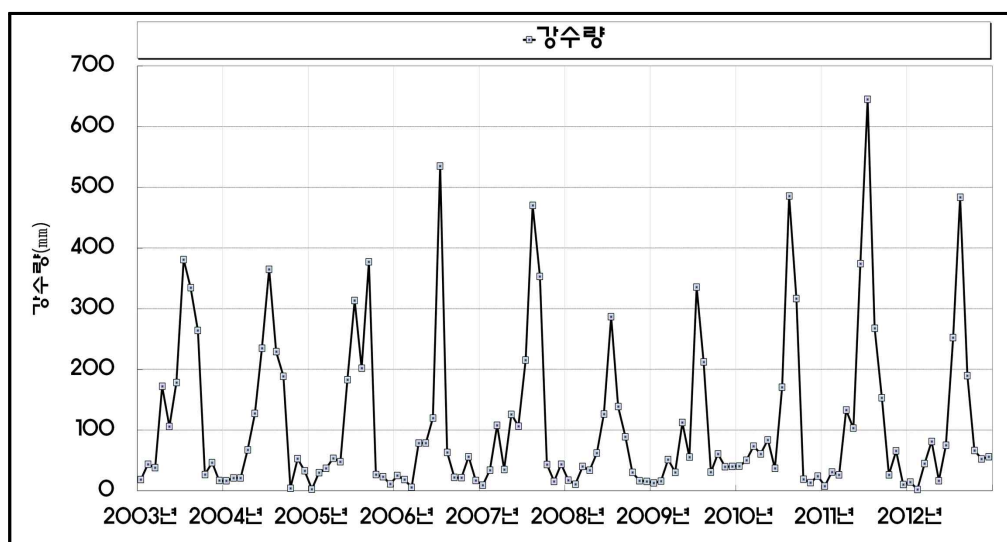


[그림 6-7] 예당저수지 과거 월평균 수위 변화

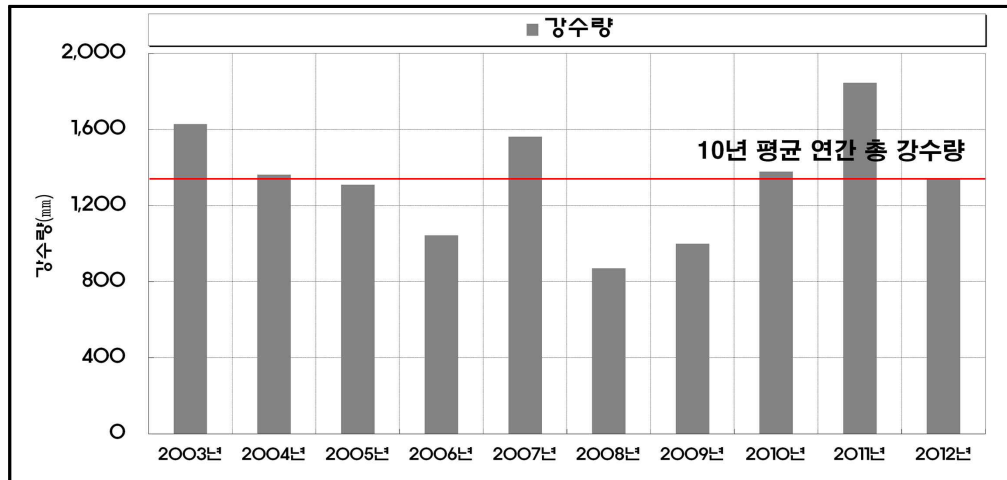


[그림 6-8] 예당저수지 10년 평균 월별 수위 변화

- 유출입량 산정 전에 기준 연도를 선정하기 위하여 과거 10년간(2003년~2012년) 강수량자료를 분석한 결과 10년 평균 연간 총 강수량은 1,333.7mm이며, 이와 유사한 최근 연도는 2012년과 2010년인 것으로 나타났음
- 이중 2012년은 극심한 가뭄이후에 태풍으로 갑자기 많이 온 것으로 수위 변화가 일반적인 변화와는 다소 차이가 있어 기준 연도로 2010년을 선정하였음

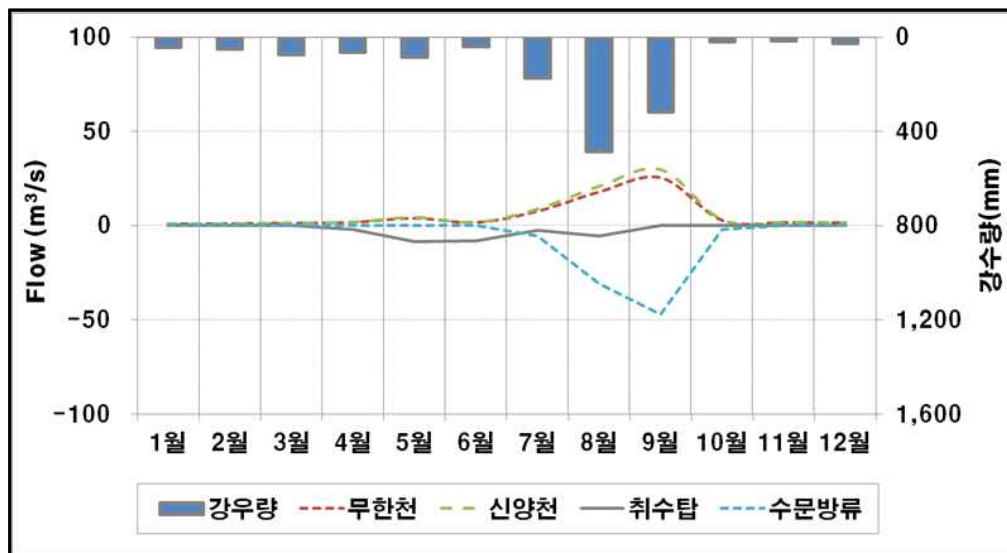


[그림 6-9] 예당저수지 과거 월평균 강수량 변화



[그림 6-10] 예당저수지 과거 10년간 강수량

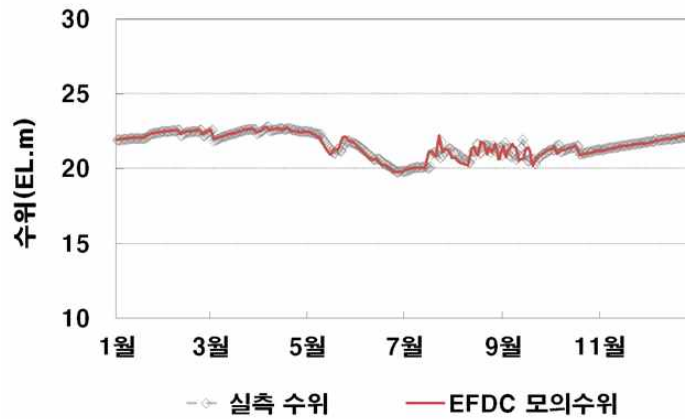
- 예당저수지의 방류량 산정을 위하여 방류를 위한 시설을 농어촌공사 예산지사에 확인한 결과 4월~9월까지 농업용수를 공급을 목적으로 취수를 하는 취수탑이 있었으며, 여름철 집중강우로 인한 수위 증가시 월류 방지를 위한 수문방류 시설을 갖추고 있었음
- 2010년 방류시설의 운영자료는 한국농어촌공사 예산지사에서 제공한 자료를 적용하였으며, 총 유입유량은 내용적표와 방류량 자료를 이용하여 역산하였으며, 유역면적비를 이용하여 무한천과 신양천으로 구분하여 적용하였으며 이를 다음 그림에 나타내었음



[그림 6-11] 예당저수지 유출입 유량

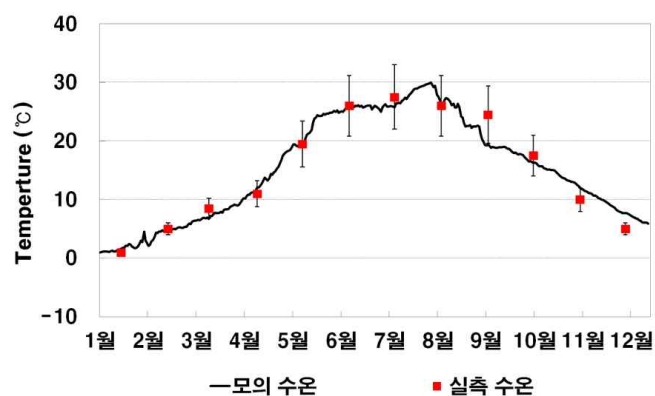
(3) EFDC 모의결과

- 산정된 유량을 적용하여 모의한 결과를 수위측정 결과와 비교 보정하였으며, 보정결과 실측수위와 유사한 경향을 나타내고 있음



[그림 6-12] EFDC 수위변화 모의결과

- 수위 보정된 모델을 이용하여 수온모의를 실시하였음
- 예산 및 천안 기상관측소의 기온, 기압, 일사량, 운량, 풍향, 풍속 등의 관측자료(2010년)를 적용하였으며, 모의결과를 농어촌공사 관측 자료 및 금회 실측자료와 비교 검토한 결과 실측 수온과 유사한 경향을 나타내고 있음
- 따라서 EFDC 모의 결과 수위 및 수온이 실측자료와 유사한 경향을 나타내어 모의결과를 WASP 모델과 연계하여 수질모의를 위한 도구로 사용하는 것이 가능할 것으로 판단됨



[그림 6-13] EFDC 수온 모의결과

2) WASP 수질모델의 적용

- 앞서 모의한 EFDC의 모의결과와 유동 및 수온해석 결과를 WASP 모델과 연계하여 수질변화 모의를 실시함

(1) 경계 수질 농도

- 수질모델 보정에 사용된 무한천의 경계수질농도는 예당저수지 유입부에 위치한 환경부 측정지점(예당지3)의 2010년 월별 측정자료를 적용하였음
- 주요 유입지류인 신양천의 경우 월별 측정자료의 부재로 금회 비강우시 4회, 강우시 2회 측정자료를 기준으로 무한천과의 농도비를 산정하여 적용하였음

<표 6-4> 수질모델 보정을 위한 경계수질농도

구 분	무한천			신양천		
	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
1월	1.7	0.878	0.085	1.1	0.885	0.073
2월	1.5	0.838	0.026	1.0	0.845	0.022
3월	1.5	1.328	0.024	1.0	1.339	0.021
4월	1.4	1.156	0.037	0.9	1.165	0.032
5월	1.2	1.289	0.085	0.8	1.300	0.073
6월	2.9	1.272	0.051	1.9	1.282	0.044
7월	3.3	0.995	0.078	2.2	1.003	0.067
8월	3.3	1.977	0.147	2.2	1.993	0.127
9월	2.3	2.150	0.177	1.5	2.168	0.153
10월	2.9	1.688	0.133	1.9	1.702	0.115
11월	1.7	1.314	0.070	1.1	1.325	0.060
12월	2.8	1.238	0.049	1.9	1.248	0.042

(2) 저니층 용출

- 저니층에서 용출되는 오염부하를 고려하였음
- 저니층에서 발생하는 용출은 각 지역의 특성에 따라 차이가 있으나 본 모의에서는 국내에 적용된 바 있는 값들의 평균값을 적용하여 모의를 실시하였음

<표 6-5> 국내 하천 및 호소에 적용된 용존성 인 용출률

적용 수체	적용모델	σ_2 (mg P/m ² /day)	Method	Reference
고막원천	—	2.57(aerobic) 25.60(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
금강하구언	—	5.1(25℃ aerobic:PO ₄ -P) 10.0(25℃ anaerobic:PO ₄ -P) 5.9(25℃ aerobic:TP) 16.6(25℃ anaerobic:TP)	laboratory study	김태웅 외, 1997
삽교천	QUAL2E	1	model calibration	박호봉, 1997
영산강 (용단취수보- 몽탄대교)	QUAL2E	1.074	model calibration	황대호외, 2001
영산강본류	—	2.22~100.84(aerobic) 20.09~94.11(anaerobic)	laboratory study laboratory study	유태중외, 2003 유태중외, 2003
영산호	—	1.16(aerobic) 3.41(anaerobic)	laboratory study laboratory study	유태중외, 2003 유태중외, 2003
오십천	QUAL2E	0~10	model calibration	허인량외, 2002
지석천	—	2.84(aerobic) 12.05(anaerobic)	laboratory study laboratory study	유태중외, 2003 유태중외, 2003
태화강	QUAL2E	0.01	model calibration	박노삼외, 1998
함평천	—	2.71(aerobic) 11.62(anaerobic)	laboratory study laboratory study	유태중외, 2003 유태중외, 2003
대청호	WASP5	0.02~1.17	laboratory study	이종호, 1999
마산만	물질순환 모델	8	laboratory study	김동명외, 1998
새만금호	WASP5	13.3	model calibration	박영기외, 2000
팔당호	WASP4	-30~4	model calibration	조홍연외, 1993
평 균		11.69	금회적용	

자료 : 모형 Parameter 정보 DB화, 국립환경과학원 금강물환경연구소, 2006

<표 6-6> 국내 하천 및 호소에 적용된 암모니아성 질소 용출률

적용 수체	적용모델	$\sigma_3(\text{mg N/m}^2/\text{day})$	Method	Reference
경안천	STREAM	0~0.3	model calibration	나은혜외, 2001
고막원천	—	225.0(aerobic) 68.61(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
삼교천	QUAL2E	0.01	model calibration	박호봉, 1997
영산강	—	3.41~94.11(anaerobic) 1.16~100.84(aerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
영산강 (용단취수보- 몽탄대교)	QUAL2E	0.056~0.06	model calibration	황대호외, 2001
영산강분류	—	131.5~333.2(aerobic) 42.23~331.6(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
영산호	—	88.2(aerobic) 10.61(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
지석천	—	158.7(aerobic) 57.86(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
태화강	QUAL2E	0.05	model calibration	박노삼외, 1998
함평천	—	111.4(aerobic) 30.86(anaerobic)	laboratory study	유태중외, 2003
대청호	WASP5	9.9~111.5	laboratory study	이종호, 1999
마산만	물질순환 모델	36.37	laboratory study	김동명외, 1998
새만금호	WASP5	50	model calibration	박영기외, 2000
팔당호	WASP4	20~300	model calibration	조홍연외, 1993
평 균		78.88	금회 적용	

자료 : 모형 Parameter 정보 DB화, 금강수계관리위원회, 2006

(3) 모델의 보정 및 반응계수 산정

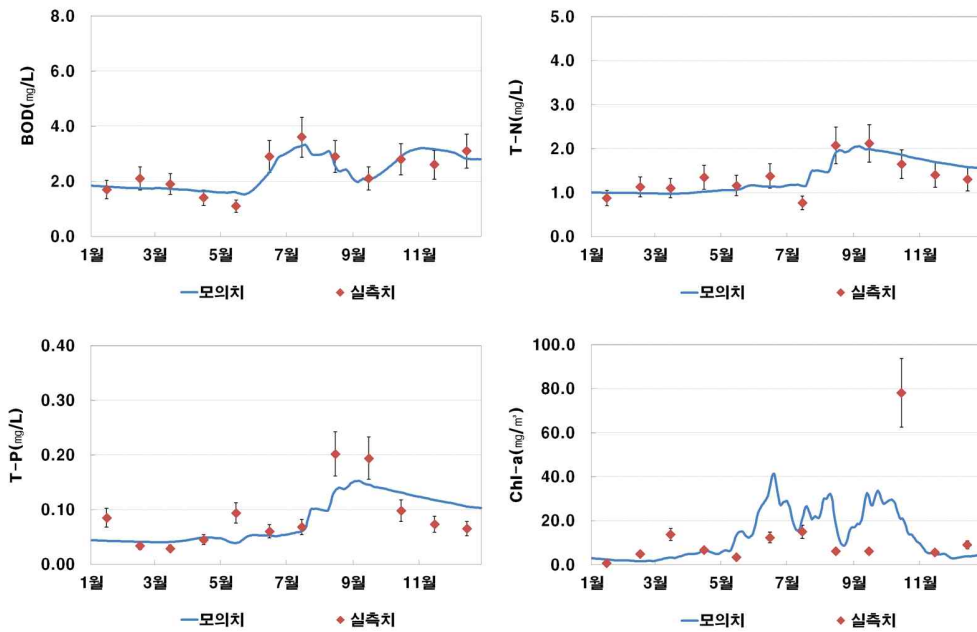
- 수질 모델을 통한 장래 수질 예측을 위해서는 현재 수질자료를 이용한 모델의 보정이 선행되어야 하며, BOD, T-N, T-P 및 Chl-a 항목에 대해서 경계수질자료와 동일한 시간대의 금회 환경질 수질자료를 이용하여 실시함
- 모델의 보정에 사용된 수질 매개변수는 모의치와 실측치의 오차가 최소화 되도록 시행착오법을 이용하여 산정하였으며, 실측농도의 수질변화와 수질모의 보정결과를 비교하여 다음 그림에 나타냄
- 모델의 보정 결과 일부시기에 대해서는 실측된 수질농도에 비해 높거나 낮은 경향을 나타내고 있으며, 이는 강우 유출 등으로 인한 일시적인 수질 농도를 나타낸 것으로 분석됨
- 월별 측정된 수질자료로 유역으로부터 유입되는 오염원이 수체의 수질에 미치는 영향을 일반적인 경향으로 반영할 수는 있겠으나, 모든 측정치에 대해 정확히 모의하는 것은 현실적으로 한계가 있음
- 본 과업의 위한 수질모델의 보정시에는 수질농도뿐만 아니라 계절별 변화 추이를 반영하도록 보정을 실시하였으며, 보정된 수질농도는 일부 기간을 제외하고 전반적인 실측 수질농도 변화를 유사하게 따르고 있는 것으로 판단됨
- 따라서 이를 이용한 본 사업시행에 따른 예당저수지 수질변화 예측 도구로 적용하는 것이 가능할 것으로 판단되며, 보정된 WASP 모델을 이용하여 사업시행에 따른 수질변화 예측을 실시함

<표 6-7> 반응계수 적용값

수질항목	상수번호	정의 및 단위	WASP7.5 적용범위	manual 적용범위	사용값
Growth	41	조류의 성장률, (day ⁻¹)	0.5~4.0	0~3	1.5
	42	상수 41의 온도보정계수	1.05~1.1	0~1.07	1.047
Light	43	빛에 관한 함수 선택자, 1 : Di Toro et al(1971) 이용 2 : Dick Smith's(USGS) 이용	—	—	1
	46	조류내의 탄소와 chlorophyll-a의 비율(mg C/mg Chl-a)	25~125	0~200	150
	47	상수 43에서 1을 선택했을 시 조류에 대한 포화 빛 에너지의 강도(Ly/day)	100~500	0~350	200
Nutrient	48	조류 성장시 질소의 반포화상수 (mg N/L)	0.005~0.40	0~0.05	0.02
	49	조류 성장시 인의 반포화상수 (mg PO ₄ -P/L)	0.001~0.08	0.~0.05	0.008
	57	조류내의 인과 탄소의 비율, (mg P/mg C)	0.01~0.05	0~0.24	0.01
	58	조류내의 질소와 탄소의 비율, (mg N/mg C)	0.15~0.25	0~0.43	0.18
Death	50	20℃ 조류의 내생호흡율, (day ⁻¹)	0.05~0.25	0~0.5	0.035
	51	상수 50의 온도보정계수	1.05~1.08	0~1.08	1.07
	52	동물성 조류에 의한 섭생을 제외한 식물성 조류의 사멸율, (day ⁻¹)	0.0~0.2	0~0.25	—
	55	20℃ 저니층에서 조류의 분해 반응율, (day ⁻¹)	—	0~0.02	—
	56	상수 55의 온도보정계수	—	0~1.08	—

<표 6-8> 반응계수 적용값-계속

수질 항목	상수 번호	정의 및 단위	WASP7.5 적용범위	manual 적용범위	사용값
NH ₃ -N	11	20℃에서의 질화 반응율, (day-1)	0.0~0.4	0~10	0.1
	12	상수 11의 온도보정계수	1.04~1.10	0~1.07	1.08
	13	질화 반응시 반포화용존산소농도 (mg O ₂ /L)	0~5		2
NO ₃ -N	21	20℃에서의 탈질화 반응율, (day-1)	0~0.4		0.04
	22	상수 21의 온도보정계수	1.04~1.10	0~1.07	1.07
	23	탈질화반응시 반포화 용존산소농도 (mg O ₂ /L)	0~5	0~2	0.5
Org-N	91	용존 유기질소의 무기화율, (day-1)	0.01~0.20	0~1.08	0.1
	92	상수 91의 온도보정계수	1.04~1.10	0~1.08	1.07
	93	20℃ 저니층에서 유기 질소의 분해 반응율, (day-1)	—	0~0.0004	—
	94	상수 94의 온도보정계수	—	0~1.08	—
Org-P	100	용존 유기성인의 무기화율, (day-1)	0.01~0.20	0~0.22	0.1
	101	상수 100의 온도보정계수	1.04~1.10	0~1.08	1.07
	102	20℃ 저니층에서 유기성인의 분해반응율(day-1)	—	0~0.0004	—
	103	상수 102의 온도보정계수	—	0~1.08	—
O ₂	81	조류내의 산소와 탄소의 비	1.4~2.67	0~2.67	2.67
	82	20℃ 수체내의 재폭기상수	—	0~10	4
	83	상수 82의 온도보정계수	—	0~1.03	1.024
CBOD	71	20℃에서 CBOD에 의한 산소제거율, (day-1)	0.01~4.24	0~5.6	0.01
	72	상수 71의 온도보정계수	1.02~1.15	0~1.07	1.047
	73	20℃ 저니층에서 CBOD에 의한 산소 제거율, (day-1)	—	0~0.0004	—
	74	상수 73의 온도보정계수	—	0~1.08	—
	75	CBOD 분해 반응시 반포화 용존산소농도(mg O ₂ /L)	—	0~0.5	0.5



[그림 6-14] WASP 수질모의 보정결과

(4) 저감대책 전 수질영향 예측

가. 시나리오 구성

- 수질개선대책 적용에 따른 삭감부하량 적용에 앞서 장래 자연적인 오염부하량 변화를 고려하기 위하여 연차별 인구, 토지이용변화 등 오염원의 자연적 증감에 따른 오염부하량 변화를 고려하였음
- 또한 기존에 계획된 개발계획과 삭감계획을 고려하였음
- 점 오염원은 연중 일정하게 배출되는 것으로 가정하였으며, 비점오염원은 강우배출비 (최근 10년 평균)를 고려하여 월별 배출부하량을 산정하였음

<표 6-9> 강우배출비

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
강우 배출비	0.156	0.254	0.364	0.622	0.805	1.376	3.264	2.510	1.773	0.334	0.289	0.184

주 : “수질오염총량관리기술지침, 국립환경과학원, 2012”에서 제시된 방법으로 산정

- 강우배출비를 이용하여 월별 배출부하량을 산정한 결과 BOD의 경우 강우배출비가 작은 월에는 비점오염 부하량보다 점오염부하량이 큰 것으로 나타났으며, 강우배출비가 가장 큰 7월의 경우 점오염부하량보다 비점오염부하량이 약 28.3배 큰 것으로 산정되었음
- 무한천의 경우 자연적인 오염원 증감에 따른 장래 부하량 산정 결과 인구감소, 마을하수도 신설 등으로 인하여 점오염부하량은 점차 감소하였으나 개발 등으로 인한 토지계 배출부하량의 증가 등으로 비점오염원 부하량은 점차 증가하는 것으로 산정되었음
- 따라서 전체 부하량 중 비점오염원의 영향을 적게 받는 월에는 장래 부하량이 감소하거나 부하량의 변화가 적으나 비점오염원의 영향을 크게 받는 월에는 부하량이 크게 변화하는 것으로 나타났음

<표 6-10> 강우배출비를 고려한 현재 월별 총 배출부하량 변화-무한천

구분	무한천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	287.9	388.4	676.2	160.1	249.5	409.5	18.3	22.7	41.1
2월	287.9	634.2	922.1	160.1	407.3	567.4	18.3	37.1	55.4
3월	287.9	907.7	1,195.5	160.1	583.0	743.0	18.3	53.1	71.4
4월	287.9	1,552.2	1,840.0	160.1	996.9	1,157.0	18.3	90.8	109.2
5월	287.9	2,010.4	2,298.2	160.1	1,291.2	1,451.2	18.3	117.6	136.0
6월	287.9	3,433.8	3,721.7	160.1	2,205.4	2,365.5	18.3	200.9	219.3
7월	287.9	8,146.6	8,434.4	160.1	5,232.3	5,392.3	18.3	476.7	495.0
8월	287.9	6,265.1	6,553.0	160.1	4,023.9	4,184.0	18.3	366.6	384.9
9월	287.9	4,426.9	4,714.8	160.1	2,843.3	3,003.3	18.3	259.0	277.4
10월	287.9	833.4	1,121.2	160.1	535.2	695.3	18.3	48.8	67.1
11월	287.9	721.1	1,009.0	160.1	463.1	623.2	18.3	42.2	60.5
12월	287.9	458.9	746.7	160.1	294.7	454.8	18.3	26.9	45.2

<표 6-11> 강우배출비를 고려한 2015년 월별 총 배출부하량 변화-무한천

구분	무한천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	215.9	396.4	612.3	164.5	252.7	417.2	16.6	23.0	39.6
2월	215.9	647.3	863.2	164.5	412.6	577.1	16.6	37.5	54.1
3월	215.9	926.4	1,142.4	164.5	590.6	755.0	16.6	53.7	70.3
4월	215.9	1,584.3	1,800.2	164.5	1,009.9	1,174.4	16.6	91.8	108.4
5월	215.9	2,051.9	2,267.8	164.5	1,308.0	1,472.5	16.6	118.9	135.5
6월	215.9	3,504.8	3,720.7	164.5	2,234.1	2,398.6	16.6	203.1	219.7
7월	215.9	8,314.9	8,530.8	164.5	5,300.4	5,464.9	16.6	481.9	498.5
8월	215.9	6,394.6	6,610.5	164.5	4,076.3	4,240.7	16.6	370.6	387.2
9월	215.9	4,518.4	4,734.3	164.5	2,880.3	3,044.7	16.6	261.9	278.5
10월	215.9	850.6	1,066.5	164.5	542.2	706.7	16.6	49.3	65.9
11월	215.9	736.0	951.9	164.5	469.2	633.6	16.6	42.7	59.3
12월	215.9	468.3	684.3	164.5	298.6	463.0	16.6	27.1	43.7

<표 6-12> 강우배출비를 고려한 2020년 월별 총 배출부하량 변화-무한천

구분	무한천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	212.0	402.5	614.5	162.2	256.3	418.5	16.5	23.3	39.8
2월	212.0	657.3	869.3	162.2	418.6	580.8	16.5	38.1	54.5
3월	212.0	940.8	1,152.8	162.2	599.0	761.3	16.5	54.5	71.0
4월	212.0	1,608.7	1,820.7	162.2	1,024.4	1,186.6	16.5	93.2	109.7
5월	212.0	2,083.6	2,295.6	162.2	1,326.7	1,489.0	16.5	120.7	137.2
6월	212.0	3,558.9	3,770.9	162.2	2,266.2	2,428.4	16.5	206.2	222.7
7월	212.0	8,443.3	8,655.3	162.2	5,376.4	5,538.6	16.5	489.2	505.7
8월	212.0	6,493.4	6,705.4	162.2	4,134.7	4,296.9	16.5	376.2	392.7
9월	212.0	4,588.2	4,800.2	162.2	2,921.6	3,083.8	16.5	265.8	282.3
10월	212.0	863.7	1,075.7	162.2	550.0	712.2	16.5	50.0	66.5
11월	212.0	747.4	959.4	162.2	475.9	638.1	16.5	43.3	59.8
12월	212.0	475.6	687.6	162.2	302.8	465.1	16.5	27.6	44.0

<표 6-13> 강우배출비를 고려한 현재 월별 총 배출부하량 변화-신양천

구분	신양천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	331.8	353.0	684.9	149.4	231.4	380.9	15.9	21.5	37.4
2월	331.8	576.5	908.3	149.4	377.9	527.3	15.9	35.2	51.1
3월	331.8	825.1	1,156.9	149.4	540.9	690.3	15.9	50.3	66.2
4월	331.8	1,410.9	1,742.7	149.4	924.9	1,074.3	15.9	86.0	101.9
5월	331.8	1,827.4	2,159.2	149.4	1,197.9	1,347.3	15.9	111.4	127.3
6월	331.8	3,121.3	3,453.1	149.4	2,046.1	2,195.5	15.9	190.3	206.2
7월	331.8	7,405.1	7,736.9	149.4	4,854.2	5,003.7	15.9	451.5	467.4
8월	331.8	5,694.9	6,026.7	149.4	3,733.2	3,882.6	15.9	347.3	363.2
9월	331.8	4,024.0	4,355.8	149.4	2,637.8	2,787.3	15.9	245.4	261.3
10월	331.8	757.5	1,089.4	149.4	496.6	646.0	15.9	46.2	62.1
11월	331.8	655.5	987.3	149.4	429.7	579.1	15.9	40.0	55.9
12월	331.8	417.1	748.9	149.4	273.4	422.9	15.9	25.4	41.3

<표 6-14> 강우배출비를 고려한 2015년 월별 총 배출부하량 변화-신양천

구분	신양천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	334.9	344.4	679.3	159.6	225.6	385.2	18.0	20.8	38.8
2월	334.9	562.4	897.3	159.6	368.4	528.0	18.0	34.0	52.0
3월	334.9	804.9	1,139.8	159.6	527.2	686.8	18.0	48.6	66.6
4월	334.9	1,376.4	1,711.2	159.6	901.6	1,061.2	18.0	83.2	101.2
5월	334.9	1,782.6	2,117.5	159.6	1,167.7	1,327.3	18.0	107.7	125.7
6월	334.9	3,044.8	3,379.7	159.6	1,994.5	2,154.1	18.0	184.0	202.0
7월	334.9	7,223.7	7,558.6	159.6	4,731.8	4,891.4	18.0	436.4	454.4
8월	334.9	5,555.4	5,890.3	159.6	3,639.0	3,798.6	18.0	335.6	353.6
9월	334.9	3,925.4	4,260.3	159.6	2,571.3	2,730.9	18.0	237.2	255.2
10월	334.9	739.0	1,073.9	159.6	484.0	643.7	18.0	44.6	62.6
11월	334.9	639.4	974.3	159.6	418.8	578.5	18.0	38.6	56.6
12월	334.9	406.9	741.8	159.6	266.5	426.1	18.0	24.6	42.6

<표 6-15> 강우배출비를 고려한 2020년 월별 총 배출부하량 변화-신양천

구분	신양천								
	BOD(kg/day)			T-N(kg/day)			T-P(kg/day)		
	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계	점오염	비점오염	합계
1월	325.5	350.9	676.4	157.3	229.5	386.9	17.8	21.2	39.0
2월	325.5	572.9	898.5	157.3	374.8	532.1	17.8	34.6	52.4
3월	325.5	820.0	1,145.5	157.3	536.4	693.7	17.8	49.6	67.3
4월	325.5	1,402.2	1,727.8	157.3	917.2	1,074.6	17.8	84.8	102.5
5월	325.5	1,816.1	2,141.7	157.3	1,188.0	1,345.3	17.8	109.8	127.6
6월	325.5	3,102.1	3,427.6	157.3	2,029.1	2,186.5	17.8	187.5	205.3
7월	325.5	7,359.6	7,685.1	157.3	4,814.0	4,971.4	17.8	444.9	462.6
8월	325.5	5,659.9	5,985.4	157.3	3,702.2	3,859.6	17.8	342.1	359.9
9월	325.5	3,999.3	4,324.8	157.3	2,616.0	2,773.3	17.8	241.7	259.5
10월	325.5	752.9	1,078.4	157.3	492.5	649.8	17.8	45.5	63.3
11월	325.5	651.4	977.0	157.3	426.1	583.5	17.8	39.4	57.2
12월	325.5	414.5	740.1	157.3	271.2	428.5	17.8	25.1	42.8

- 자연적인 증감과 개발계획 및 기존에 계획된 삭감계획에 의한 장래 수질모의 시 연차별로 모의 시나리오를 구성하였으며, 이를 다음 표에 나타내었음

<표 6-16> 모의 시나리오 구성

구분	내 용	비고
현 재	2010년 기준	
2015년	2015년 자연증감+개발+삭감	
2020년	2020년 자연증감+개발+삭감	

나. 수질 모의결과

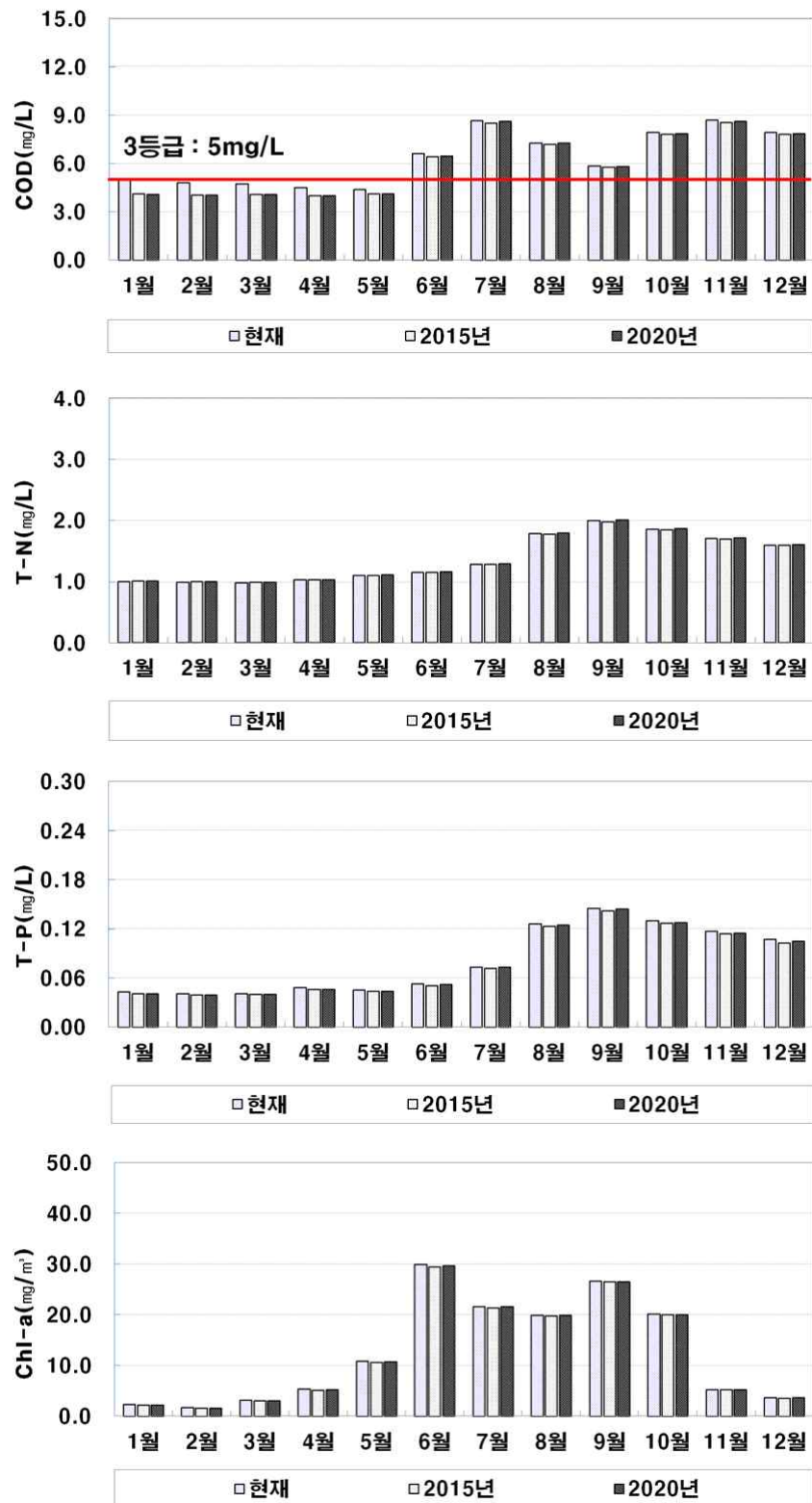
- BOD의 농도의 COD 환산을 위하여 환경부 수질측정망(예당지1, 예당지2, 예당지3)의 과거 10년 자료의 실측 BOD와 COD 수질 측정결과를 이용하여 COD/BOD ratio를 산정한 결과 2.754로 산정되었으며, 이를 고려하여 COD를 추정하였음
- 장래 오염원 자연증감과 개발 및 삭감계획에 따른 오염부하량 변화를 고려하여 예측한 장래 수질 예측 결과를 현재 수질과 비교 분석하였으며, 예당저수지내 월별 수질변화 예측 결과와 연평균 수질농도변화를 다음 표 및 그림에 나타내었음
- COD의 경우 점오염부하량의 감소로 비점오염원의 영향을 적게 받는 달에 크게 농도 변화가 일어났으며, 강우량이 큰 6월~8월에는 변화율이 적은 것으로 모의되었음
- 연평균 수질농도를 비교하여보면 현재 6.37mg/L에서 2015년에는 6.04mg/L, 2020년에는 6.08mg/L로 현재보다는 다소 개선되나 목표수질인 III등급(5.0mg/L)은 만족하지 못하는 것으로 예측되었음

<표 6-17> 예당저수지내 월별 수질예측 결과

구분	COD(mg/L)			T-N(mg/L)		
	현 재	2015년	2020년	현 재	2015년	2020년
1월	4.98	4.10	4.10	0.999	1.006	1.009
2월	4.82	4.04	4.04	0.991	0.998	1.001
3월	4.75	4.09	4.09	0.982	0.989	0.992
4월	4.52	4.02	4.02	1.023	1.029	1.032
5월	4.38	4.11	4.13	1.094	1.098	1.106
6월	6.61	6.42	6.47	1.145	1.146	1.157
7월	8.65	8.52	8.63	1.282	1.279	1.294
8월	7.27	7.20	7.29	1.781	1.769	1.793
9월	5.86	5.77	5.82	1.991	1.978	2.003
10월	7.93	7.80	7.85	1.852	1.843	1.863
11월	8.69	8.56	8.60	1.700	1.694	1.711
12월	7.94	7.82	7.85	1.591	1.587	1.603
연평균	6.37	6.04	6.08	1.369	1.368	1.380

<표 6-18> 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속

구분	T-P(mg/L)			Chl-a(mg/m ³)		
	현 재	2015년	2020년	현 재	2015년	2020년
1월	0.043	0.041	0.041	2.39	2.30	2.30
2월	0.041	0.039	0.039	1.76	1.67	1.67
3월	0.041	0.040	0.040	3.28	3.11	3.12
4월	0.048	0.046	0.046	5.49	5.27	5.30
5월	0.045	0.044	0.044	11.00	10.73	10.81
6월	0.053	0.051	0.052	29.97	29.49	29.73
7월	0.073	0.072	0.073	21.70	21.49	21.66
8월	0.126	0.123	0.125	19.96	19.87	19.93
9월	0.145	0.142	0.144	26.65	26.56	26.62
10월	0.130	0.127	0.128	20.20	20.10	20.15
11월	0.117	0.114	0.115	5.38	5.33	5.35
12월	0.107	0.103	0.105	3.73	3.68	3.70
연평균	0.081	0.079	0.079	12.62	12.47	12.53



[그림 6-15] 예당저수지내 월별 수질예측결과

제7장 수질개선방안 마련

1. 중점관리 유역 도출

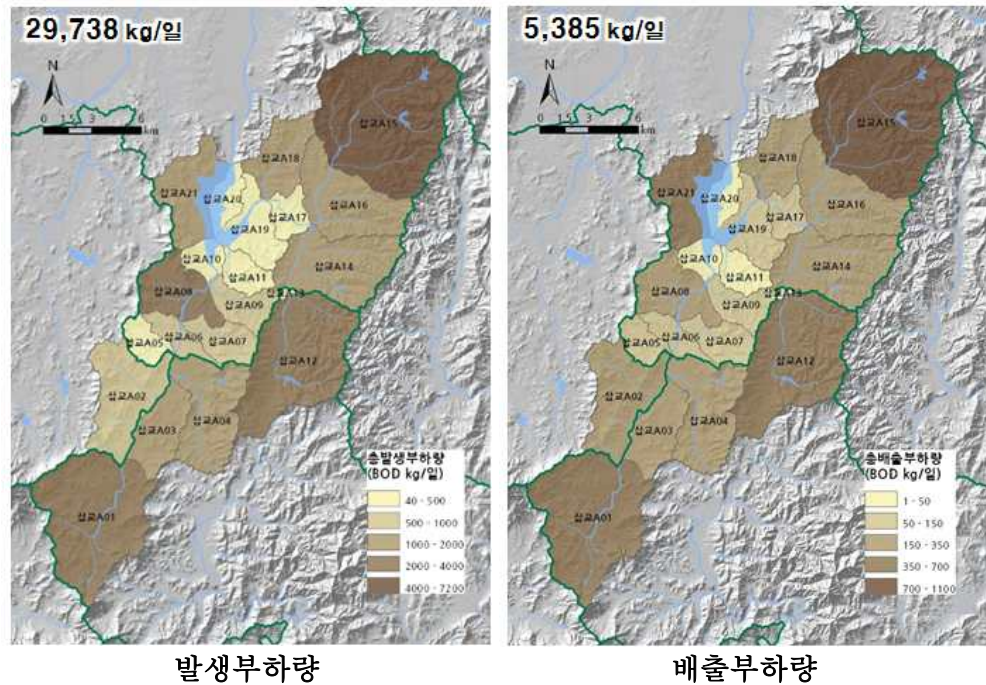
- 오염원 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단을 통하여 2020년까지 수질개선대책 시행 및 관리를 해야 할 중점관리 유역을 도출함
 - 각 유역별, 오염원 그룹별 발생부하량, 배출부하량, 삭감부하량, 삭감률, 유달률 등을 고려하여 도출
 - 각 유역별, 오염원 그룹별 실제 유역에의 오염기여율 산정 후 중점관리 유역 도출
 - 수질관리대책 시행시 수질개선 효과를 극대화 할 수 있는 지역을 우선으로 고려하여 도출

1) 오염원 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

- 2020년까지 호내 관리대상물질이 COD이므로 유역별 BOD를 기준으로 하여 심층 분석을 실시함(다만 향후 관리대상 오염물질이 T-P나 T-N, Chl-a 등 다양하게 확대되고 설정될 경우 대상물질을 기준으로 분석 및 진단을 실시할 필요가 있음)
- 유역별 부하량 및 오염부하 비율, 점 및 비점배출부하량, 발생 및 배출부하밀도, 점 및 배출부하밀도, 각 유역별 오염원 그룹별 오염부하 비율, 유역별 삭감률, 오염원 그룹별 삭감률, 유달부하량 및 유달률 등을 다각적으로 비교·분석하여 오염원인 분석 및 진단을 실시함

(1) 유역별 부하량 및 오염부하 비율

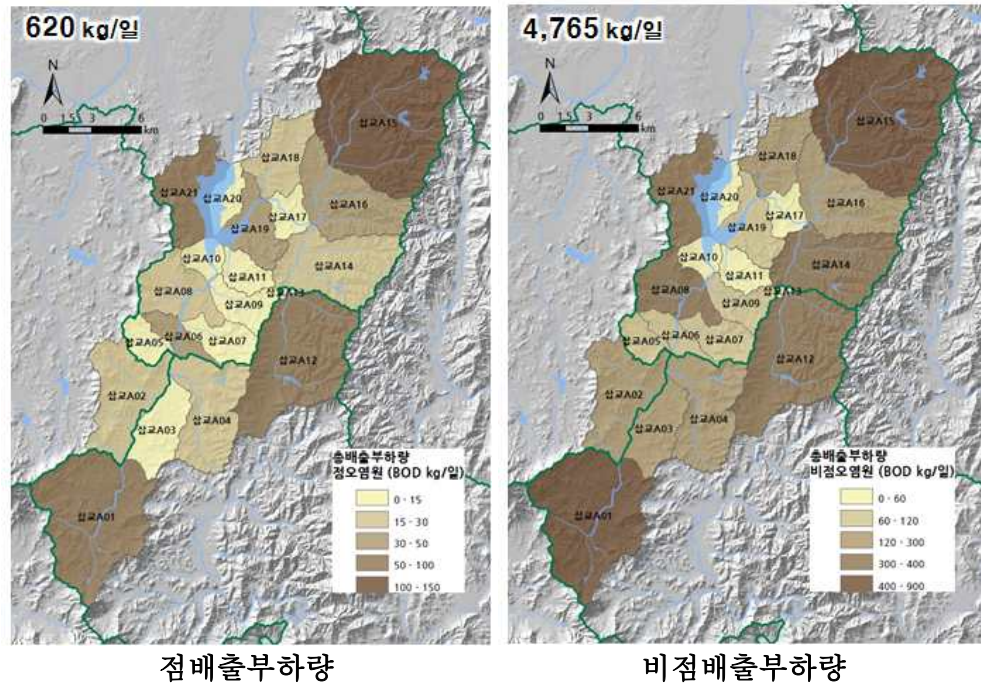
- 유역내 총 BOD 발생부하량은 29,738kg/일이며, 배출부하량은 5,385kg/일임
- BOD 배출부하량을 기준으로 유역별로는 삼교A15(1,005kg/일), 삼교A01(682kg/일), 삼교A21(422kg/일), 삼교A12(418kg/일), 삼교A14(324kg/일) 순으로 배출량이 큰 것으로 나타남
- 따라서 배출부하량이 큰 유역을 중심으로 수질개선 대책 우선 순위를 고려해 볼 수 있을 것으로 판단됨



[그림 7-1] 총 BOD₅ 발생 및 배출부하량

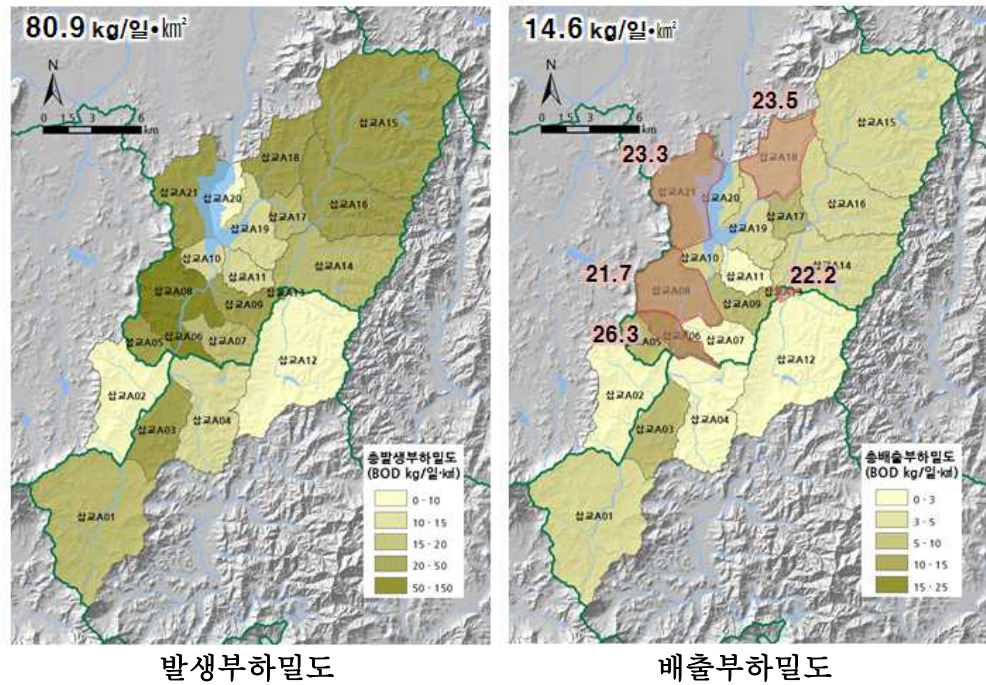
(2) 점 및 비점배출부하량

- 유역내 총 BOD 점배출부하량은 620kg/일이며, 비점배출부하량은 4,765kg/일임
- 점 배출부하량을 기준으로 유역별로는 삼교A15(137kg/일), 삼교A21(81kg/일), 삼교A12(64kg/일), 삼교A01(59kg/일), 삼교A06(35kg/일) 순으로 배출량이 큰 것으로 나타남
- 비점 배출부하량 기준으로 유역별로는 삼교A15(868kg/일), 삼교A01(623kg/일), 삼교A12(355kg/일), 삼교A21(341kg/일), 삼교A08(305kg/일) 순으로 배출량이 큰 것으로 나타남
- 따라서 점, 비점 배출부하 특성을 고려하여 점오염원 저감대책 및 비점오염원 저감대책 우선 순위를 고려해 볼 수 있을 것으로 판단됨

[그림 7-2] 총 BOD₅ 점 및 비점배출부하량

(3) 발생 및 배출부하밀도

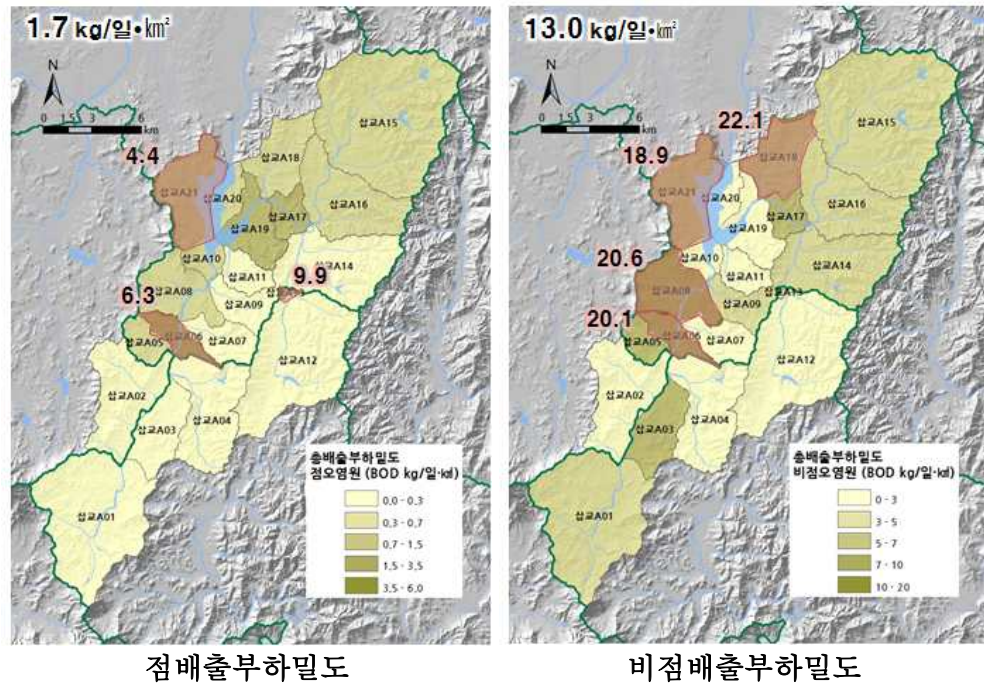
- 유역내 총 BOD 발생부하밀도는 80.9kg/일·km²이며, 배출부하밀도는 14.6kg/일·km²임
- 발생부하밀도를 기준으로 유역별로는 삼교A08이 179.0kg/일·km²로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A06 152.0kg/일·km², 삼교A03 135.0kg/일·km², 삼교A15 117.6kg/일·km², 삼교A09 106.8kg/일·km² 순으로 나타남
- 배출부하밀도를 기준으로 유역별로는 삼교A06이 26.3kg/일·km²로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A18 23.5kg/일·km², 삼교A21 23.3kg/일·km², 삼교A13 22.2kg/일·km², 삼교A08 21.7kg/일·km² 순으로 나타남
- 따라서 발생 및 배출부하밀도를 고려하여 오염원 밀집정도 및 배출부하량 삭감 효율성 도출 등 우선 순위를 고려해 볼 수 있을 것으로 판단됨



[그림 7-3] 총 BOD₅ 발생 및 배출부하밀도

(4) 점 및 비점배출부하밀도

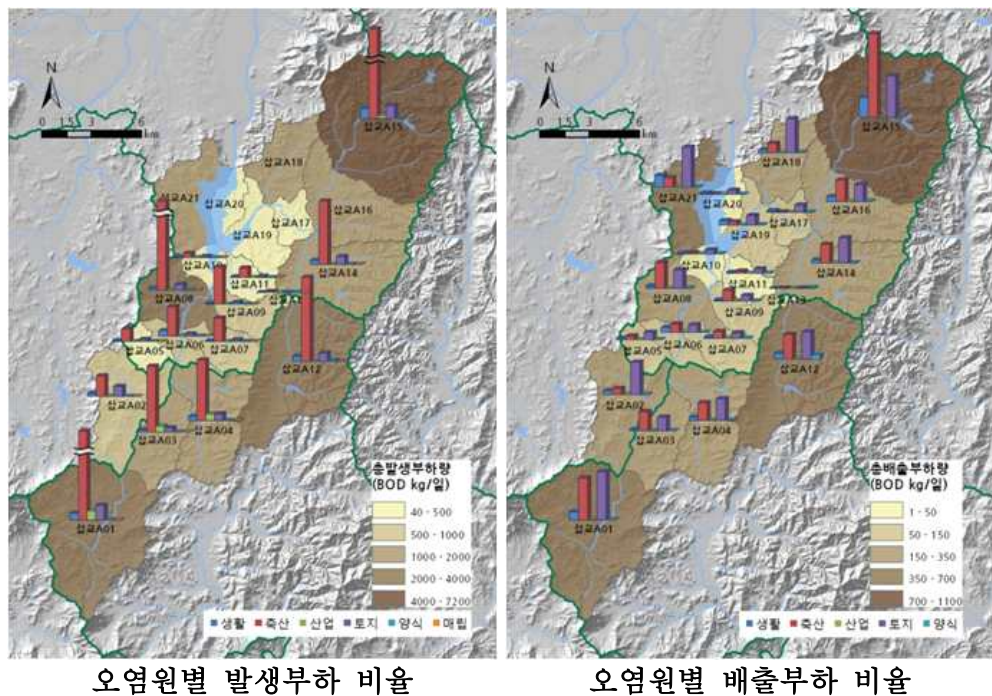
- 유역내 총 BOD 점배출부하밀도는 1.7kg/일·km²이며, 비점배출부하밀도는 13.0kg/일·km²임
- 점배출부하밀도는 삼교A13이 9.9/일·km²로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A06 6.3kg/일·km², 삼교A21 4.4kg/일·km²로 나타남
- 비점배출부하밀도는 삼교A18이 22.1kg/일·km²로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 삼교A08 20.6kg/일·km², 삼교A06 20.1kg/일·km², 삼교A21 18.9kg/일·km² 순으로 나타남
- 따라서 점 및 비점배출부하밀도를 고려하여 목표 물질별 오염원 밀집정도 및 배출부하량 삭감 효율성 비교 등 수질저감대책 우선 순위를 고려해 볼 수 있을 것으로 판단됨

[그림 7-4] 총 BOD₅ 점 및 비점배출부하밀도

(5) 오염원 그룹별 부하량 및 오염부하 비율

- 유역내 총 BOD 오염원 그룹별 오염부하 비율은 [그림 7-5]와 같음
- 생활계 배출부하량은 581kg/일, 축산계 배출부하량은 2,177kg/일이며, 산업계 배출부하량 9kg/일, 토지계 배출부하량 2,588kg/일, 양식계 배출부하량 30kg/일임
 - 부하비율은 토지계 배출부하량이 가장 큰 것으로 도출되었으나 이는 연간부하량을 365일로 나눈 연평균 일 배출부하량이므로 통상적으로 비강우시에도 배출되는 부하량이 아니므로 점으로 간주되어 처리가능한 생활계, 축산계 오염물질을 저감할 수 있는 대책을 수립한 후 토지계에 의한 비점오염물질을 저감하는 것이 대책 우선순위에 고려되어야 할 사항임
- 배출부하량을 기준으로 유역별로 오염부하 기여율을 살펴보면(생활계와 축산계만 단일 비교시) 생활계 부하가 높은 유역은 삽교A17, 삽교A19, 삽교A20, 삽교A21이며 기타 17개 유역은 축산계 부하 기여율이 높은 것으로 나타남
 - 토지계를 제외한 상대 비교 우선순위를 도출하기 위함

- 또한 전체 오염원 그룹을 대상으로 축산계 오염부하 기여율이 높은 유역은 삽교 A03, 삽교A06, 삽교A07, 삽교A08, 삽교A09, 삽교A15, 삽교A16이며 생활계 오염부하 기여율이 높은 유역은 삽교A21 유역임
 - 토지계를 제외하지 않고도 최우선 타겟물질이 생활계, 축산계로 도출된 유역은 가장 우선 저감대책이 시행되어야 할 것으로 판단됨
- 토지계 배출부하량을 기준으로 유역별로 오염부하율을 살펴보면 삽교A01, 삽교A15, 삽교A21, 삽교A18 순으로 나타남
- 따라서 각각의 유역별로 오염원별 부하 기여율을 고려하여 목표 저감물질을 선정하고, 이를 중심으로 우선순위를 설정하여 수질개선 대책을 시행하는 것이 수질저감 효과를 극대화 하는 방안이 될 수 있을 것으로 판단됨

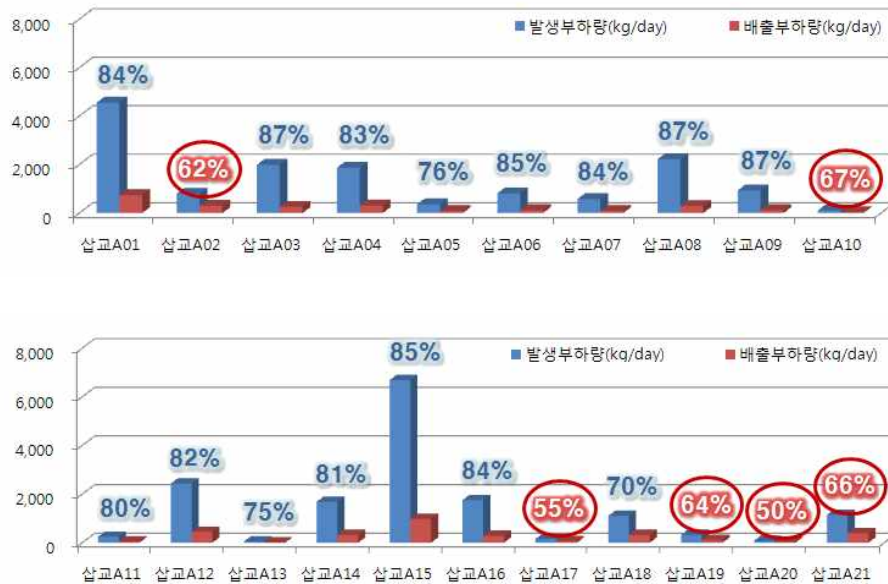


[그림 7-5] 오염원별 총 BOD₅ 발생 및 배출부하 비율

(6) 유역별 삭감률 전망(2020년)

- 유역별 공공하수처리시설 설치 등 삭감계획이 기계획 되었거나 준공예정 시설들을 고려하고 추가 대책을 수립하여야 하는 유역을 도출하기 위하여 2020년을 기준으로 유역별 삭감률을 산정하였으며 그 결과는 [그림 7-6]과 같음

- 따라서 유역별로 삭감률이 낮은 삽교A02, 삽교A10, 삽교A17, 삽교A19, 삽교A20, 삽교A21 유역을 중심으로 유역의 상황을 고려한 추가대책이 마련되어야 할 것으로 판단됨



[그림 7-6] 유역별 삭감률(2020년)

(7) 오염원별 삭감량 및 삭감률 전망(2020년)

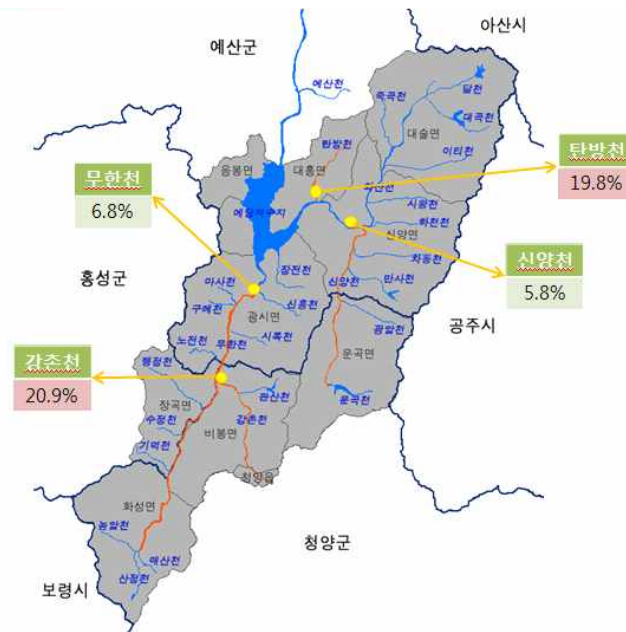
- 2020년 주요 삭감물질을 도출하기 위하여 오염원별 삭감량 및 삭감률을 산정하였으며 그 결과는 [그림 7-7]과 같음
- 생활계 오염물질은 66.3%의 삭감률을 보이고 있으며, 축산계 오염물질 91.3%의 삭감률, 산업계 오염물질을 98.1%의 삭감률을 나타냄
- 따라서 생활계 오염부하 삭감률을 향상시키기 위하여 공공하수처리시설을 확충하여야 할 것으로 판단됨. 또한 축산계 오염부하 삭감률은 생활계에 비하여 비교적 높은 편이지만 배출총량이 2,184kg/일로 절대량이 많으므로 이에 대한 저감대책 역시 강구되어야 할 것으로 판단됨



[그림 7-7] 오염원별 삭감률(2020년)

(8) 주요 하천별 유달률

- 비강우시 측정자료를 이용하여 주요 하천별 유달율을 산정하였으며 산정결과 대흥면에 위치한 탄방천과 청양군 비봉면에 위치한 강촌천이 유달율이 높은 것으로 나타났다으므로 자정율을 높일 수 있는 대책이 마련되어야 할 것으로 판단됨

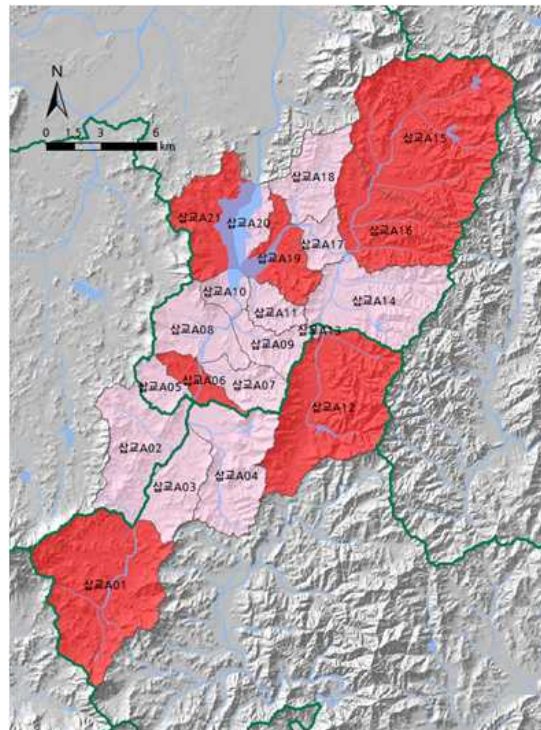


[그림 7-8] 하천별 유달률

2) 주요 오염원별 중점관리 구역 도출

(1) 생활계 중점관리 구역

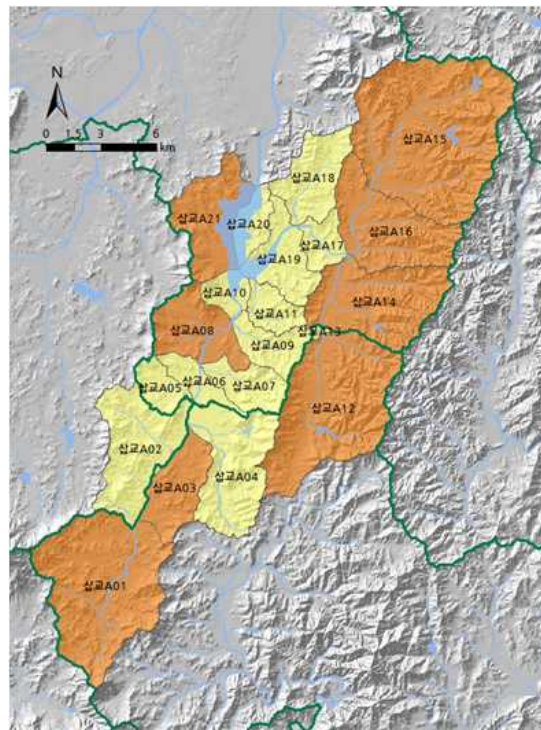
- 구역별 부하량 및 오염부하 비율, 점 및 비점배출부하량, 발생 및 배출부하밀도, 점 및 배출부하밀도, 각 구역별 오염원 그룹별 오염부하 비율, 구역별 삭감률, 오염원 그룹별 삭감률, 유달부하량 및 유달률 등을 다각적으로 비교·분석하여 오염원 인 분석 및 진단을 실시한 결과 도출된 생활계 중점관리 구역은 삼교A01, 삼교A06, 삼교A12, 삼교A15, 삼교A16, 삼교A19, 삼교A21임
- 이 중 예산군 해당구역은 삼교A06, 삼교A15, 삼교A16, 삼교A19, 삼교A21에 해당하며 이 구역을 중심으로 공공하수처리시설 확충하는 등의 대책이 필요함



[그림 7-9] 생활계 중점관리 구역

(2) 축산계 중점관리 구역

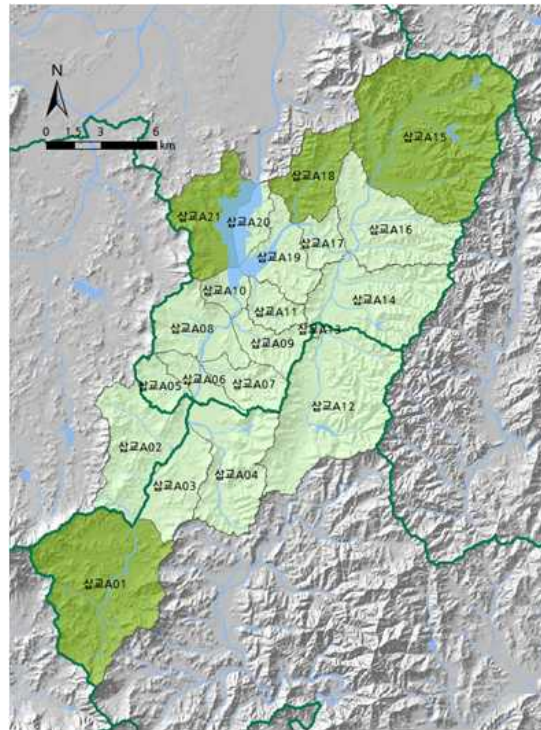
- 축산계 오염원인 분석 및 구역진단을 실시한 결과 도출된 축산계 중점관리 구역은 삼교A01, 삼교A03, 삼교A08, 삼교A12, 삼교A14, 삼교A15, 삼교A16, 삼교A21임
- 이 중 예산군 해당구역은 삼교A08, 삼교A14, 삼교A15, 삼교A16, 삼교A21에 해당하며 이 구역을 중심으로 가축분뇨 공공처리방안, 축사밀집 지역 비점오염물질 저감방안을 모색하는 등의 대책이 필요함



[그림 7-10] 축산계 중점관리 구역

(3) 토지계 중점관리 구역

- 토지계 오염원인 분석 및 구역진단을 실시한 결과 도출된 토지계 중점관리 구역은 삼교A01, 삼교A15, 삼교A18, 삼교A21임
- 이 중 예산군 해당구역은 삼교A15, 삼교A18, 삼교A21에 해당하며 이 구역을 중심으로 비점오염부하 경감을 위한 완충녹지 형성, 하천 자정율 회복 등의 저감대책이 필요함



[그림 7-11] 토지계 중점관리 구역

2. 관리 목표수질 설정

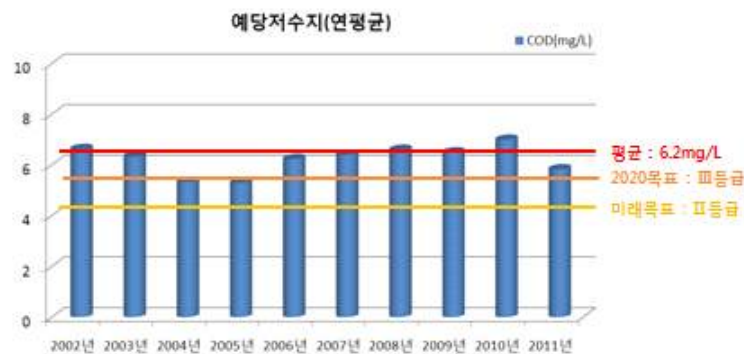
- 예당저수지 호내 및 주요 유입하천의 관리 목표수질(정책적 판단 및 수질예측 등 과학적 판단 동시 고려)을 2020년 기준 예당저수지는 III등급, 무한천 II등급, 신양천 I_b 등급으로 설정함(COD 기준)
 - 당초 군의 목표는 2020년까지 COD 기준 II등급으로 설정하고 대책을 강구하고자 하였으나
 - 과거 10년간 수질변화 분석 및 현장측정 자료, 오염원 조사, 부하량 산정, 오염원 및 부하량 전망, 수질예측 자료 등을 토대로 수질개선 대책을 실시하는 것을 고려하였을 때 현실적으로 2020년까지 달성가능한 목표를 제시함이 타당한 것으로 판단
 - 따라서 <표 7-1>과 같이 예당저수지 및 유입하천의 2015년, 2020년 목표를 제시함

<표 7-1> 관리 목표수질

(BOD₅, COD_{Mn} 기준)

구 분	현재수준	2015년	2020년
예당저수지	IV	III ~ IV	III
무한천	III	II ~ III	II
신양천	II	II	I _b

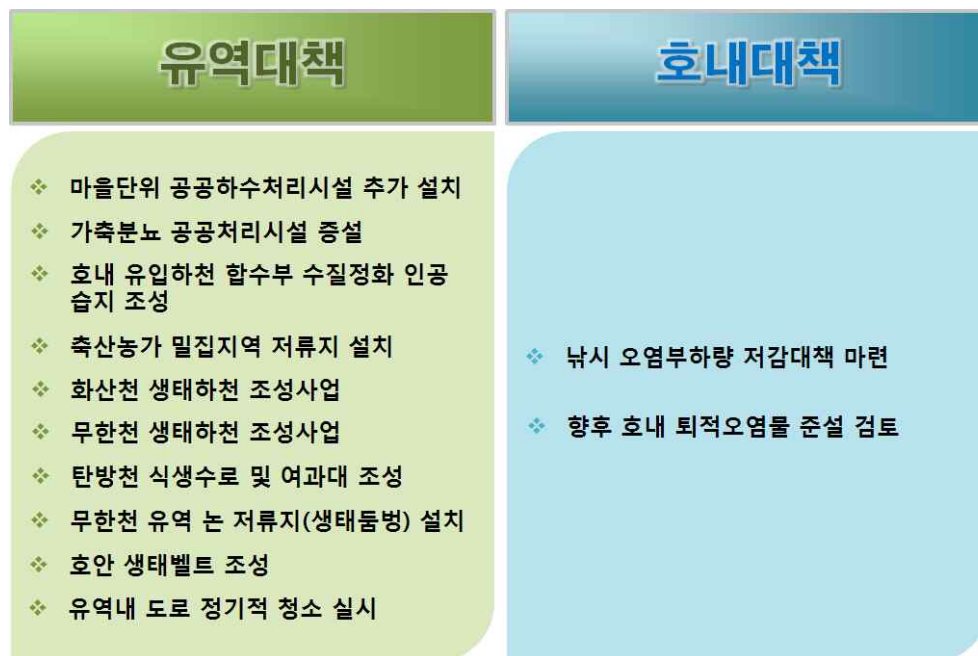
- 다만 군의 비전을 내포한 선언적 미래목표는 II등급으로 제시하였음



[그림 7-12] 단계별 예당저수지 관리 목표수질

3. 수질개선 대책

- 수질개선 대책은 설정된 관리 목표수질을 달성하기 위하여 오염원별 기여율, 오염원별 중점관리 유역, 유입 하천유역별 특성, 수질유량 측정결과, 호내 퇴적물 분석결과 등을 고려하여 마련하였으며, 대책은 예당저수지 유역 중 예산군 해당 유역을 중심으로 제시함
- 통상적으로 저수지 수질개선 대책은 점오염원 저감대책, 비점오염원 저감대책, 유입하천 정화대책 등을 포함하는 유역대책과 호내 퇴적오염물 관리, 조류 발생억제, 낚시 기인 오염물질 저감 등을 포함하는 호내대책으로 크게 나눌 수 있음
- 따라서 본 연구에서 도출된 수질개선 대책을 유역대책과 호내대책으로 구분하여 기술함



[그림 7-13] 수질개선 대책

1) 유역대책

(1) 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치(생활계 중점관리 유역 중심)

가. 기존 삭감계획(2020년까지 기계화된 시설)

- 2011년 이후 신규 혹은 개량 사업예정인 마을단위 공공하수처리시설은 <표 7-2>와 같으며 광시면 520m³/일, 신양면 190m³/일, 대흥면 110m³/일 용량으로 설치될 예정임

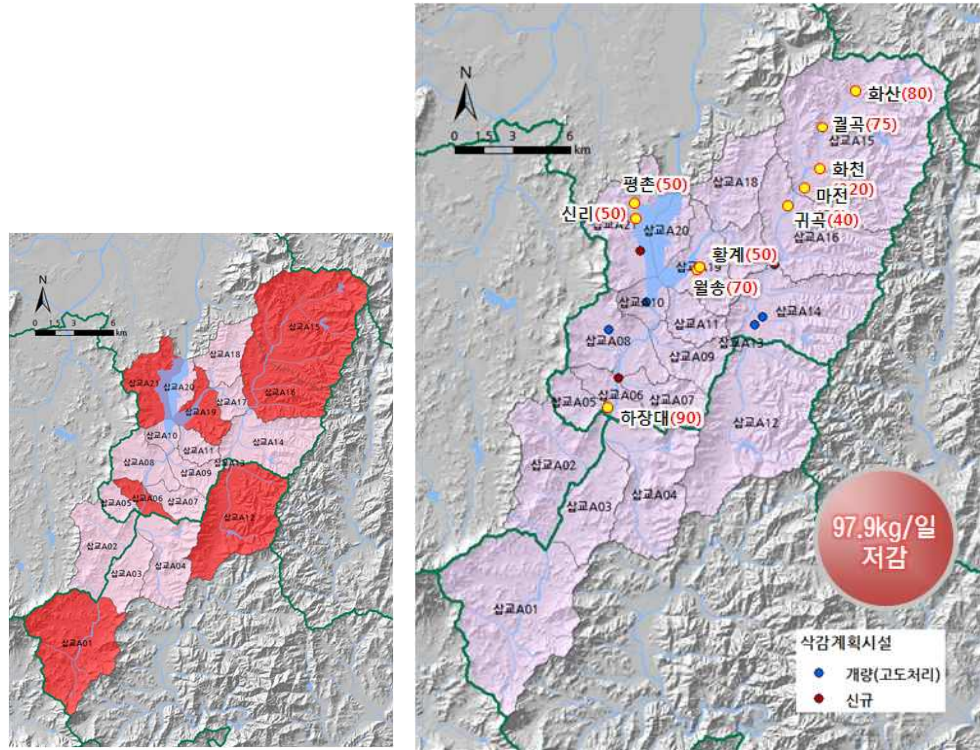
<표 7-2> 마을단위 공공하수처리시설 설치 계획(기준)

시설명	시설위치	처리인구(명)	시설용량(m ³ /일)	완공일	비고
광시 광시지구	광시면 시목리	600	320	준공	신규
광시 시목지구	광시면 시목리	130	130	2013.12	신규
대흥 동서지구	대흥면 동서리	110	110	2013.12	신규
광시 동산지구	광시면 동산리	30	30	2013.06	개량(고도처리)
신양 만사지구	신양면 만사리	70	70	2013.12	개량(고도처리)
광시 마사지구	광시면 마사리	40	40	2013.12	개량(고도처리)
신양 가자지구	신양면 가지리	50	50	2013.12	개량(고도처리)
신양 신양지구	신양면 신양리	297	70	2015.12	신규

자료 : 예산군, 행정자료, 2013.

나. 추가 삭감계획

- 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치 예정에도 불구하고 예당저수지 목표수질(Ⅲ등급)을 달성하기 위해서는 생활계 배출부하량 중점관리 대상유역인 삽교A06, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A19, 삽교A21 유역을 중심으로 단계적으로 처리시설의 확충이 필요함
 - 청양군 관할 중점관리 유역인 삽교A01, 삽교A12유역의 경우 추가 설치 계획에서 제외함
- 중점관리 5개 유역 내 총 10개 시설(총 시설용량 905m³/일)에 대해 2020년까지 단계적인 확충이 필요함
 - 행정구역상 대술면, 응봉면, 광시면, 신양면 등에 추가 설치가 필요함



－ 각 시설별 위치 및 처리인구, 시설용량, 해당구역 등에 대한 개요는 아래와 같음

<표 7-3> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치 개요

(단위 : 명, m³/일)

시설명	시설위치	처리인구	시설용량	해당구역
화천	대술면 화천리	607	320	삼교A15
화산	대술면 화산리	366	80	삼교A15
궐곡	대술면 궐곡리	353	75	삼교A15
마전	대술면 마전리	361	80	삼교A15
평촌	응봉면 평촌리	242	50	삼교A21
신리	응봉면 신리	222	50	삼교A21
월송	광시면 월송리	296	70	삼교A19
황계	신양면 황계리	251	50	삼교A19
귀곡	신양면 귀곡리	146	40	삼교A16
하장대	광시면 하장대리	455	90	삼교A06

- 설치될 마을단위 공공하수처리시설의 계획수질은 BOD 기준 156.6mg/L, T-N 50.0 mg/L, T-P 10.0mg/L, 계획 방류수질은 BOD 기준 7.0mg/L, T-N 14.0mg/L, T-P 1.0 mg/L로 가정한 후 삭감량을 산정함
- 총 10개 시설 추가 설치에 따른 삭감부하량은 BOD 97.9kg/일, T-N 30.5kg/일, T-P 2.6kg/일로 산정됨
 - 유역별로는 BOD 기준 삽교A15(63.8kg/일), 삽교A21(13.3kg/일), 삽교A19(12.5kg/일), 삽교A16(4.4kg/일), 삽교A06(3.2kg/일) 순으로 삭감량이 큰 것으로 나타남
 - 각 시설별, 유역별 삭감량은 <표 7-4>, <표 7-5>과 같음

<표 7-4> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치에 따른 시설별 삭감부하량

(단위 : kg/일)

소유역	삭감 전 부하량			삭감 후 부하량			삭감부하량		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
화천	24.8	8.2	0.9	0.0	0.0	0.0	24.8	8.2	0.9
화산	17.6	5.6	0.5	3.2	2.1	0.3	14.4	3.5	0.2
월곡	12.2	4.3	0.4	0.6	0.5	0.1	11.6	3.8	0.3
마전	13.6	4.0	0.5	0.0	0.0	0.0	13.6	4.0	0.5
평촌	9.8	3.6	0.4	2.0	1.3	0.2	7.8	2.3	0.2
신리	7.2	3.0	0.3	1.7	1.1	0.2	5.5	1.9	0.1
월송	9.2	3.0	0.3	2.2	1.4	0.2	7.0	1.6	0.1
황계	8.6	3.0	0.3	3.0	2.0	0.3	5.6	1.0	0.0
귀곡	4.4	1.8	0.2	0.0	0.0	0.0	4.4	1.8	0.2
하장대	9.9	6.3	0.7	6.7	3.9	0.6	3.2	2.4	0.1
총합계	117.3	42.8	4.5	19.4	12.3	1.9	97.9	30.5	2.6

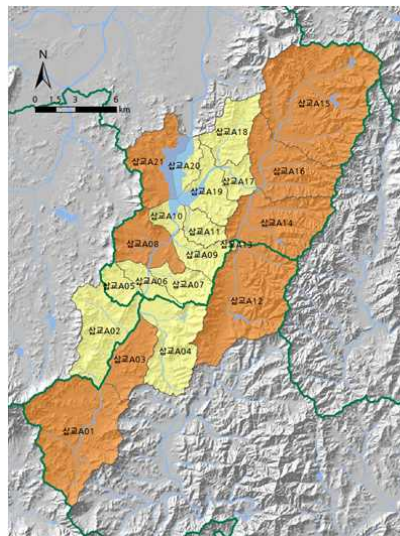
<표 7-5> 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치에 따른 유역별 삭감부하량
(단위 : kg/일)

소유역	삭감 전 부하량			삭감 후 부하량			삭감부하량		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
삼교A01	51.5	28.8	3.1	51.5	28.8	3.1	-	-	-
삼교A02	24.5	16.1	1.8	24.5	16.1	1.8	-	-	-
삼교A03	8.7	5.7	0.6	8.7	5.7	0.6	-	-	-
삼교A04	21.3	16.4	1.8	21.3	16.4	1.8	-	-	-
삼교A05	8.2	3.6	0.4	7.6	3.2	0.4	0.6	0.4	0.0
삼교A06	9.8	20.9	0.7	6.6	18.5	0.6	3.2	2.4	0.1
삼교A07	3.4	3.2	0.2	3.4	3.2	0.2	-	-	-
삼교A08	14.5	6.6	0.7	14.5	6.6	0.7	-	-	-
삼교A09	6.1	3.3	0.3	6.1	3.3	0.3	-	-	-
삼교A10	4.4	2.5	0.2	4.4	2.5	0.2	-	-	-
삼교A11	5.4	3.9	0.4	5.4	3.9	0.4	-	-	-
삼교A12	37.4	23.9	2.6	37.4	23.9	2.6	-	-	-
삼교A13	1.2	0.6	0.1	1.2	0.6	0.1	-	-	-
삼교A14	18.1	15.6	1.4	18.1	15.6	1.4	-	-	-
삼교A15	130.7	47.0	4.5	66.9	27.8	2.7	63.8	19.2	1.8
삼교A16	29.0	23.7	2.3	24.6	21.9	2.1	4.4	1.8	0.2
삼교A17	10.8	7.6	0.7	10.8	7.6	0.7	-	-	-
삼교A18	19.0	6.3	0.7	18.9	6.3	0.7	0.1	0.0	0.0
삼교A19	29.5	11.0	1.2	17.0	8.5	1.1	12.5	2.5	0.1
삼교A20	7.2	4.1	0.4	7.2	4.1	0.4	-	-	-
삼교A21	42.7	32.9	2.1	29.4	28.7	1.8	13.3	4.2	0.3
총합계	483.2	283.6	26.2	385.3	253.1	23.6	97.9	30.5	2.6

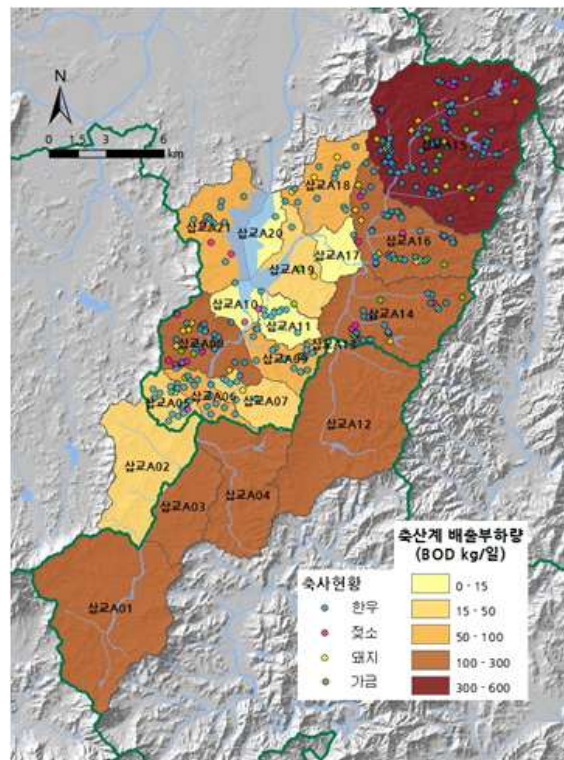
(2) 가축분뇨 공공처리시설 증설

- 축산계 배출부하량의 경우 오염원별 기여율을 분석했을 때 예당저수지 수질 영향 기여율이 가장 높은 오염원에 해당하므로 이에 대한 적극적인 저감대책이 필요함
 - 현재 축산농가의 액·퇴비 생산량과 처리량에 대한 효율적인 통제가 이루어지지 않고 액·퇴비살포의 허가에 대한 철저한 관리가 이루어지지 않고 있어 수질오염의 원인으로 대두
 - 일반적으로 액비탱크나 퇴비공장의 관리를 통한 수질문제의 해결은 어려운 편이며 가축분뇨공공처리시설의 확충을 통한 사전적 관리가 가장 안전하고 효율적일 수 있음

- 예산 가축분뇨 공공처리시설의 경우 일시에 용량을 증설하는 것보다 축종별 가축 사육량 전망, 개별 처리시설 설치 및 관리 현황, 재정여건 파악 등 향후 여건을 고려하여 단계적으로 증설하는 것이 바람직함
- 이에 도출된 축산계 중점관리 구역(삽교A08, 삽교A14, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A21)을 중심으로 2020년까지 가축분뇨 공공처리시설로 우선 이송처리(1단계)하고 향후 예당호 구역 중 예산군 전 지역을 공공처리시설로 이송처리(2단계)하는 것으로 계획함
 - － 1단계 중점처리 구역 선정시 축산계 부하밀도가 높은 구역임에도 청양군 해당 구역(삽교A01, 삽교A12, 삽교A03)은 처리계획에서 배제하였으며, 예당저수지 연접지역인 삽교A21지역의 경우는 1단계 처리지역으로 추가함



축산계 중점관리 구역



축산계 배출부하량 및 축사분포

[그림 7-15] 구역별 축산계 배출부하량 및 축사분포도

- 1단계 증설 시설용량은 가축분뇨량 및 상위계획 등을 고려하여 350m³/일로 산정하였으며 이를 통하여 995kg/일이 삭감될 것으로 산정되었으며 2단계 증설 및 처리시 1,290kg/일의 부하량이 삭감되는 것으로 산정됨
 - － 현재 충청남도 가축분뇨관리계획이 환경부에 승인신청 중에 있으며, 도 계획내 용에 예산군의 경우 350m³/일의 증설이 필요한 것으로 기술되어 수록되어 있음

<표 7-6> 가축분뇨 공공처리시설 증설 설치 개요

시설명	시설위치	시설용량(㎡/일)	방류수질(mg/L)			비고
			BOD	T-N	T-P	
예산(기존)	예산읍 궁평리 39-1	150	46.5	87.5	17.3	기존 시설
예산	예산읍 궁평리 39-1	350 증설	46.5	87.5	17.3	1단계 증설
예산	예산읍 궁평리 39-1	100 증설	46.5	87.5	17.3	2단계 증설

<표 7-7> 가축분뇨 공공처리시설 증설(1단계)에 따른 유역별 삭감부하량

(단위 : kg/일)

소유역	삭감 전 부하량			삭감 후 부하량			삭감부하량		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
삽교A01	339.6	163.2	18.0	339.6	163.2	18.0	-	-	-
삽교A02	44.7	26.7	3.0	44.7	26.7	3.0	-	-	-
삽교A03	149.8	73.5	8.2	149.8	73.5	8.2	-	-	-
삽교A04	132.9	71.7	8.2	132.9	71.7	8.2	-	-	-
삽교A05	26.0	15.7	1.6	26.0	15.7	1.6	-	-	-
삽교A06	57.6	34.0	3.5	57.4	33.8	3.4	0.2	0.2	0.1
삽교A07	47.1	29.2	3.3	46.5	28.8	3.2	0.6	0.4	0.1
삽교A08	143.6	101.4	12.3	24.3	41.2	2.9	119.3	60.2	9.4
삽교A09	78.8	48.3	5.2	78.0	47.8	5.2	0.8	0.5	0.0
삽교A10	5.7	4.1	0.4	5.5	4.0	0.4	0.2	0.1	0.0
삽교A11	13.1	7.7	0.8	13.1	7.7	0.8	-	-	-
삽교A12	188.8	87.9	9.4	188.7	87.9	9.4	0.1	0.0	0.0
삽교A13	3.1	1.4	0.1	2.9	1.2	0.1	0.2	0.2	0.0
삽교A14	127.1	79.7	9.0	2.1	1.2	0.1	125	78.5	8.9
삽교A15	547.4	340.4	37.3	1.7	2.0	0.1	545.7	338.4	37.2
삽교A16	134.8	86.0	9.9	0.1	0.2	0.0	134.7	85.8	9.9
삽교A17	4.1	2.9	0.3	0.2	0.1	0.0	3.9	2.8	0.3
삽교A18	57.5	39.4	4.6	57.1	39.1	4.6	0.4	0.3	0.0
삽교A19	16.9	10.1	1.1	16.9	10.0	1.1	0.0	0.1	0.0
삽교A20	2.5	1.6	0.2	0.1	0.1	0.0	2.4	1.5	0.2
삽교A21	62.5	39.0	4.2	0.9	0.7	0.1	61.6	38.3	4.1
총합계	2183.7	1,263.9	140.5	1,188.4	656.8	70.5	995.3	607.1	70

<표 7-8> 가축분뇨 공공처리시설 증설(2단계)에 따른 유역별 삭감부하량

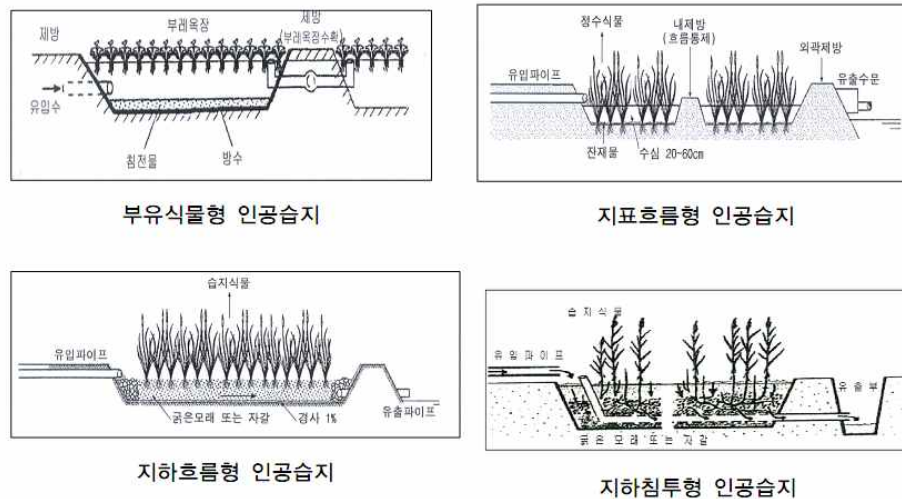
(단위 : kg/일)

소유역	삭감 전 부하량			삭감 후 부하량			삭감부하량		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
삽교A01	339.6	163.2	18.0	339.6	163.2	18.0	-	-	-
삽교A02	44.7	26.7	3.0	44.5	26.6	3.0	0.2	0.1	0.0
삽교A03	149.8	73.5	8.2	149.8	73.5	8.2	-	-	-
삽교A04	132.9	71.7	8.2	132.7	71.6	8.2	0.2	0.1	0.0
삽교A05	26.0	15.7	1.6	0.4	0.2	0.0	25.6	15.5	1.6
삽교A06	57.6	34.0	3.5	1.5	0.8	0.1	56.1	33.2	3.4
삽교A07	47.1	29.2	3.3	0.1	0.1	0.0	47.0	29.1	3.3
삽교A08	143.6	101.4	12.3	21.3	39.5	2.8	122.3	61.9	9.5
삽교A09	78.8	48.3	5.2	1.3	0.8	0.1	77.5	47.5	5.1
삽교A10	5.7	4.1	0.4	0.1	0.1	0.0	5.6	4.0	0.4
삽교A11	13.1	7.7	0.8	0.0	0.0	0.0	13.1	7.7	0.8
삽교A12	188.8	87.9	9.4	187.4	87.1	9.3	1.4	0.8	0.1
삽교A13	3.1	1.4	0.1	2.7	1.1	0.1	0.4	0.3	0.0
삽교A14	127.1	79.7	9.0	1.4	0.8	0.1	125.7	78.9	8.9
삽교A15	547.4	340.4	37.3	1.7	2.0	0.1	545.7	338.4	37.2
삽교A16	134.8	86.0	9.9	0.1	0.1	0.0	134.7	85.9	9.9
삽교A17	4.1	2.9	0.3	0.0	0.0	0.0	4.1	2.9	0.3
삽교A18	57.5	39.4	4.6	8.7	16.0	1.1	48.8	23.4	3.5
삽교A19	16.9	10.1	1.1	0.3	0.3	0.0	16.6	9.8	1.1
삽교A20	2.5	1.6	0.2	0.0	0.0	0.0	2.5	1.6	0.2
삽교A21	62.5	39.0	4.2	0.2	0.3	0.0	62.3	38.7	4.2
총합계	2,183.7	1,263.9	140.5	893.9	484.2	51.1	1,289.8	779.7	89.4

(3) 호내 유입하천 합수부 수질정화 인공습지 조성

- 예당저수지의 경우 비점오염물질 저감 및 호내 오염물질 최종 유입단계에서 정화 시스템을 도입하기 위한 수질정화 인공습지 조성이 필요함
 - 인공습지(constructed wetlands)는 자연 상태의 습지가 가지고 있는 처리능력을 인위적으로 도입하여 수처리 목적으로 조성하는 습지
 - 인공습지는 수질개선 뿐만 아니라 야생동물 서식지, 생태공간, 여가선용 장소, 환경교육 공간, 도시녹지 공간으로서 부가적인 효과를 제공

- 인공습지는 일반적으로 흐름형태에 따라 크게 지표흐름형, 지하침투형으로 나눌 수 있음
 - 지표흐름형 습지에서는 지표면에서 유입수의 흐름을 볼 수 있으나, 지하흐름형 습지에서는 유입수가 하부 토양층으로 흘러 표면에서 유입수의 흐름을 볼 수 없음. 일부 유럽국가에서는 하수처리를 위해 유입수의 흐름이 보이지 않는 지하흐름형 습지를 조성한 바 있으나, 하부층 폐쇄가 주요 폐단으로 지적되고 있음
 - 지하침투형은 지표흐름형과 지하흐름형을 혼합한 형태의 습지로, 바닥층에 처리수 차집관이 있다는 점에서 차이가 있음. 지하침투형 습지에서는 유입수의 일부가 지하로 침투하여 지하흐름형 습지에서와 같이 처리되지만 다른 일부는 지표흐름형 습지와 같이 지표면 위로 흘러가면서 침전, 분해과정을 거치고 지표에서 지하로 침투하여 차집관을 통해 최종 방류됨
 - 일부에서는 습지를 지표흐름형, 지하흐름형, 그리고 부유식물형으로 구분하기도 하는데, 부유식물형 습지는 부레옥잠이나 개구리밥과 같은 부유식물을 이용하는 시스템으로 영양염류를 제거하기 위해서 식생을 제거해야 하는 문제가 있어 처리비용 단가가 높은 편임. 국내 저수지에 비점오염원 저감을 위해 조성된 인공습지는 모두 지표흐름형 습지에 해당함



자료 : KEI, 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과 및 개선방안, 2007.

[그림 7-16] 종류별 인공습지 개념도

- 따라서 예당저수지 인공습지 역시 국내에서 대다수 적용하고 있으며 다수 효과가 입증되고 있는 지표흐름형 습지를 조성하는 것이 바람직할 것으로 판단됨
- 인공습지는 무한천과 신양천 말단(하천 및 호 합수부)에 2개소를 설치하는 것으로 계획함



[그림 7-17] 인공습지 설치 위치도

- 조성되는 습지는 각 하천유역 전체 중 25%에 대하여 초기 강우 5mm를 처리하는 시설로 가정하여 습지 처리량을 도출하였음

<표 7-9> 무한천, 신양천 인공습지 처리량

구 분	유역면적(km ²)	기준강우량(mm)	총 유출량(m ³)	습지처리량(m ³)
무한천	152.96	5	446,948	111,736
신양천	185.50	5	542,022	135,505

- 유출량은 신양천 하천정비기본계획(2005)의 유출율인 58.44%를 적용하여 산정하였으며 수계오염총량기술지침(2012)의 비점오염 삭감식에 의해 삭감량을 산정함. 이때 인공습지 저감효율은 수계오염총량관리기술지침상의 평균값을 적용함

<표 7-10> 인공습지 저감 효율

구 분	BOD	T-N	T-P
인공습지 저감효율	53	37	60

자료 : 환경부, 수계오염총량관리기술지침, 2012.

- 무한천 말단과 신양천 말단에 인공습지 2개를 설치함에 따라 BOD 기준 약 144.3 kg/일이 삭감될 것으로 산정됨

<표 7-11> 인공습지 설치에 의한 삭감부하량 산정

구 분	무한천			신양천		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
삭감 전 부하량	2,389.2	1,571.6	138.1	1,700.6	1,090.7	92.8
삭감부하량	88.4	37.8	5.0	55.9	25.1	3.1
삭감 후 부하량	2,300.7	1,533.8	133.2	1,644.7	1,065.6	89.8

(4) 축산농가 밀집지역 저류지 설치

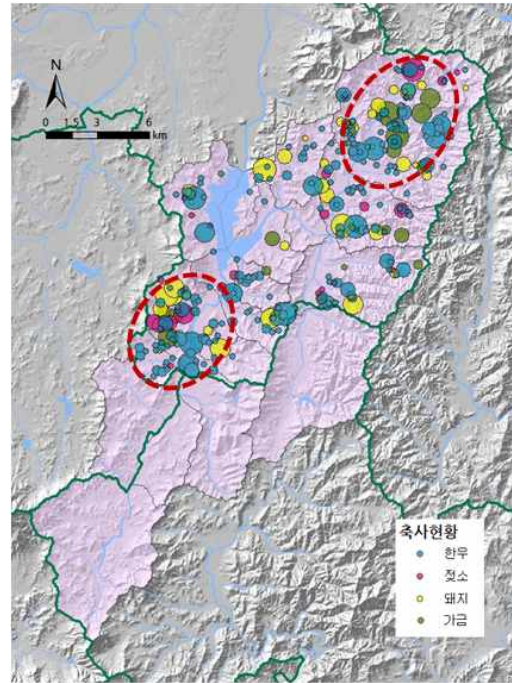
- 축산농가 밀집지역에서는 강우 시 고농도의 유기물 및 영양염류가 처리되지 않고 그대로 하천으로 유출될 뿐만 아니라, 처리된 축산폐수의 경우에도 BOD, SS 농도 150mg/L 이상의 고농도 오염물질이 하천에 배출되는 실정임
- 예당저수지 유역조사 및 수질측정 결과 강우시 오염물질 배출부하 및 수질농도가 증가 경향을 보임
 - BOD, SS 농도의 경우 비강우시 보다 4배 이상 높은 것으로 나타남
- 따라서 축산농가에 의한 비점오염원 저감을 위하여 농가규모별 축사위치도와 연계한 축산시설 밀집지역, 축산부하 생태민감지역을 대상으로 저류지의 설치가 필요함
 - 환경관리공단(2009b)의 보고서에 따르면 축산지역 비점오염 저감시설로 습지 및 저류지를 조성할 경우 전국 축산지역에서 닭 1,619.5kg/일, 돼지 1,008.9kg/일, 소 716.2kg/일의 BOD 부하량을 삭감할 수 있을 것으로 조사됨
- 저류지 설치 위치는 하천과 연결한 축산농가 밀집지역을 축산비점오염물질 중점관리 대상유역으로 설정하고 이 유역을 대상으로 하천과 연결한 농경지나 하천변에 우선 설치하는 것이 바람직함
 - 축산비점오염물질 중점관리 대상유역 : 삽교A06, 삽교A08, 삽교A15
 - 축산폐수는 오염부하가 매우 높은 특성을 갖기 때문에 이전 단계에서 처리되지 않은 채 그대로 습지로 유입할 경우에는 적절한 처리효과를 기대하기 어려우므로, 반드시 축산폐수 전처리시설을 거쳐 습지나 저류지로 유입할 수 있도록 저류지를 조성, 운영하여야 함



축산습지



침투저류지



축산농가 중점관리 구역

[그림 7-18] 축산농가 밀집지역 저류지 설치 제안 위치도

(5) 화산천 생태하천 조성사업

- 2013년 기준 기 추진중인 화산천 고향의 강 사업과 연계하여 생태공간 조성 및 수생태 복원사업 병행이 필요함



[그림 7-19] 화산천 생태하천 조성사업 위치

- 비점오염원에 의한 오염저감을 위해 습지 및 저류지 조성, 수질정화 효과가 높은 수변 식생식재 등의 고려가 필요함
- 특히 농림식품수산부, 환경부 등 다수 문헌을 참고하였을 때 수질정화 식물을 식재한 경우 BOD 기준 정화효율은 약 50~70%에 이르는 것으로 조사됨
- 따라서 개선효과가 검증된 정화식물을 우선적으로 식재하되 예산군의 토양, 자생식물 등을 고려하여 식생을 식재할 필요가 있음
 - 습지 식재 식물의 선정기준(서성철 외3, 2009)
 - ① 수질정화능력이 탁월한 수종, 월동이 가능한 수종
 - ② 소재구입 및 유지관리가 용이한 수종
 - ③ 환경조건에 잘 적응하며 생장력이 강한 수종
 - ④ 설치목적에 적합하고 전체적인 분위기에 조화되는 수종
 - ⑤ 수생식물 자체적으로 정화능력을 보유하고 있는 수종
 - ⑥ 수생식물의 증산량과 오염물질(BOD, T-N, T-P 등)의 제거율이 높은 수종
 - ⑦ 식재할 지역의 주변식생현황을 토대로 하여 과거부터 현재까지 생태적으로 안정화된 수종

<표 7-12> 주요 습지식물의 수질정화 능력

수종	개선효과가 검증된 정화가능물질	흡수 능력	영양염류제거 능력	수집 능력	운반성	재활용성	내한성	내공해성	맹아력 (생존성)
갈대	N, P, K, Ca, Mg	○	○	△	△	△	○	○	○
애기부들	N, P, K, Ca, Mg	○	○	△	○	○	○	○	○
꽃창포	-	○	○	△	△	△	○	○	○
줄	N, P, K, Ca, Mg	○	○	△	△	△	○	○	○
달뿌리풀	-	○	△	△	△	△	○	○	○
물억새	-	○	○	△	△	△	○	○	○
부레옥잠화	N, P	△	○	○	×	○	×	○	○
좁개구리밥	N, P	△	○	○	×	○	△	○	○
마름류	N	△	△	×	×	△	△	○	○
미나리	N, P	○	○	○	△	△	○	○	○
연꽃	-	△	△	×	△	△	×	○	○
검정말	-	△	△	×	×	△	△	○	○
BIO갈대	정화효율 : BOD(88.8%), COD(20.8%), TN(63.6%), TP(65.1%), 색도제거효율(35.1%)								

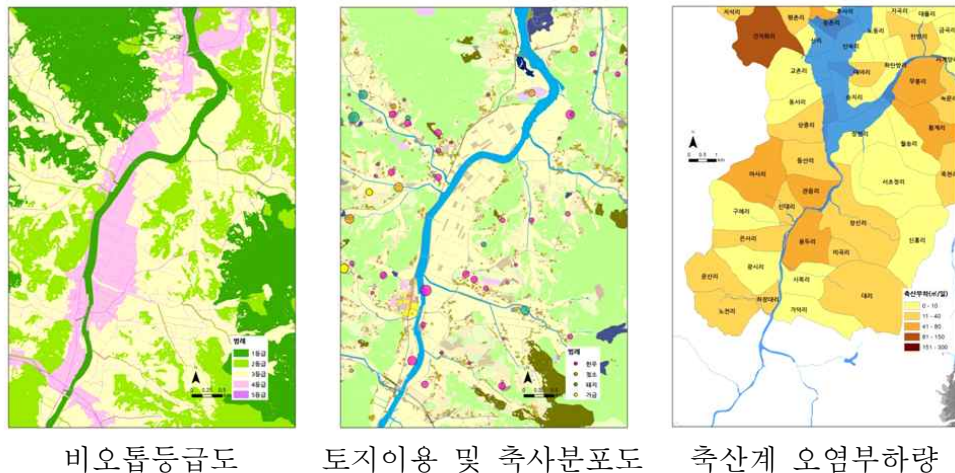
자료 : 서성철 외3, 습지와 생명, 2009.



[그림 7-20] 수질정화 식물

(6) 무한천 생태하천 조성사업

- 기 추진중인 생태하천 조성사업 실시시 유역의 오염원과 연계한 수질오염 저감시설 추가 설치를 고려할 필요가 있음



[그림 7-21] 무한천 유역분석 현황도

- 현재 설계 중인 무한천 생태하천 조성사업 기본 및 실시설계 기본방향 검토 및 무한천 유역 비오톱등급도, 토지이용현황도, 축사분포도, 축산계 배출부하량 분포 등을 고려하여 분석한 결과 시목천 합수부의 수질개선 및 인근 축사 비점오염물질 저감을 위한 습초지형 저류지를 추가로 설치할 필요가 있음
- 기 계획중인 시목천 우안의 학습원과 연계하여 좌안에 습초지형 저류지를 추가로 설치하여 오염부하 경감 및 교육시 연계 이용 등의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단됨



[그림 7-22] 무한천 생태하천 복원사업 기본방향 및 추가 저류지 위치

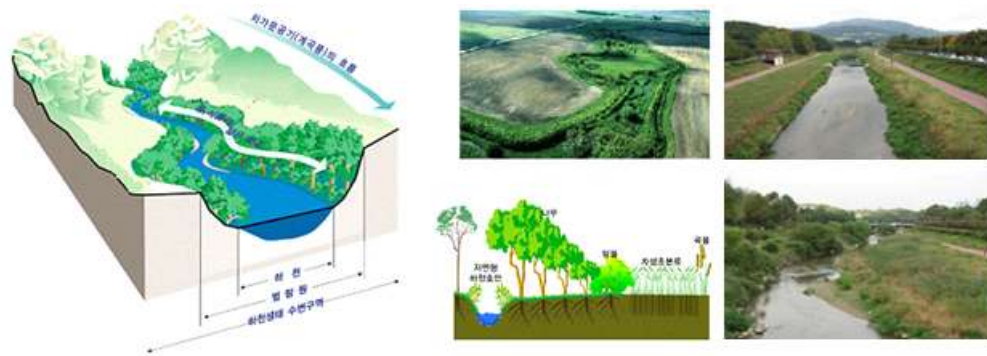
(7) 탄방천 식생수로 및 여과대 조성

- 예당저수지 유역 내 하천별 유달률 산정 결과 탄방천의 경우 20.9%, 강촌천의 경우 19.8%의 높은 유달률을 보임
- 따라서 유달률이 높은 하천의 자정능력 향상 및 오염부하 경감대책(완충지대 형성 등)이 필요한 실정임



[그림 7-23] 탄방천, 강촌천 위치도

- 이를 위해 오염부하 완충효과 증대 및 유달률 감소를 위한 식생수로 및 여과대 설치 필요함
 - 하천배후습지 보전 및 복원이 필요함. 특히 하천 제외지 수변생태벨트 조성 이 우선시 될 필요가 있음
 - 단, 청양군 해당하천인 강촌천의 경우 본 사업에서 제외함
 - 본 사업은 충남도의 도랑살리기 사업과 연계하여 추진이 가능할 것으로 판단됨



[그림 7-24] 수변생태벨트 개념도

(8) 무한천 유역 논 저류지(생태둑병) 설치

- 하천변 농경지는 기존의 경작 방식인 관행농법을 그대로 적용함에 따라 홍수시 침수가 되면 여과 없이 그대로 토사와 각종 영양물질, 화학물질이 수계로 들어가게 되어 하천수질에 더욱 큰 피해를 주게 됨
- 특히 경작시 발생하는 표토의 교란, 추수 후 다음 경작까지의 농지 방치, 토양개량을 위해 비료나 가축배설물 등의 토층상부에 살포, 살충제 살포, 관개용수의 공급 등이 주 오염원이 됨
- 따라서 강우시 농약 및 비료잔류물 유출 저감, 농경지에 의한 비점오염부하 경감이 필요함
- 논 저류지(생태둑병)의 경우 예당저수지 유입 농수로 하단부에 우선적으로 설치(무한천 유역 우선 실시)하며 연차별로 매년 약 10개소씩 설치



[그림 7-25] 생태농수로 및 둠병 설치 위치도

- 논 저류지(생태둠병)의 경우 COD 기준 약 61.5%의 저감효과가 있으며 이를 위해 논 1ha당 0.02ha가 필요한 것으로 나타남(농촌진흥청, 2012)

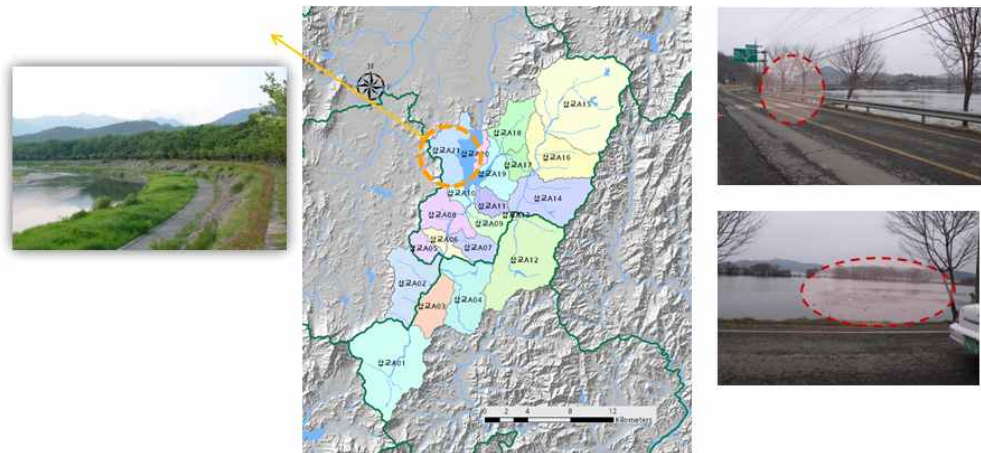


[그림 7-26] 생태농수로 및 둠병의 저감효과

- 또한 하천변 경작지는 수계와 바로 맞닿아 있기 때문에 경작에 따른 토양교란이나 투입되는 각종 물질에 의한 영향이 그대로 인근 하천에 영향을 주게 됨.
- 따라서 현재 임대중인 하천변 농경지의 임대 완료 후 땅을 군에서 임대하여 수생 식물 식재, 습지 조성 등 완충지대 역할을 할 수 있는 수림대 형성이 필요할 것으로 판단됨(특히 호 인근지역 우선 실시 필요)

(9) 호안 생태벨트 조성

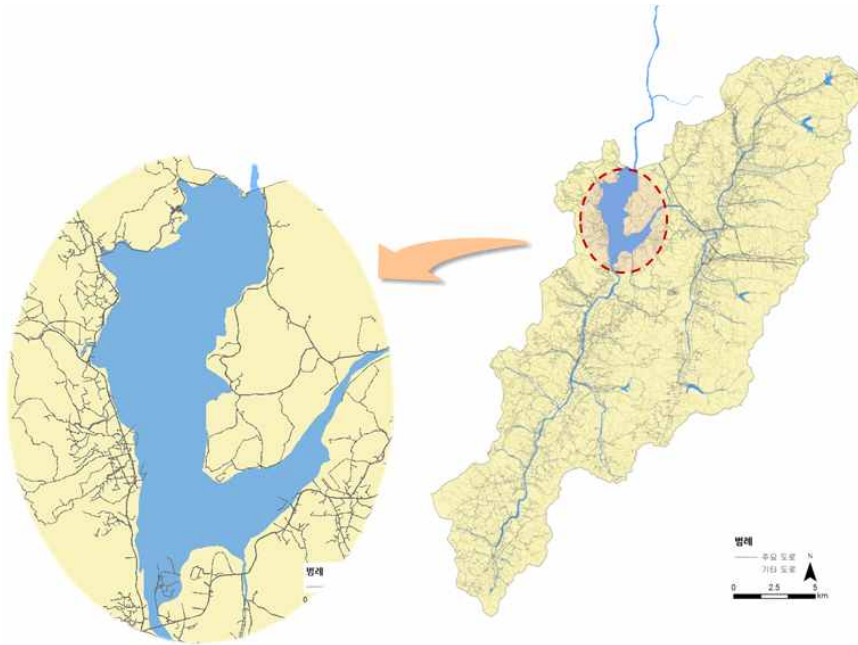
- 예당저수지 좌안의 경우 농지, 도로 등에서 기인한 비점오염부하 경감을 위한 호안 생태벨트 조성을 통하여 호내 유입 비점오염부하 저감 및 경관완충녹지 확보가 필요함
 - － 호안 습지조성(기존 농경지 습지 전환), 호안 수생식물 벨트 조성, 4계절 무분 조성
 - － 개발제한 또는 인접토지 협약을 통한 친환경농법, 경관미를 높이는 작물재배 등 고려
- 이처럼 호내 비점오염부하 경감 및 수생태 건강성을 증진할 수 있도록 호안생태벨트에는 정화효율과 수원함양 등이 우수하고 지역에 적합한 자생수종을 식재하는 등 호안녹지조성기법 개발 및 일부 구간 호안생태벨트 조성 시범사업 등의 추진이 병행되어야 할 것으로 판단됨



[그림 7-27] 호안생태벨트 조성 위치도

(10) 유역내 도로 정기적 청소 실시

- 도로에 의한 비점오염부하를 저감하기 위하여 응봉면, 대흥면을 중심으로 강우시 전인 5월경 도로청소의 실시가 필요함
 - － 환경부는 청소를 통한 도로 비점오염관리방안 마련을 위해 청소방법, 주기, 횟수, 유지관리방안을 위한 세부시행계획을 2013년까지 마련할 계획이며, 진공흡입식 청소차 보급 확대를 위한 포장도로 노면 청소차 지원사업을 2020년까지 지속적으로 추진할 예정임



[그림 7-28] 도로청소 위치도

- 현재 국내에서는 도로청소의 비점오염저감효과 분석 연구를 진행 중(환경부, 2013)에 있으며 미국 연방 고속도로청에서 제시한 비점오염물질 저감효율을 보면 BOD 기준 기계식의 경우 43%, 진공흡입식의 경우 77%로 나타남

<표 7-13> 기계식 청소와 진공흡입식 장치의 오염물질 저감효율

오염물질	기계식(%)	진공흡입식(%)
BOD	43	77
COD	31	63
T-N	42	77
T-P	40	74

자료 : Federal Highway Association, Storm Water Best Management Practices in an Ultra-Urban Setting : selection and monitoring, 1999.

2) 호내대책

(1) 낚시 오염부하량 저감대책 마련

- 예당저수지 이용 연간 낚시 인구는 10년 평균 약 285,000명으로 좌대수는 약 260대에 이릅니다.



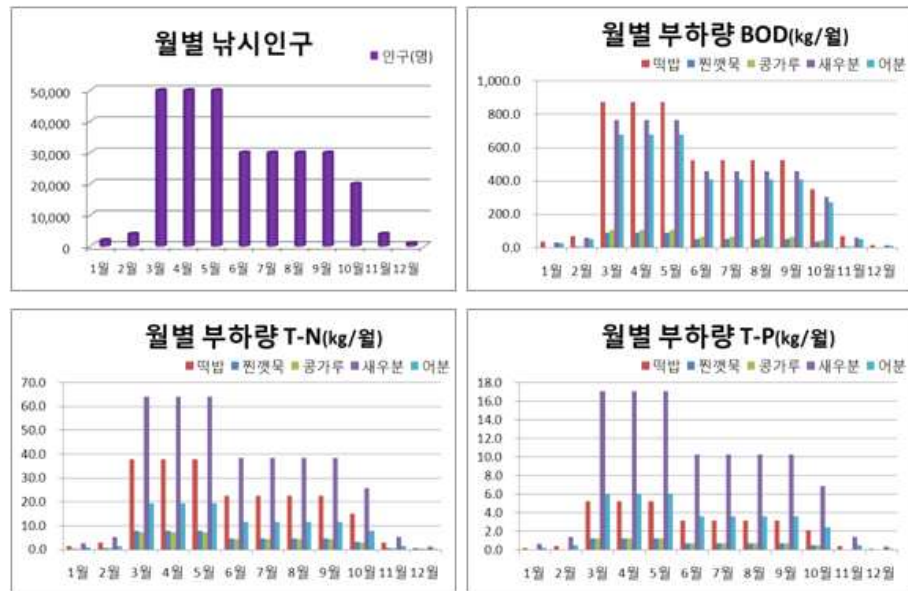
[그림 7-29] 좌대 위치도

- 낚시에 의한 오염부하량을 산정하기 위하여 떡밥, 찌갯묵, 콩가루, 새우분, 어분 등의 사료투여량 및 사료종류에 따른 원단위(국립환경과학원, 1996)를 적용하여 부하량을 산정한 결과 BOD 기준 1,263kg/월, T-N 기준 69kg/월, T-P 기준 15kg/월로 나타남

<표 7-14> 낚시 떡밥 및 재료의 부영양화 지표 분석

분류	종류	항목	BOD(g/kg)	T-N(g/kg)	T-P(g/kg)
재 료	진갯묵		360	31.7	4.9
	새우분		510	42.8	11.4
	어 분		680	19.5	6.0
	콩가루		430	28.9	4.9
	평 균		495	30.7	6.8
떡 밥	떡 밥		350	15.1	2.1

자료 : 국립환경과학원, 1996.



[그림 7-30] 낚시 인구 및 월별부하량

<표 7-15> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(BOD₅)

(단위 : kg/월)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
떡밥	35.0	70.0	875.0	875.0	875.0	525.0	525.0	525.0	525.0	350.0	70.0	17.5
전갱목	3.6	7.2	90.0	90.0	90.0	54.0	54.0	54.0	54.0	36.0	7.2	1.8
콩가루	4.3	8.6	107.5	107.5	107.5	64.5	64.5	64.5	64.5	43.0	8.6	2.2
새우분	30.6	61.2	765.0	765.0	765.0	459.0	459.0	459.0	459.0	306.0	61.2	15.3
어분	27.2	54.4	680.0	680.0	680.0	408.0	408.0	408.0	408.0	272.0	54.4	13.6
합계	100.7	201.4	2,517.5	2,517.5	2,517.5	1,510.5	1,510.5	1,510.5	1,510.5	1,007.0	201.4	50.4

<표 7-16> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(T-N)

(단위 : kg/월)

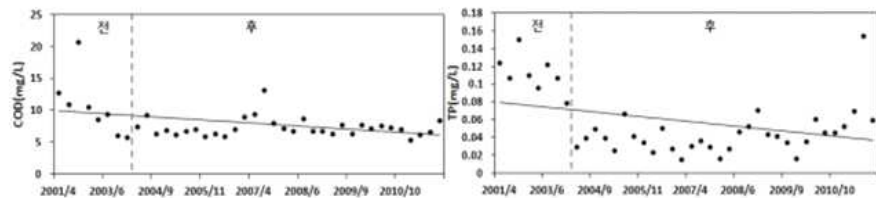
	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
떡밥	1.51	3.02	37.75	37.75	37.75	22.65	22.65	22.65	22.65	15.10	3.02	0.76
전갱목	0.32	0.63	7.93	7.93	7.93	4.76	4.76	4.76	4.76	3.17	0.63	0.16
콩가루	0.29	0.58	7.23	7.23	7.23	4.34	4.34	4.34	4.34	2.89	0.58	0.14
새우분	2.57	5.14	64.20	64.20	64.20	38.52	38.52	38.52	38.52	25.68	5.14	1.28
어분	0.78	1.56	19.50	19.50	19.50	11.70	11.70	11.70	11.70	7.80	1.56	0.39
합계	5.46	10.93	136.60	136.60	136.60	81.96	81.96	81.96	81.96	54.64	10.93	2.73

<표 7-17> 낚시 재료별 월별 부하량 산정(T-P)

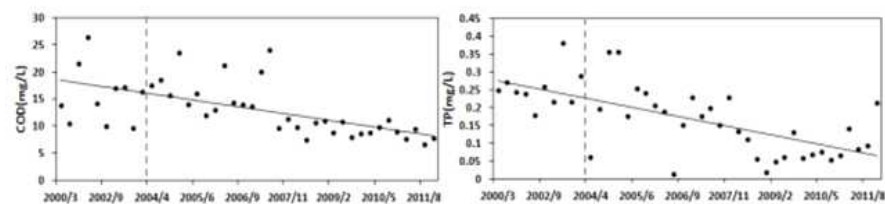
(단위 : kg/월)

	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
떡밥	0.21	0.42	5.25	5.25	5.25	3.15	3.15	3.15	3.15	2.10	0.42	0.11
찢갯목	0.05	0.10	1.23	1.23	1.23	0.74	0.74	0.74	0.74	0.49	0.10	0.02
콩가루	0.05	0.10	1.23	1.23	1.23	0.74	0.74	0.74	0.74	0.49	0.10	0.02
새우분	0.68	1.37	17.10	17.10	17.10	10.26	10.26	10.26	10.26	6.84	1.37	0.34
어분	0.24	0.48	6.00	6.00	6.00	3.60	3.60	3.60	3.60	2.40	0.48	0.12
합계	1.23	2.46	30.80	30.80	30.80	18.48	18.48	18.48	18.48	12.32	2.46	0.62

- 낚시용 추 및 미끼 등의 환경유해성 조사·분석 연구(해양수산부, 2006)에 따르면 낚시를 허용하면 금지하는 것에 비해 탁도 7.19, 알파클로로필은 9.57배가 높은 것으로 나타남
- 또한 최근 낚시 오염부하량을 저감하고 저수지의 수질개선을 위하여 낚시금지구역 지정 저수지가 증가하고 있으며 실제 경기도 사례의 경우 낚시 금지구역 지정 전·후 수질개선 효과가 있는 것으로 나타남



보통저수지



왕송저수지

자료 : 송미영 외, 경기도 농업용수 수질현황 및 관리방안, 2012.

[그림 7-31] 낚시 금지구역 지정 전·후 수질변화

- 그러나 예당저수지의 경우 당장 낚시 금지구역을 지정하는 등의 문제는 지역성, 향토성, 현실성, 경제성 등을 고려해보았을 때 대책으로 제안하기에는 무리가 있어 보이며 차안으로 낚시 좌대비용 인상(인상 비용을 수질개선기금으로 사용), 낚시 좌대수 감소방안, 낚시금지 기간 설정, 낚시 제한구역 설정 등 각종 제도 개선 및 실천형 방안을 고려할 필요가 있음
 - 내수면 어업계, 한국농어촌공사 등과 협약추진 및 조례 검토, 친환경 떡밥 사용 권고, 주변 환경보전 실천운동 진행 등 협의 후 각종 저감 및 개선방안 추진이 필요함
- 특히 어분 계열의 떡밥이 어류에 섭취되지 않고 퇴적층에 가라앉을 때 COD 증가 가능성이 상대적으로 큰 것으로 나타났으며, 총질소, 총인 등 영양염류에 있어서도 어분의 용출량 및 전환율이 높은 것으로 나타남. 따라서 어분 계열의 떡밥 사용 관리는 저수지 수질관리에 고려사항이 될 수 있음

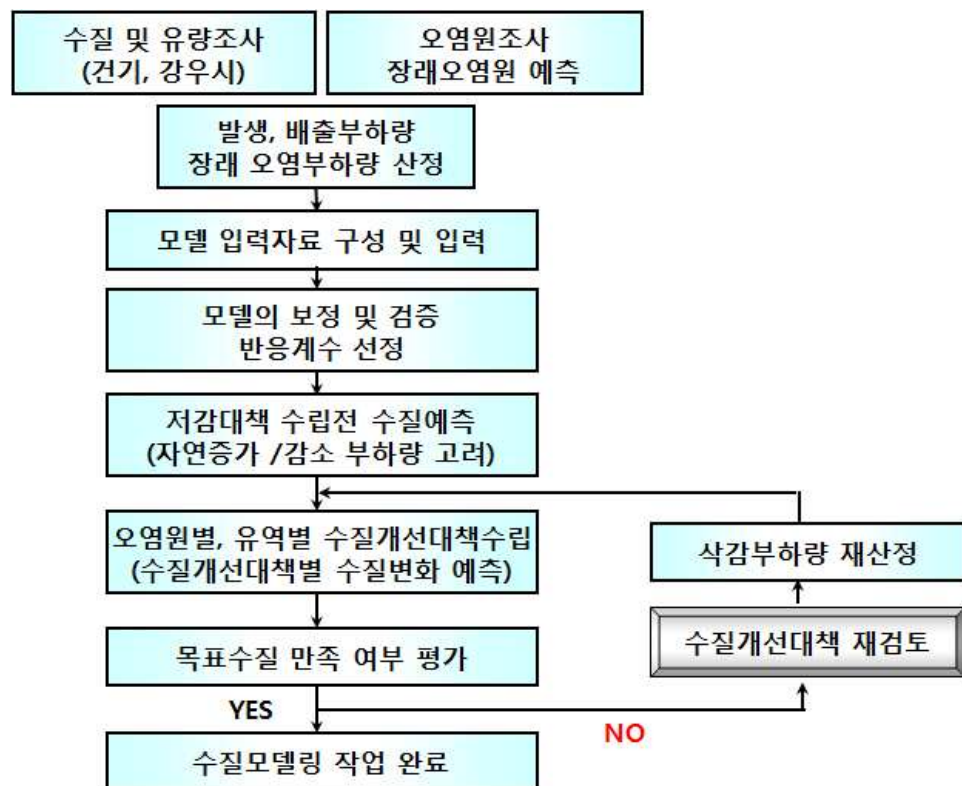
(2) 향후 호내 퇴적오염물 준설 검토

- 호내 퇴적오니층의 형성은 지속적인 오염물의 호내 퇴적, 강우시 오염물질 과다 유입, 낚시이용으로 인한 각종 오염부하 증가 등으로 기인함
- 예당저수지 퇴적오염물 조사 결과 호내 유입부에서 유출부로 갈수록 퇴적현상이 심화되는 것으로 나타남
 - 대부분 항목의 경우 퇴적오니 제거기준 이하이나 T-N 부하량(상류 1,191mg/kg, 하류 1,458mg/kg)의 경우 팔당호 퇴적오니 제거기준(1,100mg/kg이상)을 초과, 강열감량(상류 13.6%, 하류 14.9%)의 경우 팔당호, 한강하류 대청호 기준(7~10%)을 초과
- 예당저수지 퇴적물 조사결과 및 각종 여건을 고려해 볼 때 단기적으로 준설의 시급성은 떨어지는 것으로 판단되나 향후 중장기적으로 오염도가 높은 유출부를 중심으로 오니 중점퇴적유역을 대상으로 퇴적오염물 준설 여부를 판단할 필요가 있음(진행 시 일부 구역만 진행 고려 가능, 퇴적물 모니터링 필요)
 - 퇴적오니 준설 비용: 1m³당 9,000원(4대강 사업 준설비 기준)

4. 주요 수질저감대책에 따른 수질변화 예측

1) 수질저감대책 효과 평가

- 효과적인 호소의 수질관리를 위해서는 우선적으로 호소 수질에 영향을 미치는 오염부하의 기여율을 분석하고 가장 큰 영향을 미치는 인자부터 차례로 저감하는 대책을 수립하여 진행하여야 함
- 이때 선정된 수질저감대책의 직접적인 수질개선 효과를 평가하고 정책적인 목표수질 만족여부를 합리적으로 판단하여 수질저감대책의 수정이 필요함
- 따라서 예당저수지 수질모델을 구축하고 예당저수지의 수질개선을 위하여 수립된 각 사업별 수질개선 효과를 정량적으로 평가하였으며, 수질모델을 이용한 수질개선 대책 평가의 개요를 다음 그림에 나타내었음



[그림 7-32] 모델을 이용한 수질개선대책 효과 평가 개요

2) 시나리오 구성

- 기존에 계획된 삭감계획(마을단위 공공하수처리시설 설치)만으로는 2020년 관리 목표수질을 달성하기 어려우므로 추가적으로 금회 계획된 저감대책을 적용하였을 경우에 대하여 수질변화 예측을 실시함
 - 보정된 모델을 이용하여 시나리오별 수질변화 예측 실시
- 2020년을 기준으로 낚시 오염원 저감, 공공하수처리시설 추가 설치, 인공습지 조성, 축산대책(가축분뇨 공공처리시설 증설) 등의 저감대책 적용에 따른 수질변화 예측을 실시함
- 장래 수질모의 시 저감대책별 모의 시나리오를 구성하였으며, 이를 다음 그림에 나타내었음
 - 기존 저감대책은 2020년의 자연적인 오염원 증감 및 개발, 삭감을 모두 고려
 - 축산대책1은 축산계 중점관리 구역인 5개 유역을 중심으로 우선적으로 가축분뇨 공공처리시설 이송처리 실시를 의미하여, 축산대책2는 해당저수지 유역내 예산군 전체 소유역에 대한 가축분뇨 공공처리시설 이송처리 실시를 가정함



[그림 7-33] 수질개선방안 검증 모의 시나리오

3) 수질변화 예측 결과

- 공공하수처리시설 추가 설치, 낚시 오염원 저감, 가축분뇨 공공처리시설 증설 및 인공습지 설치 등의 저감대책으로 수질농도가 감소하였으며, 특히 유역오염원 중 큰 영향을 차지하고 있는 축산대책 적용 시 수질농도 감소가 가장 큰 것으로 모의되었음
 - 비점오염원 저감대책으로 여름철 농도 감소가 크게 나타남
- 그러나 단일 대책만으로는 목표수질을 달성할 수 없는 것으로 나타났으며, 축산대책과 인공습지, 공공하수 처리시설 추가 설치를 병행하여 실시하였을 경우 연평균 농도 3등급(COD 5.0mg/L이하)을 달성하는 것으로 예측되었음
 - COD의 경우 시나리오 7, 8에서 연평균 농도 III등급(COD 5.0mg/L 이하) 만족

<표 7-18> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과

구분	COD(mg/L)							
	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5	시나리오6	시나리오7	시나리오8
1월	4.10	4.10	3.83	3.96	3.65	3.58	3.42	3.27
2월	4.04	4.04	3.80	3.92	3.60	3.54	3.36	3.23
3월	4.09	4.08	3.88	3.98	3.64	3.59	3.37	3.26
4월	4.02	4.01	3.86	3.93	3.56	3.51	3.28	3.20
5월	4.13	4.07	4.03	4.01	3.61	3.54	3.29	3.33
6월	6.47	6.34	6.41	6.25	5.65	5.53	5.17	5.35
7월	8.63	8.52	8.58	8.25	7.37	7.17	6.68	7.05
8월	7.29	7.21	7.24	6.92	6.12	5.94	5.57	5.86
9월	5.82	5.81	5.71	5.53	4.87	4.72	4.46	4.61
10월	7.85	7.84	7.71	7.59	6.93	6.80	6.55	6.64
11월	8.60	8.60	8.46	8.37	7.74	7.61	7.38	7.44
12월	7.85	7.85	7.73	7.65	7.09	6.98	6.76	6.82
연평균	6.08	6.04	5.94	5.86	5.32	5.21	4.94	5.00

<표 7-19> 저감대책 적용 시 해당저수지내 월별 수질예측 결과-계속

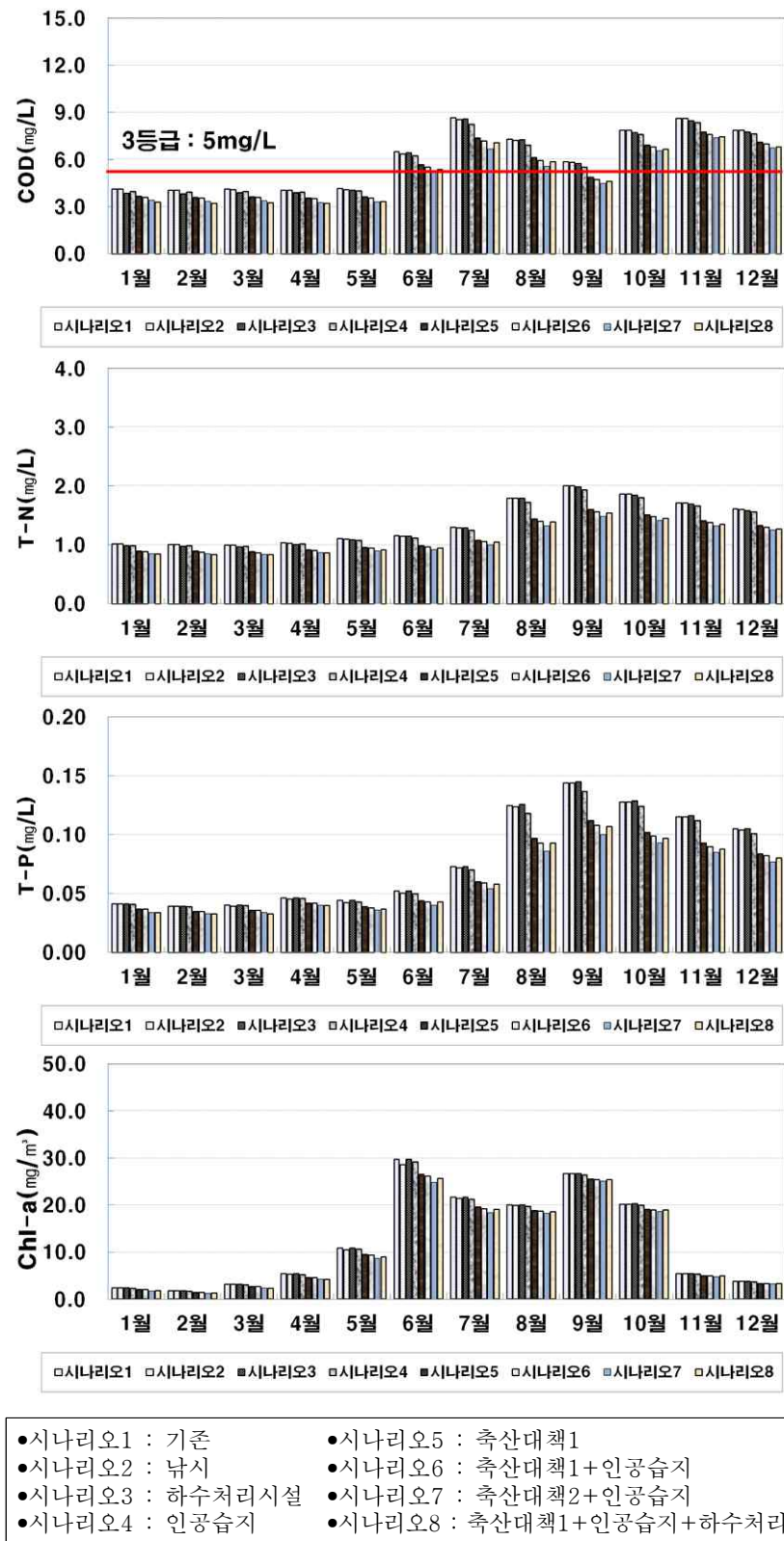
구분	T-N(mg/L)							
	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5	시나리오6	시나리오7	시나리오8
1월	1.009	1.009	0.978	0.990	0.897	0.883	0.852	0.844
2월	1.001	1.000	0.971	0.983	0.890	0.876	0.845	0.837
3월	0.992	0.989	0.963	0.974	0.882	0.869	0.838	0.830
4월	1.032	1.027	1.004	1.013	0.917	0.904	0.874	0.868
5월	1.106	1.096	1.085	1.076	0.957	0.940	0.900	0.914
6월	1.157	1.146	1.144	1.120	0.983	0.963	0.915	0.946
7월	1.294	1.289	1.287	1.249	1.080	1.057	1.001	1.048
8월	1.793	1.790	1.786	1.723	1.435	1.402	1.324	1.392
9월	2.003	2.001	1.986	1.929	1.601	1.565	1.485	1.544
10월	1.863	1.862	1.841	1.803	1.513	1.482	1.415	1.453
11월	1.711	1.709	1.687	1.660	1.406	1.380	1.322	1.349
12월	1.603	1.601	1.579	1.557	1.326	1.302	1.248	1.272
연평균	1.380	1.377	1.359	1.340	1.157	1.135	1.085	1.108

<표 7-20> 저감대책 적용 시 해당저수지내 월별 수질예측 결과-계속

구분	T-P(mg/L)							
	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5	시나리오6	시나리오7	시나리오8
1월	0.041	0.041	0.041	0.041	0.037	0.037	0.034	0.034
2월	0.039	0.039	0.039	0.039	0.035	0.035	0.033	0.033
3월	0.040	0.039	0.040	0.040	0.036	0.036	0.034	0.033
4월	0.046	0.045	0.046	0.046	0.042	0.042	0.040	0.040
5월	0.044	0.042	0.044	0.043	0.039	0.038	0.036	0.037
6월	0.052	0.050	0.052	0.050	0.044	0.043	0.040	0.043
7월	0.073	0.072	0.073	0.070	0.060	0.059	0.054	0.058
8월	0.125	0.124	0.126	0.118	0.097	0.093	0.086	0.093
9월	0.144	0.144	0.145	0.137	0.112	0.108	0.100	0.107
10월	0.128	0.128	0.129	0.124	0.102	0.099	0.093	0.097
11월	0.115	0.115	0.116	0.112	0.093	0.090	0.085	0.088
12월	0.105	0.104	0.105	0.101	0.084	0.082	0.077	0.080
연평균	0.079	0.079	0.080	0.077	0.065	0.064	0.059	0.062

<표 7-21> 저감대책 적용 시 예당저수지내 월별 수질예측 결과-계속

구분	Chl-a(mg/m ³)							
	시나리오1	시나리오2	시나리오3	시나리오4	시나리오5	시나리오6	시나리오7	시나리오8
1월	2.30	2.30	2.30	2.30	2.05	2.05	1.81	1.81
2월	1.67	1.67	1.67	1.67	1.45	1.45	1.26	1.26
3월	3.12	3.09	3.12	3.12	2.67	2.66	2.34	2.34
4월	5.30	5.21	5.30	5.28	4.64	4.62	4.23	4.25
5월	10.81	10.42	10.81	10.65	9.45	9.33	8.71	8.96
6월	29.73	28.60	29.73	29.18	26.57	26.20	24.80	25.67
7월	21.66	21.35	21.67	21.21	19.56	19.25	18.37	19.11
8월	19.93	19.80	19.95	19.72	18.82	18.66	18.26	18.62
9월	26.62	26.60	26.64	26.44	25.59	25.45	25.13	25.40
10월	20.15	20.14	20.17	20.00	19.15	19.01	18.69	18.92
11월	5.35	5.35	5.36	5.31	5.00	4.95	4.84	4.91
12월	3.70	3.69	3.71	3.66	3.36	3.31	3.21	3.27
연평균	12.53	12.35	12.54	12.38	11.53	11.41	10.97	11.21



[그림 7-34] 저감대책 적용시 예상저수지 월별 수질예측 결과

시나리오1 시나리오2 시나리오3 시나리오4 시나리오5 시나리오6 시나리오7 시나리오8

시나리오1 시나리오2 시나리오3 시나리오4 시나리오5 시나리오6 시나리오7 시나리오8

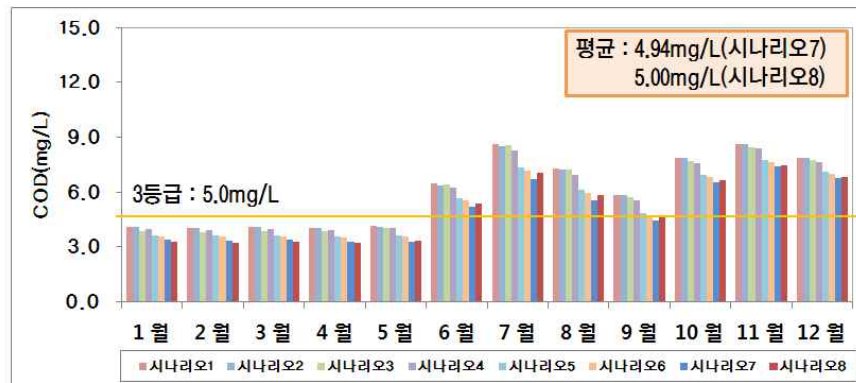
시나리오1 시나리오2 시나리오3 시나리오4 시나리오5 시나리오6 시나리오7 시나리오8

시나리오1 시나리오2 시나리오3 시나리오4 시나리오5 시나리오6 시나리오7 시나리오8

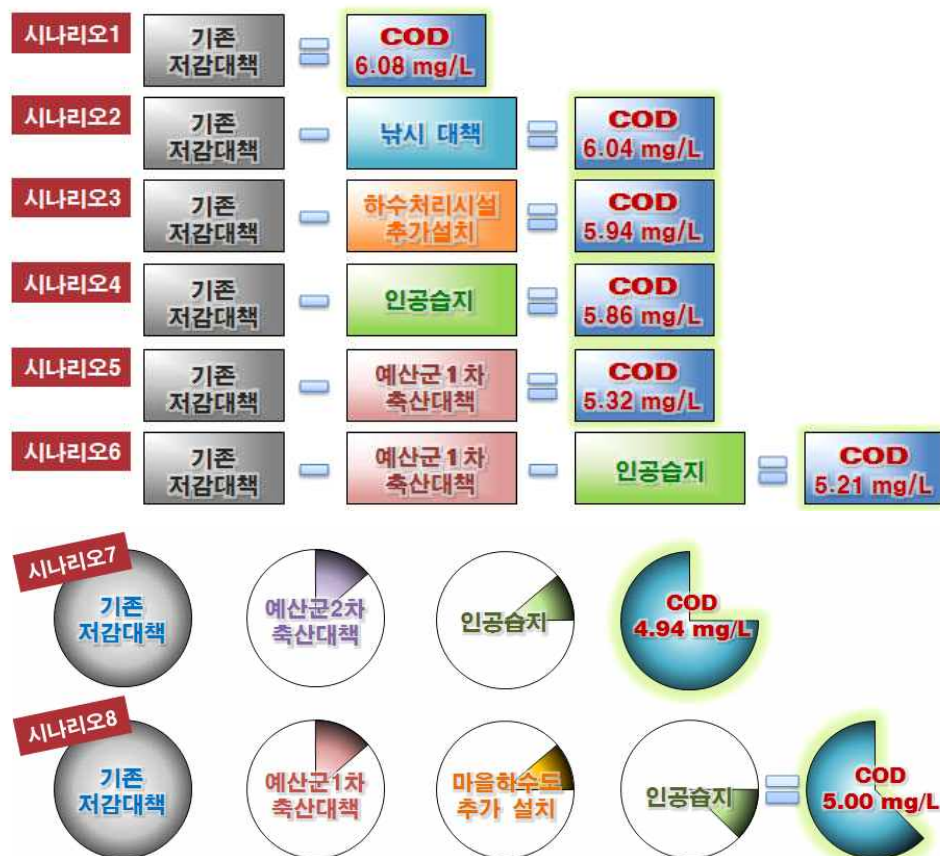
- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> •시나리오1 : 기존 •시나리오2 : 낚시 •시나리오3 : 하수처리시설 •시나리오4 : 인공습지 | <ul style="list-style-type: none"> •시나리오5 : 축산대책1 •시나리오6 : 축산대책1+인공습지 •시나리오7 : 축산대책2+인공습지 •시나리오8 : 축산대책1+인공습지+하수처리시설 |
|--|--|

[그림 7-35] 저감대책 적용시 예당저수지 연평균 수질예측 결과

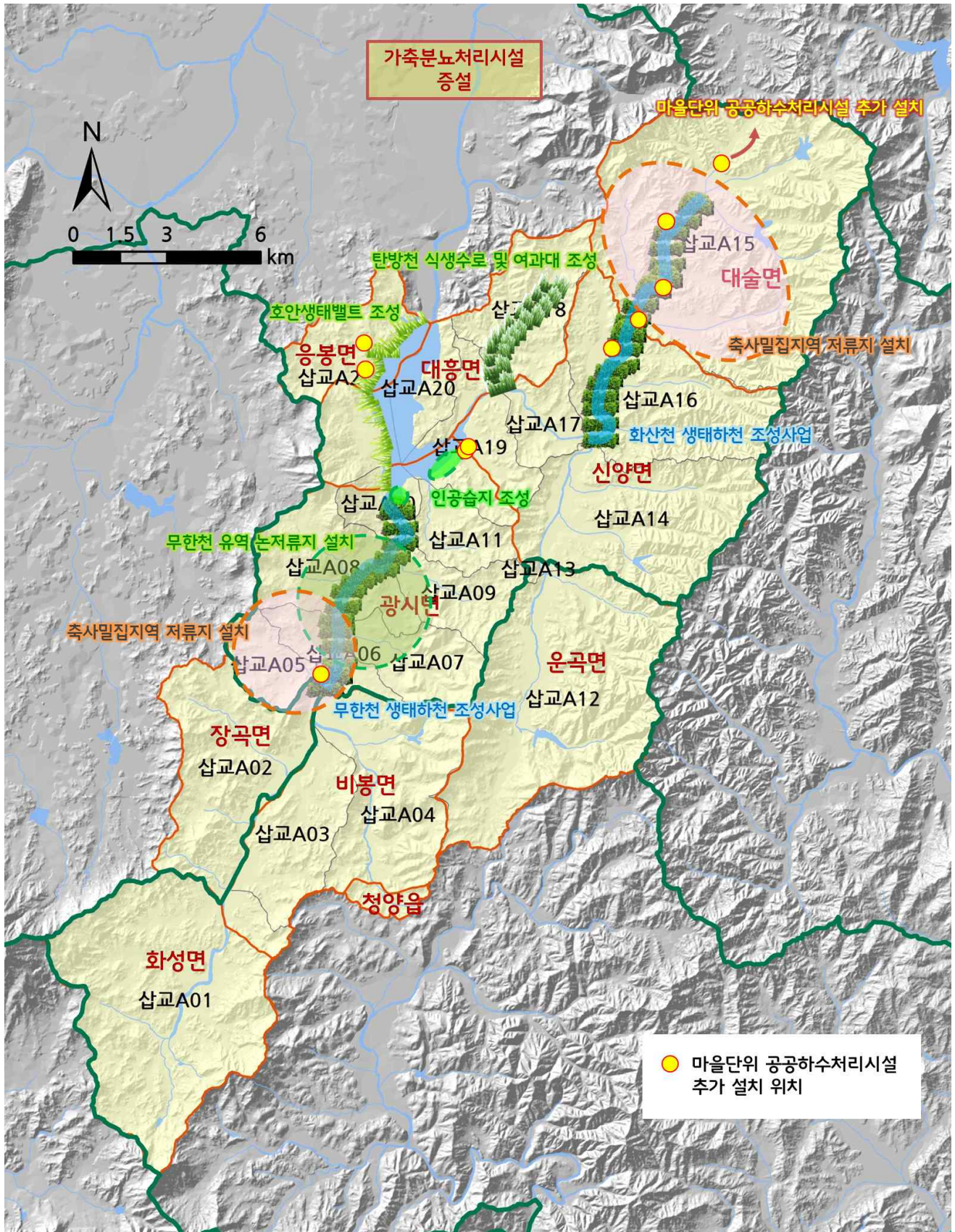
- COD 기준 시나리오별 수질예측 농도를 요약하면 아래 그림과 같으며 각각의 점, 비점 오염물질 저감대책을 병행하여 실시하였을 때 3등급 달성이 가능한 것으로 예측됨
 - 향후 저류지 설치, 생태하천 조성, 생태둑벽 설치, 식생수로 및 여과대 조성, 호안 생태벨트 조성 등 기타 유역대책 및 호내대책을 병행하여 실시한다면 수질개선 효과가 더 클 것으로 판단되며 유역내 생태계 회복에도 기여할 것으로 판단됨



[그림 7-36] 시나리오별 예당저수지 월별 수질 변화 예측 농도



[그림 7-37] 시나리오별 예당저수지 연평균 수질 예측 농도



제8장 중장기적 유역관리 로드맵

1. 예당호 수질개선 과제 및 추진 방향

1) 예당호 수질개선 과제

- 예당호의 기능 및 수변지역의 보전과 이용에 대한 다양한 시각들의 조율이 필요함
- 수질저감시설 신설·개선·확충 등의 사업을 모두 동원하더라도 2급수 달성은 불가능하며 3급수 달성도 쉽지 않은 상황임
- 가축분뇨공공처리시설 등 수질저감 시설들의 효과적인 운영을 위해서는 주민, 기업, 농민들의 적극적인 참여가 필요함
- 이해당사자들이 반대할 경우 축산업, 낚시, 식당 등 예당호 수질오염원에 대한 행위 제한 등의 제도 도입이나 시행이 어렵다는 점에서 관련 이해당사자들의 자발적이고 자율적인 참여가 필요함
- 예당호가 농업용수 수질기준을 만족시키는 동안에는 환경부나 한국농어촌공사 등의 저수지 수질개선사업에서 우선순위가 아니며 이에 따라 수질개선 사업의 예산 확보가 어려움
- 예당호 수질개선을 위해서는 상류 지자체(청양군, 홍성군)의 협조가 필수적이지만 협력의 동기를 이끌어내기가 어려움

2) 예당호 수질개선 추진 방향

- 상·하류 지자체를 포함하는 예당호 전체 수역에 대한 수질개선 100년 계획을 작성하고 이를 토대로 예산 확보 등을 추진함(천천히 꾸준하게!)
- 오염부하량 등을 고려하여 저감 효과가 큰 수질개선 사업들을 우선적으로 추진함(중앙정부 및 충남도의 수질개선 관련 사업들과 연계하여 예산 확보 필요)
- 분야별로 흩어져 있는 수질개선 관련 사업 및 예산들을 통합적으로 집행하고 예산군민들의 참여를 유도하기 위한 중간지원조직을 구성함
- 예당호 수질개선을 위한 비전, 전략, 사업에 대한 합의를 바탕으로 한 협의체를 상설화하고 활성화함

- 예당호 기금을 조성하여 교육·홍보·모니터링·연구·조사 등 소프트한 활동들에 투자함
- 예당호 수질개선사업이나 주민지원사업 등에 충남도, 중앙정부, 관계기관 등의 지원과 협조를 이끌어낼 수 있도록 기존 제도들의 개선을 건의함

3) 예당호 중장기 유역관리 추진 체계

- 예당호 전 유역을 에코뮤지엄(지붕없는 박물관, 지역 통째로 박물관)으로 만든다는 비전 아래 추진기반 조성(100년 계획, 예당호 조례, 예당호 기금), 추진체계 구축(예당호 네트워크, 수질개선협의체, 중간지원조직), 추진사업(수질개선 사업, 조사·모니터링, 생태공간 조성, 환경교육 및 실천, 경제사업, 제도개선 연구·건의)을 제시하였음
- 본 계획의 목표연도인 2020년에 국한되는 것이 아니라 보다 장기적인 시각에서 제도 개선과 더불어 꾸준히 추진할 필요가 있음



[그림 8-1] 비전 및 추진체계

2. 추진 기반 조성

1) 예당호 수질개선 100년 계획 수립

(1) 개요

- 저수지 수질개선은 단기적으로 해결하기 어렵다는 점에서 느리지만 꾸준히 실천하는 것이 바람직함
- 때문에 100년 앞을 내다보는 큰 비전을 설정하고 이러한 비전 아래 시설 확충, 제도 개선, 역량 증진 사업들을 제시할 필요성이 있음
- 예당호의 생태문화 유산에 새로운 가치를 부여하고 예당호 유역의 수질개선과 지역발전에 대한 비전을 공유하고자 함
- 예당호의 수질개선을 위해 해야 할 일과 하지 않아야 할 일, 주민이 주도할 일과 행정이 주도할 일 등을 목록화하고, 이러한 수질개선 사업들을 예당호 유역의 환경복지 및 지역발전과 연계하는 계획임
- 행정과 전문가가 중심이 된 하향식 방식이 아니라 소유역 주민들이 주도하는 상향식 방식으로 계획을 수립함으로써 계획의 정당성과 실행력을 높임

(2) 추진방법

- 기본적으로 마을 또는 읍면 단위의 장기발전계획을 수립하고, 이러한 계획 안에 예당호 수질개선 관련 계획을 포함하는 방식으로 추진할 수 있음
- 마을 단위 또는 읍면 단위의 계획이 아니라 소유역별·하천별로 수질 개선 및 지역발전 계획을 작성하는 방식도 가능함
- 여러 마을 또는 읍면에 걸쳐 있는 하천의 경우 관련된 이해당사자들이 최대한 모두 참여할 수 있도록 사전에 충분한 홍보와 준비가 필요함
- 마을이나 읍면 단위 또는 소유역 단위의 수질개선 및 지역발전 계획 작성을 지원하기 위해 중간지원조직 기능을 수행하는 조직을 만·관 합동으로 구성할 필요가 있음
 - 조사·모니터링 자료 제공, 타 지역 사례 견학, 수질개선 계획 컨설팅 등의 지원
 - 전문가가 예당호나 주변 마을에 상주하면서 홍보, 교육, 비전구상, 조직구성 등을 도와줄 수 있는 레지던시 프로그램 도입 검토

- 100년 계획에서는 100년을 내다보는 비전을 제시하고 이를 위해 달성해야할 목표를 쉽게 표현하도록 하며, 소유역·하천의 특성을 반영하여 멸종위기종, 고유종, 지표종 등 자연 유산이나 역사, 유물, 전통 등 문화 유산을 활용하기 위한 사업을 계획에 포함하도록 함
- 이후 지역개발 사업이나 여타 사업에서는 이렇게 작성된 100년 계획의 비전과 사업들을 존중하고 반영하도록 조례에서 규정할 필요가 있음

(3) 사례

가. 비와호 비전

- 비와호는 일본 최대의 호수로 면적이 638km²에 달하며, 비와호 전체 유역 주민 1,400만명이 15년간 상수원으로 사용할 수 있는 규모의 물을 저장하고 있음
- 비와호의 수원은 하류지역의 오사카, 교토, 고베, 효고현 등의 중요한 상수원으로 사용되어 왔는데 비와호 유역 인구 증가, 도시화 등으로 수질오염이 심각해져 문제가 됨
- 일본정부는 호수의 수질보전과 지역개발의 양 측면을 고려하기 위하여 비와호 종합개발 특별조치법을 제정하고 비와호 종합개발계획(1971-1991)을 수립한 바 있음
- 시가현은 2000년에 비와호의 오염을 줄이기 위해 비와호종합보전계획인 'Mother Lake 21'을 세우고 행정, 기업, 주민이 하나가 되어 '비와호와 사람의 공존'을 목표로 수질개선 사업을 추진함
- 수질이 개선된 비와호의 봄, 여름, 가을, 겨울의 특징을 비전으로 제시하고, 1950년대 수준의 수질 개선을 2050년까지 달성해야 할 목표로 제시하였음

<표 8-1> 비와호 비전(A Vision for Lake Biwa)

호수가에 서면, 아래로 내려가 비와호의 맑은 물을 두 손에 떠서 목을 축여볼 수 있다.

봄에는 모샘치나 잉어와 같은 비와호의 토종 물고기들이 버드나무, 갈대, 강가와 수로에 알을 낳는 모습을 볼 수 있고, 산 주변지역에서는 상록수 사이에서 솟아나는 생생하게 맑은 푸르고 노란 어린 잎들을 볼 수 있다.

여름에는 신록의 깊은 산에서 물가로 산들바람이 불어온다. 비와호의 공원에서 사람들은 고운 모래와 지천에 널린 토종 민물 조개를 발로 느끼며 물놀이를 한다.

가을에는 비와호의 토종 송어가 붉게 변해 물 길을 따라 산 속 깊은 곳까지 올라와 우거진 숲을 가로지르는 풍부하고 깨끗한 도랑에 알을 낳는다.

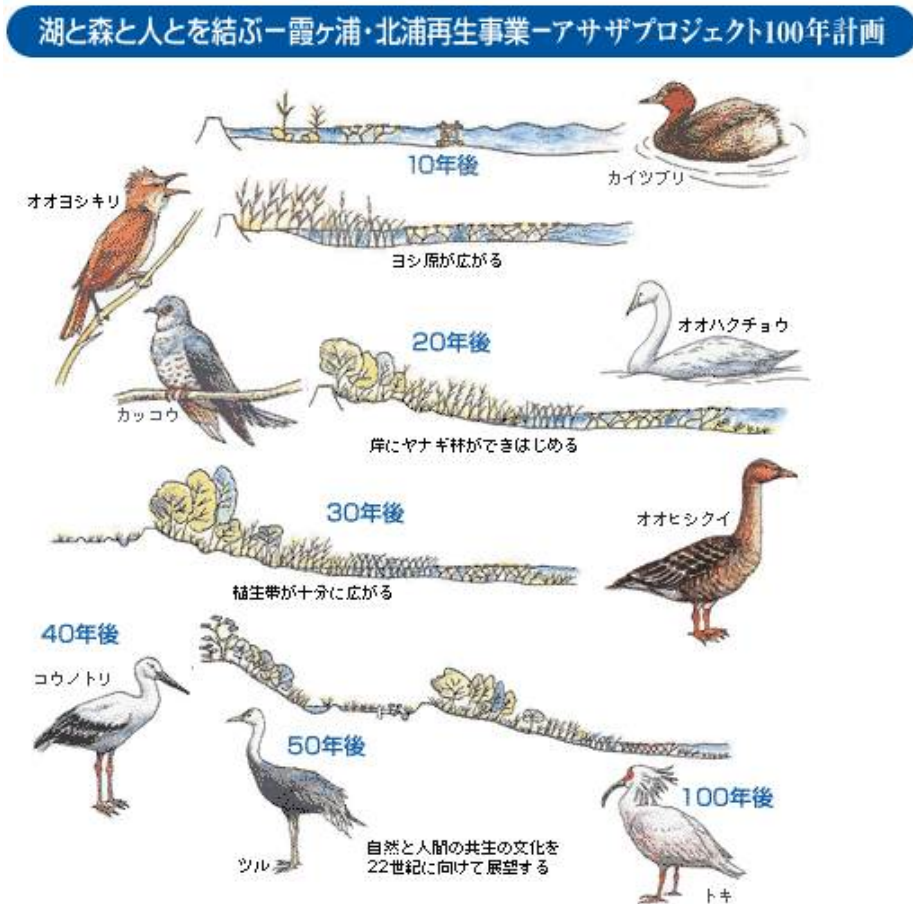
겨울에는 야생 오리들이 호수를 노닐며 왜가리들이 먹이를 잡고, 어부들이 전통 그물을 이용해 낚시를 하며, 농부들이 호수를 따라 논을 일군다.

<표 8-2> 비와호 종합보전계획(2000)

목표	1단계(~2010년)	2단계(~2020년)	3단계(~2050년)
수질	1980년대 말 수준의 유량 확보	1980년대 말 수준의 수질	1950년대 수준의 수질
우수침투능력	강우침투 핵심지역 보호	숲과 농장의 강우침투 능력 개선 및 자연물순환 활용	자연물순환의 완전한 이용
자연환경과 경관	비오톱 연결을 위한 핵심지점 보호	비오톱 네트워크 수립	비와호의 독특한 경관과 자연생태계 형성

나. 아사자프로젝트

- 일본 제2의 호수인 가스미가우라호의 아사자프로젝트는 호수에 새들이 돌아오는 것을 100년 계획의 비전 및 목표로 제시(40년 후 황새, 50년 후 두루미, 100년 후 따오기 등)



[그림 8-2] 아사자프로젝트의 100년 계획

- 이러한 100년 계획의 비전과 목표를 달성하기 위해 호수 내 수질개선 및 복원 사업, 수원지의 논습지 및 삼림 보전 사업, 유역 단위의 환경교육 및 지역발전 연계 사업, 기타 국제 교류 및 정책 제언 등의 활동을 추진함
- 호수 내 수질개선 사업에 국한되지 않고 생물다양성 복원, 상류 논습지 및 삼림 보전, 다양한 계층의 참여 독려, 전통과 문화의 활용 등 다양한 활동을 전개하고 있음

<표 8-3> 아사자프로젝트 주요 활동

분야	세부 프로젝트
호수 내 보전 사업	<ul style="list-style-type: none"> - 수변지역의 자연 재생 - 사람과 호수를 연결(아사자의 양부모 제도) - 호수와 숲을 연결 - 바다와 호수를 연결 - 생물 다양성 보전 - 컴백 장어 프로젝트
수원지 보전 사업	<ul style="list-style-type: none"> - 상류 논습지 재생 · 보전 - 삼림 보전
유역 단위 사업	<ul style="list-style-type: none"> - 학교 비오톱 네트워크 - 환경 교육(어린이와 어른 협동의 마을 만들기) - 순환형 사회 형성(바이오매스 타운 구상) - 잠자리 공원 - 세대 간 교류(청취 조사) - 전통 기술의 진흥
기타 활동	<ul style="list-style-type: none"> - 생물의 길 세계 프로젝트 - 정책 제언

2) 예당호 조례(가칭) 제정

(1) 개요

- 현재 중앙정부 및 충청도 차원에서는 저수지 수질개선 사업이 종합적이고 통합적으로 추진되고 있지 않음
- 예산군에서 타 시·군, 타 시·도에 앞서 선제적인 제도를 도입한다는 점에서 보다 안정적인 사업 추진을 위한 예산군 저수지 수질관리 조례(가칭) 및 예당호 조례(가칭) 제정이 필요함
- 이 중 예당호 조례는 수질개선 100년 계획 수립, 기금 조성, 수질개선협의체 구성·운영, 예당호 네트워크 지원, 예당호 수질개선 및 에코뮤지엄 조성을 위한 중간지원조직 구성·운영 등의 내용을 포함해야 함

- 예산군 자체의 조례 제정이 실행력을 담보하기 위해서는 예당호 조례의 주요 내용을 반영하도록 충청남도나 중앙정부의 제도 개선을 건의할 필요가 있으며 예당호 상류지역인 홍성군 및 청양군과 협력할 필요가 있음

(2) 추진방법

- 우선적으로 예당호 수질개선 사업을 적극 추진하기 위한 예산군 차원의 저수지 수질개선 조례(가칭)를 제정함(경기도 조례 참고)
- 이후 예당호를 대상으로 100년 계획, 예당호 기금, 예당호 네트워크, 예당호 수질개선 협의회, 중간지원조직 등 보다 폭넓은 범위의 수질개선 활동을 포함하는 예당호 조례를 제정함(예당호 기금 등의 조성과 관련해서 어떻게 시행이 가능한지에 대한 검토가 필요)
- 예산군의 저수지 수질개선 조례와 예당호 조례의 실행력을 담보하기 위해서는 충청남도 차원에서 저수지 수질개선 계획을 적극적으로 추진하도록 건의하고, 충남도의 저수지 수질개선 조례 등의 제정을 촉구할 필요가 있음
- 예산군 뿐만 아니라 예당호 상류지역의 청양군, 홍성군과 조례 내용을 사전에 협의하여 갈등을 사전에 예방하고 협력을 이끌어낼 필요가 있음

(3) 사례

가. 경기도 중점관리저수지 관리 조례

- 경기도의회는 2012년 경기도 중점관리저수지 관리 조례안(권오진 의원 대표 발의)을 통과
- 이 조례안은 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 따라 중점관리저수지로 지정되는 저수지의 수질개선과 관리에 필요한 사항을 규정
- 주 내용은 도지사가 중점관리저수지의 수질개선과 수질오염 방지를 위한 경기도 중점관리저수지 수질관리계획을 수립하도록 하고, 관리계획에는 중점관리저수지의 수질환경개선과 수질오염방지 대책 등을 포함하도록 규정
- 도지사는 저수지의 오염방지를 위한 환경상태의 조사와 정기적 수질검사, 오염관측망 설치운영 등을 위해 재정지원 등 필요한 대책을 수립해 시행

경기도 중점관리저수지 관리 조례안

(권오진의원 대표발의)

의안 번호	848
----------	-----

발의연월일: 2012년 10월 24일

발 의 자: 권오진·김진경 의원

찬 성 자: 임채호 의원 등 31명

1. 제정이유

- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 중점관리저수지로 지정되는 저수지의 수질개선 및 관리에 필요한 사항을 규정하기 위한 것임

2. 주요내용

- 도지사는 중점관리저수지가 생활용수 및 관광·레저의 기능을 갖추도록 중점관리저수지 수질 관리계획을 수립하여야 함(안 제3조)
- 도지사는 중점관리저수지의 수질을 관리 개선하여야 하며, 수질개선 계획의 추진결과 및 수질오염방지의 활동실적 등을 매년 환경부장관에게 보고하여야 함(안 제4조)
- 도지사는 저수지의 오염방지를 위한 환경상태의 조사, 정기적 수질검사, 오염관측망 설치운영 등 오염방지를 위하여 재정지원 등 필요한 대책을 수립·시행하여야 함(안 제6조)

[그림 8-3] 경기도 중점관리저수지 관리 조례안

3) 예당호 기금(가칭) 조성

(1) 개요

- 예당호 수질개선을 위해 상시적인 조사모니터링, 환경교육과 실천, 경제사업, 제도 개선 방안 연구 등의 제도개선 및 역량증진을 위한 사업을 추진하기 위한 기금을 조성함 (예당호 기금의 조성 방법과 규모, 사용처와 배분 등에 대해서는 추가적인 검토가 필요)
- 오염자 부담의 원칙, 수익자 부담의 원칙 등에 따라 기금의 조성 방법을 선정하되 현재 제도적 틀 내에서 가능한 방법과 제도 개선을 통해 가능한 방법을 모두 검토

- 기금의 용도는 기금의 재원과 규모에 따라 조사모니터링, 환경교육실천, 제도 개선방안 연구 등 소규모 사업에 국한될 수도 있고 경제사업, 수질개선사업, 생태공간조성 사업과 같이 상대적으로 대규모 사업까지 확장될 수도 있음
- 예당호 기금의 관리를 위해 예당호 기금 조례(가칭)를 제정하고 기금 조성 및 활용과 관련된 주요 이해당사자들이 모두 참여하는 기금위원회를 구성할 수 있음

(2) 추진방법

- 예산군 환경보전기금을 조성하고 이에 예당호 기금의 내용을 추가하는 방안을 검토해 볼 수 있음(환경보전기금 사례)
 - 현재 전국 지자체 중 14곳이 환경보전기금을 운용하고 있는데, 악취, 폐기물처리, 대기환경개선 등 지역 환경 현안을 반영한 사업 및 민간단체 지원사업에 주로 이용하고 있음
 - 예산군에서도 안산시와 같이 기금 조성 목표액을 정하고 적립할 것을 예당호 조례 혹은 예당호 기금 조례(가칭)에 이를 명시할 수 있을 것임
- 기관 및 기업의 정기적인 후원, 물이용부담금 유사 제도의 도입, 기부, 충남도 및 예산군의 출연 등 다양한 방법을 통해 예당호 기금을 따로 조성하는 방안(수계관리기금 사례)도 검토해 볼 수 있음
 - 누가 어떻게 기금에 출연할 것인지, 어느 정도 기금 조성이 가능한지, 어떤 제도적 개선이 필요한지 등에 대한 검토가 필요함
- 충남도에서 검토하고 있는 농업보조금 확대개선 방안을 참고하여 농촌의 환경 개선을 위한 활동에 보조금을 지급하는 방식의 제도 개선안을 건의하고 이 중 일부를 기금으로 적립하는 방안도 검토할 수 있음

(3) 사례

가. 환경보전기금 사례

- 환경보전기금은 지방자치단체가 환경보전 및 개선을 위하여 특정 자금을 예산과는 별도로 자체 재원 조달로 조성 및 운용하는 제도임
- 2011년 현재 기초자치단체 중 17곳이 환경보전기금 운용조례를 제정하고 이 가운데 14곳이 실질적으로 운영하고 있음
- 지자체별로 특징적으로 운용하고 있는데, 대전 대덕구의 경우 대덕 산업단지로 인한 악취로 인하여 ‘악취관리지역 환경개선 사업’을 중점으로 하고 있고, 경기도 시흥시의 경우 대규모의 시화국가산업단지로부터 유입되는 대기오염물질로 인하여 ‘시화지구 대

기환경 개선사업'을 명시적으로 규정하고 있으며, 전남 함평군과 영광군은 '폐기물 처리시설 설치 및 재활용 관리'를 명시하고 있음

- 대체로 일반회계출연금, 기금회계수입금, 기타수입금으로 재원이 구성되며 그 외 재원으로 시흥시의 경우 시화국가산업단지를 통해 걷어 들여지는 시화지구개발부담금, 서산시, 여주시, 나주시, 광양시, 담양군, 여주군은 대기·수질관련 배출부과금을 재원으로 하고 있음
- 안산시의 경우 기금총액이 300억원 달성시까지 꾸준히 일정액을 적립할 것을 조례에 명시함으로써 환경보전기금의 장기적인 운영을 위한 방안을 보여줌

<표 8-4> 운영 목적별 조례

구분	목적		
목적	일반목적	환경보전 및 자연환경 개선과 환경관련 사업을 위한 운용목적	
	별도목적 (일반목적 외)	대전 대덕구	악취관리지역 환경개선 사업
		경기 시흥시	시화지구 대기환경 개선 사업
		전남 함평군	폐기물 처리시설 설치 및 재활용 관리
		전남 영광군	폐기물 처리시설 설치 및 재활용 관리

<표 8-5> 재원별 조례

재원	공통재원	• 일반회계 출연금, 기금회계 수입금, 기타 수입금
	별도재원	대전 대덕구 • 악취관리지역 인근 개발 사업자 출연금
		경기 시흥시 • 시화지구 개발부담금
		충남 서산시 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금
		전남 여주시 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금
		전남 나주시 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금 • 수질개선부담금
		전남 광양시 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금 • 환경관련 과태료
		전남 담양군 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금 • 가로수 피해대금 • 재활용품 판매대금 • 수질관리기금
		전남 영암군 • 환경개선부담금 • 대기·수질관련 배출부과금 • 수질개선부담금
		전남 함평군 • 환경관련 부담금 및 교부금 • 쓰레기종량제 봉투 판매대금의 일부
		전남 영광군 • 환경관련 부담금 및 교부금 • 재활용품 판매대금 • 생활폐기물 처리수수료

나. 수계관리기금 사례

- 수계관리기금은 4대강특별법에 의하여 4대강 수계 수질개선 및 상수원관리지역 주민 지원사업 등을 위하여 징수하는 「물이용부담금」 으로 조성되는 각 수계별 자주 재원임
- 수계관리위원회가 관리하는 기금은 4대강수질개선 및 상수원 보호를 위해 긴요한 상류 지역 지방자치단체의 환경기초시설의 설치 및 운영비 지원, 주민지원사업, 수변구역 토지 매수 용도로 쓰임

다. 일본 비와호 관리기금 사례

- 비와호 종합개발계획의 재원은 상류지역 지자체의 상류부담금, 국가보조금 그리고 하류지역 지자체의 하류부담금 등으로 충당함
- 비와호 종합개발법에 의해 제도화된 하류부담금은 수자원보존시 피해지역인 상류지역과 수혜지역인 하류지역간의 재정부담에 형평을 기하기 위해 사용됨
- 조성된 기금은 「비와호 관리기금」 을 설치하여 운영되고 있음

<표 8-6> 비와호 관리기금 사업

<ul style="list-style-type: none"> • 하수도정비사업 • 분뇨처리시설 정비사업 • 상수도 정비사업 • 농업용 용·배수시설 정비사업 • 조립사업 • 도시공원 또는 자연공원의 보호 및 이용을 위한 시설정비사업 	<ul style="list-style-type: none"> • 수자원의 보호·배양 및 개발을 위한 사업 • 수산물 유통·가공시설 정비사업 • 어항정비사업, 축산환경정비사업 • 농업집락 배수처리시설 정비사업 • 쓰레기처리시설 정비사업 • 호안 및 호저의 청소사업 • 유지관리비
---	--

3. 추진 조직 구성

1) 예당호 수질개선 협의체 구성 및 활성화

(1) 개요

- 예산군은 예당저수지 수질개선을 위해 홍성군 및 청양군 실무협의회를 개최하는 등 유역 지자체간 공조 체제를 갖추려는 노력을 기울여옴
- 3개 군뿐만 아니라 군의회, 충남도, 한국농촌공사, 금강유역청, 해당 읍면, 주민대표 등이 함께 참여하는 상시적인 협의체를 구성할 필요가 있음

(2) 추진 방법

- 예당호 기금 등이 현실화되기 전까지는 예당호 수질개선 관련 전반적인 내용들을 검토하고 협의하는 기능을 담당하는 행정협의회 형식이 가능할 것임
 - 예당호 100년 계획에 대한 합의가 이루어진다면 100년 계획 작성 및 실행 등을 상시적으로 점검하고 계획 수정에 대한 논의를 담당할 수 있음
 - 또한 가뭄, 홍수, 유해물질 배출 사고 등 예당호의 비상상황에 대응하기 위한 위기대응체계 구축, 예당호 수질관리 협약 등 안정적인 협력이 필요한 사항들에 대한 협의를 진행함
- 예당호 수질개선 관련 기관들이 함께 참여하여 예당호 기금을 조성할 경우 예당호 기금의 조성 및 운용·관리에 대한 협의 및 심의를 주요 기능으로 부여할 수 있음
 - 이 경우 수질개선협의체는 4대강 수계관리위원회의 구성 및 기능 참조하여 예당호 수질개선과 관련된 다양한 기관을 포함하여 구성하며 자문위원회 및 실무를 담당할 사무국을 설치하는 것이 바람직함

<표 8-7> 행정협의회 관계 법령

「지방자치법」

제152조 (행정협회의의 구성) ① 지방자치단체는 2개 이상의 지방자치단체에 관련된 사무의 일부를 공동으로 처리하기 위하여 관계 지방자치단체 간의 행정협의회(이하 "협의회"라 한다)를 구성할 수 있다. 이 경우 지방자치단체의 장은 시·도가 구성원이면 행정안전부장관과 관계 중앙행정기관의 장에게, 시·군 또는 자치구가 구성원이면 시·도지사에게 이를 보고하여야 한다. <개정 2008.2.29>

② 지방자치단체는 협의회를 구성하려면 관계 지방자치단체 간의 협의에 따라 규약을 정하여 관계 지방의회의 의결을 각각 거친 다음 고시하여야 한다.

③ 행정안전부장관이나 시·도지사는 공익상 필요하면 관계 지방자치단체에 대하여 협의회를 구성하도록 권고할 수 있다. <개정 2008.2.29>

제158조 (협의회의의 규약변경 및 폐지) 지방자치단체가 협의회의의 규약을 변경하거나 협의회를 없애려는 경우에는 제152조제1항과 제2항을 준용한다.

(3) 사례

가. 기흥호수 수질개선협의회

- 경기도 오산, 화성, 평택, 용인 등 4개 지자체단과 지역 국회의원이 참여하고 있음
- 공동협의체를 통해 기흥호수 수질개선과 오산천 생태환경 조성사업, 오염원 제거에 필요한 국도비 확보에 초점을 맞추고 있음

나. 안양천수질개선대책협의회

- 안양천 유역에 자리 잡은 서울 남서 지역과 경기도의 자치단체들이 환경오염 대응체제 및 환경보전을 위하여 1999년에 구성함
- 서울특별시 양천구청장·강서구청장·구로구청장·금천구청장·영등포구청장·동작구청장·관악구청장과 경기도 안양시장·부천시장·광명시장·군포시장·시흥시장·의왕시장을 위원으로 협의회를 구성함
- 협의회는 수질개선을 위한 공동사업 추진, 수질생태계 조사 등 공동연구, 하상 퇴적물 준설, 안양천 살리기 지역주민 참여 프로그램 운영추진, 기타 협의회가 지역환경보전을 위하여 필요하다고 인정하는 사항에 관해 협의를 진행하고 있음



[그림 8-4] 안양천수질개선대책협의회



[그림 8-5] 안양천

2) 예당호 네트워크 구성

(1) 개요

- 예당호 수질개선협의회가 행정이 중심이 되고 의사결정과 관련된 기능을 주로 맡는 반면, 예당호 네트워크는 주민, 농어민, 상인, 기업, 학생 등 민간이 주도하고 수질개선 교육 및 실천과 관련된 기능을 주로 맡는 조직이라 할 수 있음

(2) 추진 방법

- 예당호 상하류 하천마다 주민이 주도하는 하천네트워크를 구성하고 이를 연계하여 예당호 네트워크를 구성하는 방안을 검토할 수 있음(고양시 하천네트워크 참고)
- 최근 충남도에서 추진하고 있는 도랑살리기 운동과 연계하여 예당호 유역 내 도랑 및 실개천 수준의 활동들을 네트워킹하는 방안도 가능함
- 예당호 네트워크를 적극적으로 육성하고자 할 경우 권역별 또는 하천별 실무자 인건비나 활동비를 일정액 지원함으로써 활동의 지속성 도모할 수 있음(예당호 기금이나 충남도 지원금을 활용)
- 예당호 네트워크는 수질정화활동, 환경교육, EM활용, 수질감시단 등 직접적인 수질개선 활동을 통해 예당호 및 유역 내 하천들에 대한 관심 고취하고 네트워크 회원들의 공동 활동 및 교류를 지원함으로써 민간의 수질개선 역량을 키우게 될 것임

(3) 사례

가. 고양시 하천네트워크

- 일산 신도시 개발로 인한 도시화와 산업화로 인해 하천수질 악화와 하천생태계 파괴가 급속히 진행되자 2007년 시민들이 직접 참여하여 고양하천네트워크를 결성하였음
- 고양시 생태하천과 담당자와 하천네트워크 팀장이 실무를 담당하고 80개 단체 18,591명의 회원들이 참여하고 있음
- 초기에는 행정의 역할이 강조되었으나 최근 민간의 보다 적극적인 역할이 강조되고 있음
- 유역 내 축산업자 및 쌀뜨물 발생 업체와 MOU를 체결하여 EM발효액 및 EM흙공을 제작하고 수질개선 및 악취제거에 활용함으로써 하천네트워크 참여 폭을 넓히고 있음



[그림 8-6] 고양시 하천네트워크 [그림 8-7] 고양시 농가 EM 교육

3) 예당호 수질개선 추진을 위한 중간지원조직 구성

(1) 개요

- 최근 마을만들기, 사회적경제, 도시재생 등 여러 영역에서 중간지원조직이 구성되어 행정의 부서별 칸막이에서 시행할 수 없는 통합적인 사업을 추진하고 민간단체들의 활동을 고취하는 역할을 담당하고 있음
- 저수지 수질개선과 관련해서도 행정에서 부서별로 흩어져 있던 호수, 하천, 논, 삼림 등의 사업들을 연결하고 조율함으로써 사업의 효율성 증진하기 위한 중간지원조직 구성이 가능할 것임

- 다른 영역의 중간지원조직과 마찬가지로 유역 전체의 수질개선과 지역발전을 위한 사업들을 통합적으로 추진하고, 주민들의 자율적이고 자발적인 수질개선 활동을 지원할 수 있음
- 안정적인 조직, 예산, 프로그램을 바탕으로 수질개선 사업의 장기적인 지속가능성을 담보할 수 있을 것임

(2) 추진 방법

- 최근 마을만들기, 사회적경제, 도시재생 등의 다양한 분야에서 설립·운영되고 있는 중간지원조직의 사례를 검토하여 중간지원조직의 유형을 설정함
 - 중간지원조직은 예산확보 등의 측면에서 행정이 주도하는 경우도 있고, 민간 차원에서 자체적으로 구성하여 민간 단체들을 서로 지원하는 경우도 있으며(하천활동 분야의 강살리기네트워크 등), 완주군 지역경제순환센터처럼 민관협력에 의해 운영되는 경우도 있음
 - 행정주도형은 안정적인 예산확보라는 장점이 있지만 경직적이며 지나치게 성과 위주로 운영될 수 있다는 단점이 있고, 민간주도형은 자율적이고 창의적인 활동이 가능하지만 예산확보의 어려움이 있으며, 민관협력형은 안정적인 예산확보와 지속성 확보라는 장점이 있지만 행정과 민간의 이해가 상충될 수 있다는 단점이 있음
- 예산군에서는 민간차원의 예당호 네트워크와 행정 차원의 예당호 수질개선협의체를 구성하고 운영한다는 전제 아래 민관협력 방식의 중간지원조직 설립운영이 바람직할 것으로 보임
 - 단순히 행정의 예산과 사업을 민간에 전달하는 중간 통로가 아니라 예당호 수질개선에 대한 명확한 비전과 목표를 달성하기 위해 행정이나 민간영역만으로 수행하기 어려운 과제들을 직접 수행하면서 행정과 민간의 여러 주체들의 협력을 증진하는 역할을 수행할 수 있도록 조직 구성, 예산, 인력, 공간 등이 뒷받침되어야 할 것임
 - 예당호 조례, 예당호 기금 등의 제도적 기반이 갖추어지기 전에는 마을만들기, 사회적경제, 도시재생 등의 영역에서 구성된 중간지원조직에 예당호 수질개선 활동을 담당할 부서를 포함시켜서 운영하는 방법도 고려할 수 있음
- 중간지원조직은 조직 유형과 역량에 따라 본 기본계획에서 제시된 추진사업들 가운데 조사모니터링, 환경교육실천, 경제사업 등 소프트한 사업들을 주된 사업영역으로 할 수도 있고 수질개선사업이나 생태공간조성사업 등 시설사업들을 사업영역으로 포함할 수도 있을 것임

(3) 사례

가. 대청호 보전 운동본부

- 대청호 보전 운동본부는 대청호 유역에 터하고 있는 지역주민, 시민단체, 지방자치단체, 수자원공사, 금강환경관리청 등 제 기관과 단체를 규합하여 대청호 수질개선과 생태계 보전을 위한 공동의 노력을 펼치기 위하여 수질개선과 생태계 보전을 위한 공동의 노력을 펼치기 위하여 2002년에 창립되었으며, 수자원공사의 지원 등을 통해 기금 마련(연간 6억원 정도의 예산)

<표 8-8> 대청호 보전 운동본부 2010년도 예산안
(2010년 1월 1일~2010년 12월 31일)

수 입		지 출	
수자원 공사 기금	450,000,000원	사업비	405,150,000원
행사후원	2,000,000원	운영비	15,000,000원
사업후원	20,000,000원	인건비	91,150,000원
특별후원 수입	3,000,000원	예비비	43,417,024원
기타	119,717,024원	기금적립	40,000,000원
합 계	594,717,024원	합 계	594,717,024원

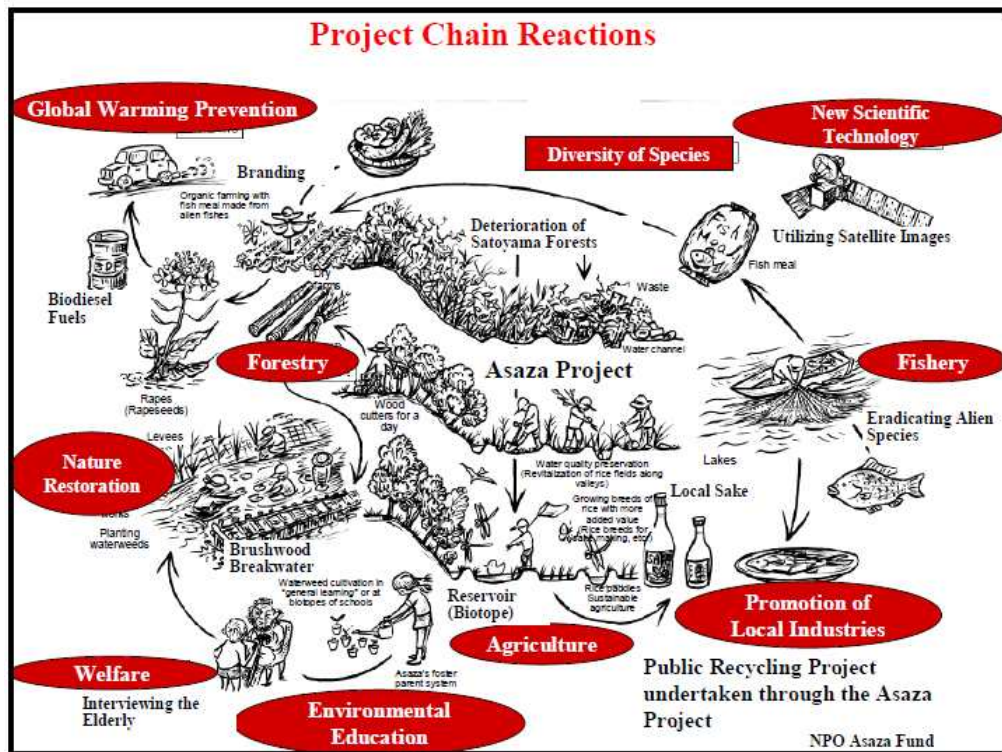
나. 일본 아사자 프로젝트

- 일본 아사자 프로젝트는 일본에서 두 번째로 큰 호수인 가스미가우라(霞ヶ浦, 면적 220km²)를 재생시키기 위하여 호안 식생대(植生帶) 복원사업, 외래종 물고기 채취사업, 유역 수답의 보전 등의 활동을 지역주민, 학교, 기업, 행정과 협동을 통하여 추진, 1995년 설립되어 1998년 NPO 법인으로 인증되었으며, 현재 이사 10명, 고문 1명, 직원 9명으로 구성되어 있고 20만 명 이상이 참여하고 있으며, 현의 위탁사업 및 조성사업, 회비 및 기부금 등으로 기금 마련(6,800만엔 정도의 예산)

<표 8-9> 아사자 기금 2008년도 예산

(2008년 4월~2009년 3월)

수 입		지 출	
회 비	2,000,000엔	위탁사업	20,000,000엔
기 부	2,500,000엔	조성사업	15,000,000엔
위탁사업	20,000,000엔	사무관리	6,200,000엔
조성사업	15,000,000엔	예비비	27,061,317엔
기타수입	1,700,000엔		
이 월 금	27,061,317엔		
합 계	68,261,317엔	합 계	68,261,317엔



[그림 8-8] 아사자 프로젝트

다. 완주군 지역경제순환센터

- 완주군 지역경제순환센터는 농촌과 지역의 당면과제를 풀어나가는 내발적 지역발전을 위한 중간지원조직으로 마을회사 육성, 커뮤니티 비즈니스, 로컬푸드, 도농순환, 공감 문화 등 5개의 지원조직으로 구성

- 마을회사 육성센터 : 마을회사 개념은 참살기좋은마을, 파워빌리지, 두레농장 등 완주군이 그동안 자체사업으로 추진해온 70여개 마을공동체사업을 토대로 '주민 주도의 자립형 마을회사' 100개를 육성하겠다는 전략의 표현이며, 이를 위해 마을사무장, 호민관(행정도우미), 마을닥터(분야별 외부전문인력) 등 주체역량을 대폭 강화하고, 창업보육센터를 운영할 계획
- 로컬푸드지원센터 : 로컬푸드는 밥상 안전을 모토로 농산물 수입개방의 외풍을 이겨내자는 개념이다. '얼굴이 있는 친환경 먹을거리 생산과 책임 있는 소비'를 통해 지역 내 생산자와 소비자 간 소통을 활성화하자는 캠페인
- 도농순환센터 : 도농순환은 마을회사 등 농촌형 사회적 일자리를 만들어 귀농, 귀촌 인력을 적극 유치하고, 공동체마을을 연계한 체험프로그램들을 개발해 도농교류를 활성화한다는 전략 개념
- 공감문화센터 : 공감문화는 용기 제작 등 사장되는 농촌문화자원을 발굴해 상품화하는 공간, 주민들의 칠순잔치나 한여름밤 영화상영이 열리는 공감문화공간, 문화공동체일자리 창출을 목적으로 운영

4. 추진 사업

1) 수질개선

(1) 배경 및 필요성

- 최근 10년간 예당저수지의 환경부 및 한국농어촌공사의 수질측정망 자료를 살펴보면 COD_{Mn} 기준 평균 6.2mg/L(IV등급), T-P 기준 평균 0.100mg/L(IV등급)을 나타내고 있음
 - 특히, 2006년 이후 최근 7년간 데이터를 살펴보면 COD_{Mn} 및 T-P의 농도가 증가추세를 보임
 - 향후 예당저수지의 수질변화를 예상해 보면 최근의 수질증가 추이, 퇴적오니 증가 등에 따른 자연적인 증가추세와 예당저수지의 관광수요 증가, 도청이전 신도시 조성 등 외부여건을 고려해 보았을 때 수질농도의 증가가 예측됨
- COD 장래 공공하수처리시설 신설 등 점오염원 대책을 고려하여 수질변화를 예측했을 때 2020년 기준 6.08mg/L로 예당저수지 관리 목표수질인 III등급을 달성하지 못하는 것으로 나타남
- 따라서 목표수질을 달성하기 위하여 2020년까지 추가적인 수질개선대책 마련이 필요한 것으로 나타남

(2) 세부 프로그램

가. 유역대책

■ 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치

- 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치 예정에도 불구하고 예당저수지 목표수질(III등급)을 달성하기 위해서는 생활계 배출부하량 중점관리 대상유역인 삽교A06, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A19, 삽교A21 유역을 중심으로 단계적으로 처리시설의 확충이 필요함
 - 청양군 관할 중점관리 유역인 삽교A01, 삽교A12유역의 경우 추가 설치 계획에서 제외함
- 중점관리 5개 유역 내 총 10개 시설에 대해 2020년까지 단계적인 확충이 필요함
 - 행정구역상 대술면, 응봉면, 광시면, 신양면 등에 추가 설치가 필요함

■ 가축분뇨 공공처리시설 증설

- 축산계 배출부하량의 경우 오염원별 기여율을 분석했을 때 예당저수지 수질 영향 기여율이 가장 높은 오염원에 해당하므로 이에 대한 적극적인 저감대책이 필요함
 - 현재 축산농가의 액·퇴비 생산량과 처리량에 대한 효율적인 통제가 이루어지지 않고 액·퇴비살포의 허가에 대한 철저한 관리가 이루어지지 않고 있어 수질오염의 원인으로 대두
 - 일반적으로 액비탱크나 퇴비공장의 관리를 통한 수질문제의 해결은 어려운 편이며 가축분뇨공공처리시설의 확충을 통한 사전적 관리가 가장 안전하고 효율적일 수 있음
- 예산 가축분뇨 공공처리시설의 경우 일시에 용량을 증설하는 것보다 축종별 가축사육량 전망, 개별 처리시설 설치 및 관리 현황, 재정여건 파악 등 향후 여건을 고려하여 단계적으로 증설하는 것이 바람직함
- 이에 도출된 축산계 중점관리 유역(삽교A08, 삽교A14, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A21)을 중심으로 2020년까지 가축분뇨 공공처리시설로 우선 이송처리(1단계)하고 향후 예당호 유역 중 예산군 전 지역을 공공처리시설로 이송처리(2단계)하는 것으로 계획함

■ 호내 유입하천 합수부 수질정화 인공습지 조성

- 예당저수지의 경우 비점오염물질 저감 및 호내 오염물질 최종 유입단계에서 정화시스템을 도입하기 위한 수질정화 인공습지 조성이 필요함
 - 인공습지(constructed wetlands)는 자연 상태의 습지가 가지고 있는 처리능력을 인위적으로 도입하여 수처리 목적으로 조성하는 습지
 - 인공습지는 수질개선 뿐만 아니라 야생동물 서식지, 생태공간, 여가선용 장소, 환경교육 공간, 도시녹지 공간으로서 부가적인 효과를 제공
- 인공습지는 무한천과 신양천 말단(하천 및 호 합수부)에 2개소를 설치하는 것으로 계획하였으며 각각 습지처리량은 111,736m³, 135,505m³임

■ 축산농가 밀집지역 저류지 설치

- 축산농가 밀집지역에서는 강우 시 고농도의 유기물 및 영양염류가 처리되지 않고 그대로 하천으로 유출될 뿐만 아니라, 처리된 축산폐수의 경우에도 BOD, SS 농도 150mg/L 이상의 고농도 오염물질이 하천에 배출되는 실정임

- 따라서 축산농가에 의한 비점오염원 저감을 위하여 농가규모별 축사위치도와 연계한 축산시설 밀집지역, 축산부하 생태민감지역을 대상으로 저류지의 설치가 필요함
- 저류지 설치 위치는 하천과 연접한 축산농가 밀집지역을 축산비점오염물질 중점관리 대상구역으로 설정하고 이 유역을 대상으로 하천과 연접한 농경지나 하천변에 우선 설치하는 것이 바람직함
 - 축산폐수는 오염부하가 매우 높은 특성을 갖기 때문에 이전 단계에서 처리되지 않은 채 그대로 습지로 유입할 경우에는 적절한 처리효과를 기대하기 어려우므로, 반드시 축산폐수 전처리시설을 거쳐 습지나 저류지로 유입할 수 있도록 저류지를 조성, 운영하여야 함

■ 화산천 생태하천 조성사업

- 2013년 기준 기 추진중인 화산천 고향의 강 사업과 연계하여 생태공간 조성 및 수생태 복원사업 병행이 필요함
- 비점오염원에 의한 오염저감을 위해 습지 및 저류지 조성, 수질정화 효과가 높은 수변식생식재 등의 고려가 필요함

■ 무한천 생태하천 조성사업

- 기 추진중인 생태하천 조성사업 실시 시 유역의 오염원과 연계한 수질오염 저감시설 추가 설치를 고려할 필요가 있음
- 현재 설계 중인 무한천 생태하천 조성사업 기본 및 실시설계 기본방향 검토 및 무한천 유역 비오톱등급도, 토지이용현황도, 축산분포도, 축산계 배출부하량 분포 등을 고려하여 분석한 결과 시목천 합수부의 수질개선 및 인근 축사 비점오염물질 저감을 위한 습초지형 저류지를 추가로 설치할 필요가 있음
 - 기 계획중인 시목천 우안의 학습원과 연계하여 좌안에 습초지형 저류지를 추가로 설치하여 오염부하 경감 및 교육시 연계 이용 등의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단됨

■ 탄방천 식생수로 및 여과대 조성

- 예당저수지 유역 내 하천별 유달률 산정 결과 탄방천의 경우 20.9%, 강촌천의 경우 19.8%의 높은 유달률을 보임
- 따라서 유달률이 높은 하천의 자정능력 향상 및 오염부하 경감대책(완충지대 형성 등)이 필요한 실정임

- 이를 위해 오염부하 완충효과 증대 및 유달률 감소를 위한 식생수로 및 여과대 설치가 필요함
 - 하천배후습지 보전 및 복원이 필요함. 특히 하천 제외지 수변생태벨트 조성이 우선시 될 필요가 있음
 - 단, 청양군 해당하천인 강촌천의 경우 본 사업에서 제외함
 - 본 사업은 충남도의 도랑살리기 사업과 연계하여 추진이 가능할 것으로 판단됨

■ 무한천 유역 논 저류지(생태둑병) 설치

- 하천변 농경지는 기존의 경작 방식인 관행농법을 그대로 적용함에 따라 홍수시 침수가 되면 여과 없이 그대로 토사와 각종 영양물질, 화학물질이 수계로 들어가게 되어 하천 수질에 더욱 큰 피해를 주게 됨
- 특히 경작시 발생하는 표토의 교란, 추수 후 다음 경작까지의 농지 방치, 토양개량을 위해 비료나 가축배설물 등의 토층상부에 살포, 살충제 살포, 관개용수의 공급 등이 주 오염원이 됨
- 따라서 강우시 농약 및 비료잔류물 유출 저감, 농경지에 의한 비점오염부하 경감이 필요함
- 논 저류지(생태둑병)의 경우 예당저수지 유입 농수로 하단부에 우선적으로 설치(무한천 유역 우선 실시)하며 연차별로 매년 약 10개소씩 설치

■ 호안 생태벨트 조성

- 예당저수지 좌안의 경우 농지, 도로 등에서 기인한 비점오염부하 경감을 위한 호안 생태벨트 조성을 통하여 호내 유입 비점오염부하 저감 및 경관완충녹지 확보가 필요함
 - 호안 습지조성(기존 농경지 습지 전환), 호안 수생식물 벨트 조성, 4계절 무논 조성
 - 개발제한 또는 인접토지 협약을 통한 친환경농법, 경관미를 높이는 작물재배 등 고려

■ 유역내 도로 정기적 청소 실시

- 도로에 의한 비점오염부하를 저감하기 위하여 응봉면, 대흥면을 중심으로 강우시 전인 5월경 도로청소의 실시가 필요함
 - 환경부는 청소를 통한 도로 비점오염관리방안 마련을 위해 청소방법, 주기, 횟수, 유지관리방안을 위한 세부시행계획을 2013년까지 마련할 계획이며, 진공흡입식 청소차 보급 확대를 위한 포장도로 노면 청소차 지원사업을 2020년까지 지속적으로 추진할 예정임

나. 호내대책

■ 낚시 오염부하량 저감대책 마련

- 예당저수지 이용 연간 낚시 인구는 10년 평균 약 285,000명으로 좌대수는 약 260대에 이릅니다
- 낚시에 의한 오염부하량을 산정한 결과 BOD 기준 1,263kg/월, T-N 기준 69kg/월, T-P 기준 15kg/월로 나타남
- 당저수지의 경우 당장 낚시 금지구역을 지정하는 등의 문제는 지역성, 향토성, 현실성, 경제성 등을 고려해보았을 때 대책으로 제안하기에는 무리가 있어 보이며 차안으로 낚시 좌대비용 인상(인상 비용을 수질개선기금으로 사용), 낚시 좌대수 감소방안, 낚시금지 기간 설정, 낚시 제한구역 설정 등 각종 제도 개선 및 실천형 방안을 고려할 필요가 있음
 - － 내수면 어업계, 한국농어촌공사 등과 협약추진 및 조례 검토, 친환경 떡밥 사용 권고, 주변 환경보전 실천운동 진행 등 협의 후 각종 저감 및 개선방안 추진이 필요함
 - － 특히 어분 계열의 떡밥이 어류에 섭식되지 않고 퇴적층에 가라앉을 때 COD 증가 가능성이 상대적으로 큰 것으로 나타났으며, 총질소, 총인 등 영양염류에 있어서도 어분의 용출량 및 전환율이 높은 것으로 나타남. 따라서 어분 계열의 떡밥 사용 관리는 저수지 수질관리에 고려사항이 될 수 있음

■ 향후 호내 퇴적오염물 준설 검토

- 호내 퇴적오니층의 형성은 지속적인 오염물의 호내 퇴적, 강우시 오염물질 과다 유입, 낚시이용으로 인한 각종 오염부하 증가 등으로 기인함
- 예당저수지 퇴적오염물 조사 결과 호내 유입부에서 유출부로 갈수록 퇴적현상이 심화되는 것으로 나타남
 - － 대부분 항목의 경우 퇴적오니 제거기준 이하이나 T-N 부하량(상류 1,191mg/kg, 하류 1,458mg/kg)의 경우 팔당호 퇴적오니 제거기준(1,100mg/kg이상)을 초과, 강열감량(상류 13.6%, 하류 14.9%)의 경우 팔당호, 한강하류 대청호 기준(7~10%)을 초과
- 예당저수지 퇴적물 조사결과 및 각종 여건을 고려해 볼 때 단기적으로 준설의 시급성은 떨어지는 것으로 판단되나 향후 중장기적으로 오염도가 높은 유출부를 중심으로 오히려 중점퇴적유역을 대상으로 퇴적오염물 준설 여부를 판단할 필요가 있음(진행 시 일부 구역만 진행 고려 가능, 퇴적물 모니터링 필요)

2) 조사·모니터링

(1) 배경 및 필요성

- 현재 예당호에 대한 정기적인 수질·생태 자료가 부족하여 수질개선 우선순위 파악이 어려운 상황으로, 예당호 수질·생태의 변화 과정을 기록하고 해결이 필요한 문제를 도출할 필요성이 있음
 - 정기적인 조사·모니터링이 이루어질 경우 현재 시행되고 있으며 앞으로 시행될 수질개선 사업에 대한 정량적인 평가 및 대안 제시 가능할 것임
- 주민이 참여하는 모니터링 행사는 예당호에 대한 예산군민의 관심을 불러일으키고 실천을 촉진하는 주요한 수단이기도 함
- 조사·모니터링 사업을 통해 수질개선 사업 평가 외에 다음과 같은 부대 효과를 기대할 수 있음
 - 예당호의 과거와 현재를 기록하여 남김
 - 예당호에 대한 정보에 쉽게 접근하고 이해할 수 있도록 함
 - 예당호 지역의 생태·문화 자원을 조사, 발굴하면서 정체성과 자긍심을 형성
 - 절대적으로 보전할 곳(핵심지역), 학습·교육이 이루어지는 곳(완충지대), 적극적 이용이 가능한 곳(전이지역) 등을 구분

(2) 세부 프로그램

가. 조사·모니터링

■ 수질·생태 탐사대 운영 및 정기적인 수질·퇴적물·생태 모니터링

- 예당호 및 유입하천의 수질 변화를 지속적으로 모니터링하여 예당호 수질개선사업의 효과를 검토하고 수질개선사업을 수정·보완함
 - 저수지에 대한 유역구분, 관련 오염원 및 수질 자료 등이 정리되지 않고 있어 기초적인 자료 파악이 어렵기 때문에 예당호 유역의 지자체 및 한국농어촌공사와 업무 협조를 통해 저수지 유역관리 시스템을 구축할 필요가 있음
 - 예당호 내 퇴적물 현황에 대한 정기 조사를 수행하고 퇴적물 준설 효과, 시기, 방법을 제안할 수 있음
 - 예당호 유역의 생태 현황에 대한 모니터링을 통해 예당호 수질개선 사업의 효과를 홍보하고 활용할 수 있음

- 다만 현실 여건을 고려하지 않는 무리한 자료 취합과 분석보다는 현재 분석 가능한 수준에서 현상을 해석하고 관리하는 방안이 합리적이며 이를 위해 필요한 기초적인 자료는 다음과 같음
 - － 기상 및 입지상태 : 하천 수리수문
 - － 토지이용 : 오염원 분포, 유달특성
 - － 수질오염 : 항목별 오염농도, 주요 영향 요인
 - － 주변과의 조화 : 심미적 , 경관적 요소
 - － 주민협조 및 참여여건 : 비예산 자발적 관리여건 활용
 - － 개발주변상황 : 택지개발 등 오염원 증가 및 기여도 변화

■ 모니터링의 날 행사 개최

- 청소년주민 환경교육 프로그램과 연계하여 모니터링 교육을 진행함으로써 주민들이 조사모니터링에 직접 참여하도록 할 수 있음
 - － 안성천살리기시민모임의 경우 2002년부터 안성천 생태탐사대를 조직하여 안성천 상류를 중심으로 봄, 여름, 가을 중심으로 8개 지점을 대상으로 월 1회 조사 실시
- 특정 기간을 설정하여 주민이 직접 참여하는 예당호 모니터링의 날 행사를 운영함
 - － 모니터링이 필요한 구간을 설정하고 담당 구역을 정하고 모니터링을 실시한 후 자료를 취합하고 전문가가 분석·정리함
- 커뮤니티 맵핑 등의 웹 기반 프로그램을 활용하여 주민들의 모니터링 자료를 공개하고 활용함(생태문화지도 작성 연계)
- 주민이 참여하는 모니터링 행사를 통해 예당호에 대한 예산군민의 관심을 불러일으키고 실천을 촉진할 수 있으며, 수질·생태모니터링 방법에 대한 주민 교육을 통해 예당호 수질·생태 현황에 대한 인지도 및 이해도를 높일 수 있음

■ 환경감시단 운영

- 예당호 수질오염 행위에 대한 지도·단속을 위해 민·관이 함께 감시프로그램을 운영
- 행정만으로 예당호 수질오염 행위에 대한 지도·단속이 어렵다는 점에서 민·관이 함께 감시프로그램을 운영함으로써 지도·단속의 효율성과 효과성을 높일 필요가 있음
- 환경부의 환경감시단(민·관 환경감시대, 명예환경감시원, 주민감시원으로 구성) 제도를 참고하여 예산군 담당공무원 외에 예산군 내 전문가 등으로 구성된 명예환경감시원 및 예당호 인근지역 주민들로 구성된 주민감시원을 구성

- 예산군민들이 직접 명예환경감시원 및 주민감시원 활동에 참여함으로써 감시원의 예당호에 대한 이해의 폭을 넓히는 동시에 유역 주민들의 자율적인 수질오염 방지 실천을 이끌어낼 수 있음



[그림 8-9] 교란종식 모니터링 교육



[그림 8-10] 안성천 생태탐사

나. 생태·문화 지도 제작 및 박물관 조성

■ 예당호 유역 생태·문화지도 제작

- 조사·모니터링 자료(전문가 모니터링 자료뿐만 아니라 모니터링의 날 제시된 주민들의 측정 자료 포함)를 활용하여 예당호 지역의 생태문화지도를 제작함
- 예당호의 수질생태 정보뿐만 아니라 예당호 유역의 역사문화 자원들에 대한 정보도 함께 수록함으로써 예당호에 대한 주민들의 자긍심을 높이고 관광 정보 등에 활용함
- 인터넷, 스마트폰 등을 이용하여 주민들의 일상적인 관찰 내용이 반영될 수 있도록 지도 시스템을 설계할 수 있음
 - 생태·문화지도에 주민들이 참여하여 만든 영화, 만화, 글, 그림 등의 영상 정보와 연계함으로써 예당호 유역에 대한 소속감과 자긍심을 높일 수 있음
 - 인터넷, 스마트폰 등을 이용하여 주민들의 일상적인 관찰 내용이 반영되어 지도가 수정될 수 있도록 설계함으로써 지속적인 관심을 유도할 수 있음

■ 예당호 생태·문화 박물관 조성

- 예산군민들이 예당호에 대해 자긍심을 느낌에도 불구하고 예당호의 역사를 기록하고 보관하고 전시하는 공간이 부재하여 예당호를 찾는 사람들에게 정보 제공이 불가함
- 예당호 축조 전부터 현재까지 생태·환경·역사·문화 자료 수집·전시하며, 예당호 주변의 생태·문화 자산들을 소개하고 연결하는 중심 기능을 수행하는 공간으로 활용함

- 단순히 전시 공간이 아니라 실제 생활과 활동이 함께 이루어지는 공간을 만들고, 보다 현장감 있는 교육과 체험을 진행할 수 있음
- 새로운 공간을 마련하는 방법보다는 현재 예당내수면어업계가 운영 중인 예당우리물고기생태체험관 등 기존 공간의 여유 공간을 활용하는 방안을 검토함으로써 건설비 및 운영비 부담을 줄일 수 있을 것임
- 예당호의 생태문화에 대한 정보를 수집·기록·전시하고 예당호 전역에 흩어져 있는 자연유산과 문화유산을 소개함으로써 예당호 보전과 이용의 핵심 공간으로 활용될 수 있음

(3) 관련 사례

■ 구글, 아마존 원주민 문화지도

- 구글은 '유엔 지속가능발전 정상회의'(일명 리우+20 정상회의)에 앞서 열린 리우+20 비즈니스 포럼에서 브라질 론도니아주 수루이족의 역사 유적지와 문화, 생태 지역을 사진, 비디오, 3D 영상으로 보여주는 온라인 지도를 공개
- 이 지도는 아마존 삼림의 지속가능한 이용에 대한 경각심을 일깨워 아마존 열대우림을 보존하고 불법 벌목을 막는 한편 원주민 생활과 문화를 보존하는데 도움을 주기 위해 만들어진 것으로 구글과 수루이족이 5년 동안 공동 작업한 결과물임
- 이 지도는 사이트 'www.paiter.org'와 구글 어스에서 이용할 수 있음

■ 비와호 박물관

- 비와호 박물관은 1996년 4월에 설립되었으며, 1996년 10월에 공식적으로 개관
- 박물관의 목적은 더 나은 호수의 미래를 위하여 호수와 관련된 인간의 역사적인 상관 관계를 연구하고, 관련된 데이터를 분류하며, 시가현 사람들과 함께 연구된 자료를 공유하는 것
- 박물관은 상호교류 및 정보의 센터일 뿐만 아니라, 연구소, 문화센터, 평생연구시설이며 주민 스스로 맑은 호수를 유지하기 위하여 새로운 방안을 만들도록 함
- 운영 원칙
 - 박물관을 성장시키기 위하여, “호수와 사람”이라는 주제 아래 알려지지 않은 분야를 조사하고 연구
 - 박물관은 다양한 프로그램(지역공동체 안에서의 연구와 도시와의 상호관련성을 모의실험하는 등)을 만들고 이를 제공
 - 다채로운 공공 서비스를 제공하고, 지역공동체의 상호작용을 위한 장을 제공

- 활동들

- 연구 : 박물관은 광범위한 주제에 대하여 연구하며, 전시회 내용을 준비하고, 이러한 연구 결과를 공공에 제공하며 비와호 주변에 있는 대학교들과 함께 협력적인 연대를 만들어가면서 종합적이고 상호 연결된 연구 프로그램을 개발
- 도시시민 상호작용과 공공에 대한 서비스 : 박물관은 또한 외부전시실을 통해 자연관찰 프로그램을 제공할 것이며, 뿐만 아니라 공공연대를 강조하고 출판활동을 함과 동시에 자연의 특징, 동물, 역사적인 자산 그리고 문화를 관찰하기 위한 탐사 기회를 제공
- 정보 : 박물관은 비와호 및 일본과 해외에 있는 습지와 다른 호수들에 대한 자료를 모으고 저장, 분석, 분류한 후에 공공에 제공
- 수집 : 박물관은 비와호와 그 유역의 자연적 · 문화적 특징에 기초하여 데이터와 문화유물을 체계적으로 수집하고 분류하며 저장
- 전시 : 박물관은 주민이 참여하는 방법으로 다양한 전시활동을 전개

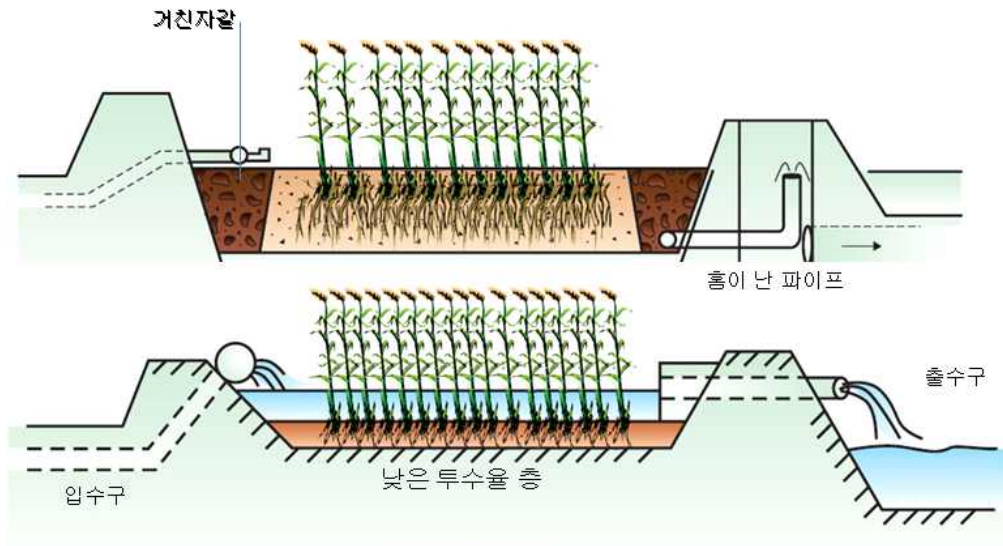
3) 예당호 생태공간 조성



[그림 8-11] 호수 주변에 조성된 생태공간(경포호)

(1) 배경 및 필요성

- 지속적이며 효과적인 수질 관리의 필요
 - 생태계의 수질정화 시스템을 활용할 경우 정화 공간 자체가 서식지(먹이공간, 휴식공간 등)로 이용됨으로 주변 생태계의 건강성 및 다양성을 높임
 - 수질 정화에 필요한 경비 또한 절감되는 효과를 볼 수 있음



[그림 8-12] 생태계 수질정화 시스템

- 황새 먹이 및 휴식 공간 확보
 - 현재 예당호 주변에 조성 중인 ‘황새마을’에서 방사될 황새의 경우 논을 비롯한 습지에서 주로 먹이활동을 하므로 이들의 지속적인 서식을 유도하기 위해서는 넓은 면적의 습지 공간이 확보될 필요가 있음
 - 예당호의 경우 서측과 남측의 일부 공간을 제외하면 황새가 먹이활동을 할 수 있는 낮은 수위 공간이 부족하며 이 또한 낚시인들에 의한 방해가 심하므로 안정적인 습지 조성이 추가적으로 필요한 실정임
- 국내 최대 월동조류 서식지로서 기능회복
 - 예당호의 경우 국내 최대 내륙습지로서 해마다 많은 수의 월동조류가 서식하였음
 - 하지만 최근 들어 증가한 방해요인과 먹이공간의 감소 등으로 인해 개체수가 많이 감소되고 있는 추세임
 - 슬로우시티, 황새마을에 부합된 생태공간으로써 가치향상을 위해서는 예당호의 생태적 기능 향상 및 복원 시킬 필요가 있음

- 예산 탐방객 체류 공간 조성
 - 황새, 슬로우시티 등으로 인해 예산을 찾는 탐방객의 수가 앞으로 늘어날 것으로 예상되며 이를 지역 경제로 환원시키기 위해서는 이들의 예산 내 체류 기간을 늘릴 필요가 있으며 이를 위한 이색적인 탐방 공간이 추가적으로 조성되어야 함



조류서식지 공급을 위한 습초지 조성(영국 Whales)



수질개선 및 조류 서식지 기능 제공을 위해 조성된 갈대밭과 관리된 모습(영국 Arumdel)

[그림 8-13] 수질개선 및 조류 서식지 기능 제공 사례

(2) 세부 프로그램

가. 보전 측면

■ 서식지 기능 개선 사업

- 서식지로서 예당호의 주요 문제점은 서식지 구조의 단순화, 높은 방해요인, 먹이 공간 부족 등을 들 수 있음
- 따라서 이를 해결하기 위한 은폐시설 확충, 수생식물대 조성, 먹이공급, 하중도 설치, 낮은 수심의 습지 공간 조성 등이 필요함
- 은폐시설의 경우 낮은 키의 식물대를 조성하거나 가림막을 설치하는 등의 방법이 있으며 이를 통해 방해요인을 저감 시킬 수 있음
- 줄, 갈대 등의 식재를 통한 식생대조성과 은폐된 공간에 묵은 볍씨, 옥수수 등의 곡물 등의 먹이를 제공하여 보다 많은 조류의 서식을 유도시킬 수 있음
- 또한 하중도 같이 호수 내에 인공섬을 조성하여 안정된 휴식처를 제공함으로써 서식지의 질을 높일 수 있으며 낮은 수심의 공간 제공을 토대로 보다 다양한 종의 서식이 가능케 할 수 있음



은폐 식재를 통한 은폐



가림막 조성을 통한 은폐



수생식물의 경우 다양한 조류의 먹이원이 됨

[그림 8-14] 서식지 기능 개선 사업

■ 황새 습지 조성 사업

- 황새의 경우 수심이 낮은 하천 및 조수지 주변, 습초지 등에서 먹이활동을 주로 하므로 예당호 주변에 낮은 수심의 습지 조성이 필요함
- 황새의 주된 먹이인 어류 및 양서파충류의 서식을 유도하기 위해 미세서식지 조성도 추가적으로 필요함
- 안정된 휴식과 먹이활동을 위해 은폐가 필수적으로 필요하며 일부 공간의 경우 은폐소(hide)를 통해 관찰을 할 수 있는 공간을 도입할 경우 가까이서 황새를 관찰하고픈 탐방객의 욕구도 함께 충족시킬 수 있음

■ 보호지역 및 국제적 보호 사이트 지정

- 중요 서식지에 대한 출입 통제 및 서식지에 대한 위협적인 행위 제한을 위한 근거 마련을 위해 보호지역 지정도 고려해야함
- 보호지역 지정의 경우 서식지를 보전하기 위한 제도적 장치이기도 하지만 국제적으로 인지도가 높은 보호 사이트의 경우 신뢰감과 홍보효과를 통해 많은 수의 관광객을 유치하는 효과가 있음

- 따라서 습지보호구역 혹은 야생동물보호구역과 같은 국내법 테두리 안에 있는 보호지역 설정을 통해 예당호의 서식지 질 개선 및 관리의 근거를 마련함과 동시에 랍사사이트, 유네스코생물권보전지역 등의 사이트 지정을 통해 예당호의 국내외적으로 예당호의 명성 및 지위를 확보, 홍보함

나. 이용 측면

■ 생태관광 시설 확충

- 생태관광 시설은 탐방객의 편의를 제공하지만 서식지 내에 서식하는 생물공간을 잠식하고 또한 탐방객의 출입을 잦게 하므로 방해요인을 증가시킬 수 있으므로 은폐소 및 탐방로 등 간소화해야 하며 공간 또한 최소화해야 함
- 은폐소 및 관찰소의 경우 서식하는 조류에 피해를 최소화하고 탐방객의 가까이서 조류를 관찰하고자 하는 욕구충족 시킴
- 은폐소의 경우 폐목자재를 이용하여 소규모의 사람들이 이용할 수 있는 공간을 조성함
- 일부 넓은 시야의 조망이 필요한 경우 관찰탑 조성을 통해 탐방객의 감동을 배가시킬 수 있음. 내부 은폐가 최우선으로 시행되어야 함
- 관찰로(탐방로)의 경우 서식지 외곽에 조성하며 조류 서식 공간과 가까울 경우 은폐를 원칙으로 함



은폐소 입구 및 외부전경



은폐소 내부



관찰탑 외부 전경



관찰탑 내부



습지조류 탐방로(홍콩)



은폐된 탐방로(영국)

[그림 8-15] 생태관광 시설

■ 생태관광 역량강화

- 생태관광 운영을 통한 수익이 지역 내에서 순환되기 위해서는 지역민 참여 증대와 생태관광의 지속성을 위해 지역민 주체의 운영위원회 구성이 필요함
- 또한 생태관광의 지속성을 담보하기 위해서는 해설사, 운영자 등에 지역민 참여가 최우선으로 이뤄져야 하며 이들이 가진 지역에 대한 이해와 애착을 통해 보다 질 높은 관광 안내 및 해설이 이뤄 질 수 있음
- 지역민을 대상으로 한 생태관광의 운영, 해설 등에 대한 지속적인 교육이 필요함

■ 조류체험 공간 조성

- 야생종의 사육된 개체를 통해 사람과 직접 접촉하는 공간을 조성하여 탐방객에게 이색 체험과 동시에 생태와 공감할 수 있는 기회를 제공함

- 조류 체험 공간의 경우 영국, 미국 등 국외 여러 나라에서 볼 수 있지만 아직 국내에서는 희귀한 프로그램으로 조성될 경우 생태관광 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있으며 또한 ‘황새마을’과 연계하여 보다 다양한 프로그램을 제공할 수 있음
- 야생종의 경우 지역별 야생동물 구조센터 및 동물원 등에서 확보할 수 있으며 지속적인 인공증식 기술 및 질병관리의 지식 등이 확보되어야 함



[그림 8-16] 다양한 형태의 조류 체험 공간(영국)



[그림 8-17] 조류 체험장 이미지

4) 환경교육 및 실천

(1) 배경 및 필요성

- 예당호 수질개선을 위해서는 주민들의 자발적인 실천 활동이 중요하며, 의무가 아니라 자기계발, 자기만족, 사회봉사참여, 노후설계 등 삶의 질을 높이는 수단으로서 환경실천을 구상할 필요성이 있음
- 일회적인 사업이 아닌 안정적인 조직과 교육실천프로그램을 바탕으로 한 지속적인 사업으로 구상

(2) 세부 프로그램

가. 환경교육 활성화

■ 청소년 환경교육 활성화

- 예당호 수질개선이 100년 후를 내다보며 장기적이고 꾸준히 실행될 프로젝트라 할 때 미래세대의 관심을 불러일으키고 자원활동가로 육성할 필요가 큼
 - 예당호의 지속가능한 보전과 이용을 위해서는 현세대뿐만 아니라 미래세대가 예당호에 부여하는 가치가 존중되고 반영되어야 함
 - 청소년들이 예당호 보전 활동에 직접 참여할 수 있는 기회를 제공함으로써 예당호의 미래를 책임질 주체를 양성할 필요가 있음
- 청소년들의 적극적인 환경 실천은 예당호 유역 주민들의 관심과 참여도를 높이는 효과를 가져올 수 있음
- 청소년 환경학교 및 환경교육 한마당 개최 등을 통해 예당호의 수질개선 사례를 전국적, 국제적으로 홍보할 수 있으며 새로운 환경실천 경험을 나눌 수 있음
 - 일방적인 교육이 아닌 하천활동 동아리 등 적극적인 실천 지원(모니터링, 설문조사, 캠페인, 지도 제작 등)

■ 예당호 생태해설사 양성 프로그램

- 하천 모니터링과 홍보·교육을 담당할 지킴이나 활동가를 양성하는 프로그램이 필요함
- 단계별 교육 진행을 통해 고급 과정 이수자가 초급 과정 이수자 또는 청소년 환경교육을 담당할 수 있도록 프로그램을 구성할 필요가 있음(심화단계 교육 과정이나 교육 후 현장 보조강사 참가)

- 예산군민이 직접 생태해설사 교육을 이수하고 생태해설사가 됨으로써 보다 현장과 밀착한 생태여행 안내나 환경교육이 가능해짐
- 예당군민이 초급과정뿐만 아니라 심화교육을 통해 예당호에 대한 지식과 정보를 축적함으로써 살아있는 에코뮤지엄의 한 축을 완성할 수 있음
- 장기적으로는 예당호 환경교육센터 구축 등을 통해 생태환경교육을 수행할 거점을 마련할 필요성이 있음(단기적으로는 예당우리물고기생태체험관이나 대흥 슬로시티 방문자센터·체험관 등을 활용)
- 생태해설사 워크숍 개최 등을 통해 경험을 교류할 수 있음



[그림 8-18] 세밀화 그리기

[그림 8-19] 세밀화 이용 주민 홍보 활동

나. 환경 실천 확산

■ 예당호 생태·문화 축제 개최

- 예당호에서는 현재 예산 옛이야기 축제, 예당호 해맞이 축제, 예당전국납시대회 등 여러 축제가 진행되고 있으나 예당호의 수질·생태에 대한 스토리텔링은 부족함
 - 예당호는 1960년대 조성된 인공저수지로서 예산·당진의 농경문화와 밀접한 관계를 맺고 있음
 - 예당호 에코뮤지엄을 실현하기 위한 활동의 일환으로 예당호의 ‘물’과 연관된 오랜 전통들을 복원하고 생태·문화 축제를 이용하여 실현할 수 있음
- 예당호 수질개선 관련 실천들을 알리고 묶어내는 생태문화 축제를 구성함으로써 예당호 자체에 대한 인식 증진과 홍보가 가능함(소비성 행사가 아닌 주민들의 수질개선 활동들을 즐겁게 풀어낼 수 있는 행사로 설계)
 - 예당호를 기반으로 지역정체성을 공유할 수 있는 생태·문화 축제를 개발
 - 대흥슬로시티, 황새마을 등과 연계한 축제 발굴
 - 전주시의 경우 마을만들기 일환으로 쇠다리를 복원한 ‘쇠다리 축제’, 삼천 상류

쪽 농촌지역과 도시지역 주민들의 단합을 목적으로 줄다리기, 기찻놀이 행사 등이 치러지는 ‘갯강축제’, ‘수리수리 전주천’, ‘꼬마 마라톤’ 등의 생태·문화 축제를 개최하고 있는데 이를 참고할 수 있음

- 예당호의 다양한 수질개선 및 생태복원 사업들과 환경교육실천들을 알리고 교류할 수 있는 기회를 제공함으로써 예당호의 다양한 수질개선 사업들의 지속성을 확보할 수 있음

■ 기업 참여 생태하천 가꾸기

- 예당호 상류에 위치한 기업체들이 수질개선 활동에 참여하도록 유도함으로써 예당호 수질에 대한 관심을 높이고 책임을 공유할 필요가 있음
- 예당호 유역 기업들이 지역사회에 봉사하고 기여함으로써 지역사회에서 평판을 높이고 직원들의 지역사회에 대한 소속감을 높일 수 있음
- 수질개선 기술 개발, 모니터링 기술 개발 및 지원 등으로 기업의 수질개선 활동을 확대할 수 있으며, 장기적으로 예당호 수질개선 및 생태복원, 친환경농업, 생태여행 등에 대한 예당호 유역 기업의 참여도를 높일 수 있음
- 환경부의 1사1하천 운동 프로그램 및 우수사례 시장 등을 활용하여 기업 홍보 및 이미지 개선을 지원할 수 있을 것임

(3) 관련 사례

■ 저수지 자율적 수질관리 협약

- 한국농어촌공사 경남지역본부와 창원시 동읍 신동초등학교가 21일 농업용 저수지 자율수질관리프로그램 협약을 맺음(2011.4.21)
- 농업용 저수지 자율수질관리프로그램은 농업용 저수지 및 유역 상·하류의 환경관리에 지역주민이 직접 참여함으로써 적극적으로 수질관리를 하려는 프로그램
- 신동초등학교는 주남저수지에서 자율적으로 수질관리를 위한 교육·체험활동을 하고, 한국농어촌공사 경남지역본부는 예산과 장비·기술 등을 제공해 학생들의 수질보전활동이 체계적이고 효과적으로 진행되도록 지원

■ 농바우끄시기

- 농바우끄시기는 금산군 부리면 어재마을을 중심으로 하여 인근 마을은 물론 제원면 일대까지 여러 마을이 모여 행하는 기우제로 2000년 9월 20일 충청남도무형문화재 제32호로 지정

- 기우제는 마을 모든 사람들이 비가오지 않아서 쌓인 심리적인 갈등을 풀고 깨어진 생활 리듬에서 오는 충격을 막거나 적게 하면서 현실의 어려움을 함께 나누며 극복하려는 공동체 사회를 살아가는 삶의 한 방식
- 금산 농바우끄시기보존회가 주체가 되고 금산군에서 지원하고 있으며 농어촌 여름휴가 페스티벌, 충청남도 무형문화재 연합 공개행사 등의 행사에 무형문화재협회, 농어촌공사, 농림수산식품부, 농촌진흥청 등이 후원

■ 농어업 유산(遺産)제도

- 국제연합식량농업기구(FAO)에서 세계환경기금(Global Environment Fund)의 지원을 받아 차세대에 계승해야 할 세계적으로 중요한 농업이나 생물다양성 등을 가진 농업유산을 보전할 목적으로 도입
- GIAHS에서 지정되는 대상은 독창적인 농업제도 및 생태경관지역, 농업생물다양성의 보전지역, 고유한 농사지식체계의 적응지역임
- 현재까지 FAO에 등재된 농어업유산은 이탈리아 남부의 바닷가에 펼쳐진 계단식 레몬밭, 사하라사막의 오아시스 농장, 이란의 고대 지하관개수로, 일본의 전통적인 따오기 공생농업 등임

<표 8-10> FAO 등재 농어업 유산

시범지정유산	후보지정유산
안데스 농업(페루) 치로에섬 농업(칠레) 이푸가오 다랑이 논(필리핀) 마그레브 오아시스(알제리아, 튀니지) 송사리 농법(중국) 한니족 계단식 논(중국) 완니안 전통쌀 문화 시스템(중국) 목가 마사이 시스템(케냐, 탄자니아) 계단식 논과 해변 농작(일본) 따오기 공생 농법(일본)	밀과 솔라 시스템(멕시코) 치남파 농업시스템(멕시코) 레몬 밭(남부 이탈리아) 전통농업-생태시스템(카르파티아 지역) 코라푸트 지역의 전통 농업(인도) 소피나 베타스(Soppina Bettas) 시스템(인도) 카나트 관개체계 및 Homegardens(이란) 웨웨(Wewe) 관개시스템(스리랑카)

- 전통적인 농업문화에서는 물을 보전하고 활용하기 위한 다양한 방법들을 고안하고 적용시켜 왔으며, 이러한 농림어업 유산의 보전과 활용은 예당호의 가치를 재인식하고 예당호의 고유성을 살리는 중요한 방안임

■ 신문화공간 조성사업

- 농어촌 지역내 유무형 향토자원을 기록복원하여 지역명소화하고자 하는 농림수산식품부의 사업

- 기존 문화시설 및 프로그램과 연계하고, 지역주민의 문화역량을 향상시켜 지역문화의 거점 및 도농교류 네트워크 기반으로 활용
- 신문화공간조성사업의 내용은 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어 분야로 구분

5) 경제사업

(1) 배경 및 필요성

- 예당호 수질개선에 기여하고 관광자원의 연계가 용이하며 주민들의 수요가 큰 사업을 발굴함으로써 예당호 수질개선에 대한 주민들의 자발적인 참여를 유도할 수 있음
- 지역 내 다양한 주체의 참여 및 역량 강화를 위한 사업이나 지역의 자원을 발굴하고 보전하기 위한 사업을 시행함
- 개인 소농 형태의 경영으로는 경쟁력을 가지기 어렵다는 점에서 생산자들이 사회적기업, 마을기업, 협동조합 등의 형태로 추진함으로써 사업의 경쟁력과 지속성을 담보함
- 기존의 농촌개발사업이 하드웨어 중심이었다면, 예당호 경제사업은 하드웨어, 소프트웨어, 휴먼웨어로 구성하고 상대적으로 소프트웨어와 휴먼웨어 육성을 강조하고 하나의 거점 개발이 아니라 예당호 유역 내 여러 거점을 연계하여 지역 전체의 면적인 발전을 강조하는 것이 바람직함
- 충남의 마을만들기, 3농혁신, 사회적경제, 균형발전 정책과 연계하여 추진할 수 있을 것임

(2) 세부 프로그램

가. 경제사업 기반 구축

■ 예당호 브랜드 개발 및 판로 확보

- 생태계 보전, 보호지역 지정, 생물다양성 증진과 관련된 사업들이 기존의 엄격한 행위 규제 중심에서 지역의 발전과 연계될 수 있는 보호 활동으로 강조점이 변화되고 있음
- 예당호 유역의 수질 개선 노력이 지역발전과 연계될 수 있도록 예당호 주변지역의 농산물, 식품, 공예품, 여행상품 등을 아우르는 공통 브랜드를 개발하고 품질 개선 및 판로를 확보하는 것이 필요함
 - － 친환경브랜드 개발 및 판로 확보를 통해 예당호 상류 친환경농업 실천 농가에 대한 지원이 가능하며 이를 통해 수질 개선에 참여하는 농가가 확산될 수 있음

- 예당호 브랜드에 기초한 상·하류 지역의 도농교류를 활성화함으로써 예당호 농산물 및 상품의 판로를 확보하고 예산군민이 예당호 수질보전 활동에 참여하도록 동기를 부여할 수 있음
- 슬로푸드, 로컬푸드 개념을 적용하여 예당호 상류 및 주변지역의 먹거리 및 상품들이 예당호 하류 및 인근 지역에서 안정적으로 판매될 수 있도록 직매장 개설, 학교급식 공급 등의 방안을 마련할 필요가 있음

■ 친환경농업 확산

- 예당호 수질오염의 상당 부분이 축산 등 농업활동에서 비롯되기 때문에 예당호 수질의 개선을 위해서는 자원순환적인 친환경농업 체계를 구축할 필요가 있으며, 이를 위해 친환경농업의 교육·홍보 및 시범사업이 필요
- 현재의 친환경농업 진흥 정책만으로는 예당호 상류 유역의 전면적인 친환경농업 확산에 한계가 있으므로 충남도에서 구상 중인 농업직불금 제도 개선 논의에서 수질개선활동을 포함시키거나 저수지 주변지역 지원정책을 도입하는 방안을 건의할 필요성이 있음
- 예당호 유역의 친환경농업 시범사업을 통해 농업과 수질·생태계 사이의 연관성에 대한 자료를 구축함으로써 국내 농업 보조금 또는 저수지 주변지역 제도 개선에 기여할 수 있음
- 예당호 유역의 친환경농업 실천을 확산함으로써 예당호의 수질을 개선하는 동시에 예산군의 친환경농업 이미지를 홍보할 수 있음

나. 예당호 주변 지역 주민들의 역량 증진

■ 예당호 생태·문화 관광 프로그램 개발

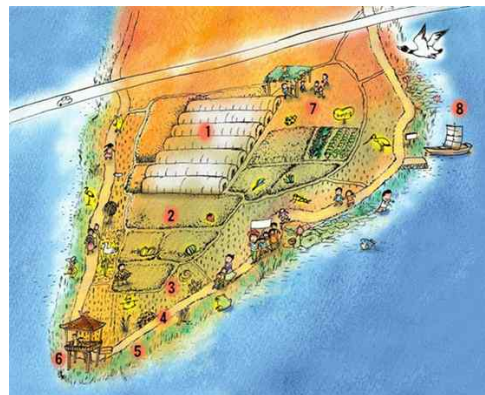
- 예산군에서 의욕적으로 추진되고 있는 황새마을, 대흥 슬로시티와 연계하여 예당호 생태·문화 관광이 단순한 관광사업을 넘어서 지역활성화 전략으로 추진될 수 있는 방안 모색이 필요함
 - 책임여행, 공정여행, 생태관광 등 금강 주변지역의 역사·문화유산과 자연생태를 보전하는데 기여할 수 있는 대안적인 방식의 관광을 활성화할 수 있는 기반을 구축할 수 있음
- 해설사 교육훈련, 생태문화교육장 운영의 지원, 공정여행이나 책임여행을 담당하는 사회적기업 육성과 연계됨으로써 행정 중심이 아닌 지역 주민이 주도하는 실천이 가능해짐
 - 예당호의 핵심 이야기를 추출하고 이를 통해 서로 변별되면서도 시너지를 낼 수 있는 콘텐츠 개발이 필요한데, 이러한 콘텐츠 개발은 행정의 역량보다는 지역에 살고 있는 주민들의 역량에 달려 있음

■ 예당호 관련 주민 일자리 지원

- 주민들이 수질개선사업의 일자리에 참여하여 일정 수준의 소득을 보장받음으로써 안정적인 수질개선 사업 유지가 가능함
 - － 생활 속의 수질개선 활동을 지원하는 활동(뚝배기 조성, 습지 관리, 축산농가 저류조 관리, 도로 청소, 주차장 운영 등)에 대해서 예당호 주변지역 주민들을 고용하고 일정 수준의 소득을 창출함으로써 안정적이고 지속적인 수질 개선 활동을 담보함
 - － 체험프로그램 운영, 로컬푸드 판매, 슬로푸드 식당, 마을카페, 공공기관 식재료 납품 등 마을 단위의 공동사업을 개발하여 주민 일자리를 창출할 수 있음
- 이를 위해 예당호 유역에 거주하는 노인, 여성, 청소년, 귀농·귀촌인 등에 대한 일자리 상담, 기술교육, 창업지원 등의 일자리 지원 활동이 필요함
 - － 예당호의 생태·문화 자원의 관리와 활용에 참여하고자 하는 귀농·귀촌인을 육성하고 지원함으로써 예당호 주변지역의 인구 감소 및 고령화 문제에 대응하고 예당의 생태·문화 자원의 관리를 위한 전문 지식 활용 가능



[그림 8-20] 대청호 옥천살림



[그림 8-21] 팔당호 시민생태농장 계획

(3) 관련 사례

■ 충청수산

- 충남 청양군 지천에 위치한 충청수산은 금강 상류의 대청댐과 군산 하구둑 사이에 가로막힌 금강과 그 지류에 어린 참게를 방류해 양식하는 '금강 참게 목장화 사업'을 15년 동안 줄곧 추진해왔음
- 농림식품부와 충청남도도 금강에 참게 증식을 위한 '내수면 목장' 사업을 진행하기로 함. 이 사업은 4대강 사업의 일환으로 오는 2020년까지 청양 지천 등 금강유역 총연장 250km를 대상으로 추진될 예정임

- 금강 수변구역 농민들의 소득증대와 향수어린 관광상품을 결합시키는 사업 방식

■ 서천주민여행사 너나드리

- 서천 주민들로 구성된 서천주민기업 여행사 너나드리는 전문 교육을 거쳐 주민들이 주된 주체로 활동하는 예비사회적기업으로서 주민의 일자리 창출과 소득증대, 지역공동체성 회복 등을 위해 노력
- 서천군은 서천주민기업이 사회적기업으로 성장할 수 있도록 1개 기업에 1,000~1,500만원의 창업지원금을 지원하여 상품개발이나 운영자금으로 지원
- 서천주민여행사 너나드리의 여행 원칙
 - 생태적 가치에 대한 이해와 감동을 느낄 수 있도록 함
 - 지역문화에 대한 이해, 만남과 배움이 있도록 함
 - 지역주민에게 경제적 이익이 돌아갈 수 있도록 함
 - 여행사 수익의 일부를 지역 생태복원, 교육사업 등에 환원함
 - 에너지 소비가 적은 여행이 되도록 함
 - 지역의 자연과 문화가 훼손되지 않는 지속가능한 여행을 추구함
 - 지역사회 역량을 기반으로 함
- 여행프로그램
 - 갈숲마을 : 금강변 신성리 갈대밭 주변의 7개 마을로 이루어졌으며 폐교를 이용하여 시설을 만들고 숲대공예, 버섯체험(표고, 상황), 모시송편만들기 등의 체험 가능
 - 또봄 : 인형극단 ‘또봄’은 서로 각자 다른 길을 걷던 세 사람이 만나 새로운 봄을 함께 시작한다는 의미를 갖고 창단되었으며 아이들을 위하여 창작 인형극 ‘자전거’와 두 번째 ‘모시의 전설’ 등을 공연
 - 떠올마을공동체 : “삶터가 예술이다”라는 주제로 두레밥상에서 먹고 떠올농원에서 숲대, 대나무 관련 체험, 죽순캐기를 하며 놀고, 풀꽃서당에서 자연으로 염색하는 법을 배우고 고택민박에서 잠을 자는 프로그램
 - 상수리나무 : ‘상수리나무’는 ‘꿈지락 꿈지락’, ‘바스락 바스락’ 분주히 살아가는 작지만 수많은 생명들과 소통하고 서로 배려하기를 바라는 작은 곤충농장임
 - 서천철새여행 : 서천은 금강과 서해가 만나는 곳으로 넓은 갯벌과 금강이 어우러져 생태적으로 가치가 높은 지역으로 서천 철새여행은 금강하구를 찾는 새의 생태를 관찰하고 생명의 소중함을 느낄 수 있는 프로그램임

6) 예당호 수질개선 관련 제도 검토 및 개선 건의

(1) 배경 및 필요성

- 예당호 수질개선을 위해서는 현재 저수지 관련 제도만으로는 해결이 어려울 수 있음
- 예산군만으로 처리가 힘든 예당호 수질개선 문제에 대해 중앙정부 및 충남도 차원의 제도 개선을 건의하고 예당호 유역을 공유하는 홍성군 및 청양군에 예당호 수질개선 관련 협력 방안을 제시할 수 있음
- 예당호 수질개선을 위해 주변지역을 보호지역으로 지정하고 예당호를 낚시 금지/제한/통제구역으로 설정하고 수질개선 활동에 동참하는 예당호 주변지역 주민들을 지원하기 위한 제도를 도입하기 위해서는 관련 제도를 정비하여 예당호가 지원대상에 포함되도록 할 필요가 있음
- 뿐만 아니라 예당호의 부유쓰레기 처리 관련 비용분담, 자율적 수질오염총량제 실시, 충남도 차원의 저수지 관리 제도 도입 등 인근 사군 및 충남도와 정책 협의 및 협력이 필요함
- 당장 시행하지는 못하지만 제도 개선을 통해 시행할 수 있는 사업들을 발굴하고 시행 가능성을 검토함으로써 예당호의 장기적인 지속가능성을 담보하고자 함

(2) 세부 검토 사항

■ 예당호 주변지역 (습지)보호지역 지정

- 예당호 주변지역 중 수질개선 및 생태계 보호 효과가 매우 큰 지역에 대해 습지보호지역으로 지정하거나 토지를 매입하여 수변생태벨트를 조성하는 방안을 검토함
- 경남 우포늪의 경우 우포늪 내 뿐만 아니라 우포늪 주변 논을 매입하여 습지로 조성함으로써 우포늪의 수질과 생물다양성을 보호하고자 함
- 친환경농업육성법 제9조 제1항 ‘농업으로 인한 환경오염 방지’ 규정 등에 따라 예당호 주변 및 상류지역에서 수질보호를 위해 친환경농업을 시행하는 경우 동법 제11조 제2항에 따른 친환경농업직불금 외에 논습지 보전 행위(둑병, 생태수로, 논생물다양성 증진 등)를 포함하고 보조금 수준을 높이는 방안의 검토가 필요함
- 예당호 주변지역의 논의 위치 및 면적, 토지소유권자, 토지가격, 농업용수 이용 양태, 친환경농업 여부 등에 대한 조사가 필요함

- 한국농어촌공사가 주변 농가에 임대해주고 있는 농지와 관련하여 임대 기간 만료 또는 경작 포기 등의 사유 발생 시 수질개선 효과가 큰 농지에 대해서는 예산군이 구입 또는 장기 임대하여 습지 등으로 조성하는 방안을 검토할 수 있음

■ 낚시제한, 금지, 통제구역 지정 검토 및 정부 지원 방안 모색

- 일부 지방자치단체에서는 낚시로 인한 수질과 쓰레기 문제가 발생해서 저수지를 낚시 금지구역으로 지정하는 사례가 늘고 있음
- 경기도에서는 대왕, 보통리, 백운, 오전저수지 등 12군데가 대표적인 낚시금지구역인데, 금지구역 지정 후에 화학적 산소요구량인 COD 수치가 많이 개선되는 것으로 나타남
- 춘천 의암호와 춘천호 수질 악화 원인으로 지적받고 있는 좌대낚시터와 어선어업을 오는 2016년까지 단계적으로 철거하기로 결정하고 이에 관한 연구용역 발주하기도 하였음(한강수계기금에서 100여억원을 지원받아 낚시터와 어선을 보상할 계획)
- 예당저수지의 경우 점진적으로 낚시금지구역 지정 등을 검토할 때 예산군의 재정 여건이 열악하고 수계기금과 같은 재정 지원 방안이 없기 때문에 충남도나 중앙정부 차원의 지원이 필요할 것임

■ 예당호 부유쓰레기 처리를 위한 비용분담 방안

- 현행 수질환경보전법 제31조에는 호소 수면 관리자는 호소 안의 쓰레기를 수거하고 당해 호소를 관할하는 시장·군수·구청장은 수거된 쓰레기를 운반·처리하도록 규정하고 있으며 수면 관리자와 시장·군수·구청장은 쓰레기 운반·처리주체와 쓰레기 운반·처리에 소요되는 비용을 분담하기 위한 협약을 체결해야 한다고 규정하고 있음
- 이러한 규정에도 불구하고 부유쓰레기 처리비용 분담과 관련된 수면관리자(한국수자원공사, 한국농촌공사 등)와 관할 시·군·구와의 갈등이 계속해서 발생하고 있음
- 예당호의 경우 수면관리자인 한국농촌공사와 예산군 및 상류 지자체 사이에 부유쓰레기 운반처리와 관련된 협약이 체결되지 않은 상황이며 이와 관련하여 이견이 발생함
- 예당호 부유쓰레기의 발생 현황, 오염 주체, 처리 방법 등과 관련된 연구조사가 선행되고 이에 기초하여 비용 분담 협약이 체결될 필요가 있으며, 충남도 및 환경부 등의 지원 방안도 모색될 필요가 있음
- 예당호 기금이 조성될 경우 쓰레기 수거는 수면관리자가 담당하되 운반처리 비용의 일부를 예당호 기금에서 지원하는 방안도 검토할 수 있음
- 참고로 환경부는 수차례에 걸친 설명회 및 워크숍을 통해 지난 '09.5.18일 수계별 수거·처리 예산의 50%를 국고에서 지원하는 『5대강 수계별 비용분담협약』을 체결하였음

<표 8-11> 호수 부유쓰레기 수거·처리 규정

수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 [시행 2013.7.16]

- 제31조(호소 안의 쓰레기 수거·처리) ① 수면관리자는 호소 안의 쓰레기를 수거하고, 당해 호소를 관할하는 시장·군수·구청장은 수거된 쓰레기를 운반·처리하여야 한다.
- ② 수면관리자 및 시장·군수·구청장은 제1항의 규정에 의한 쓰레기의 운반·처리주체 및 쓰레기의 운반·처리에 소요되는 비용을 분담하기 위한 협약을 체결하여야 한다.
- ③ 수면관리자 및 시장·군수·구청장은 제2항의 규정에 의한 협약이 체결되지 아니하는 때에는 환경부장관에게 조정을 신청할 수 있다. 이 경우 환경부장관의 조정이 있는 때에는 제2항의 규정에 의한 협약이 체결된 것으로 본다.
- ④ 제3항의 규정에 의한 조정의 신청절차에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

■ 농업용 저수지 주변 지역 주민지원 제도

- 현재 농업용 댐(저수지)의 주변지역 주민지원에 대한 법적인 근거 및 재원 등 사업지원 제도와 시행체계가 갖춰있지 않은 실정이므로 정식으로 주민지원사업을 시행하지 못하고 있음
- 일부 특정 농업용 댐(목적 외 이용 저수지)에서는 지역주민들의 어려움을 감안하여 지자체와 한국농어촌공사가 '댐법'관련 조항(44조2항)을 준용하여 댐 주변지역 주민지원을 시행 중임(2005년부터 전북 장수군 동화댐의 주변지역 주민들에게 생활용수판매대금의 20%와 발전판매대금의 6%, 농어촌공사의 유지관리비, 전북도의 예산지원금 등으로 지원사업 시행)
- 한국농어촌공사는 농업용 저수지의 경우 다목적댐 등과 비교해 소규모이고 농민들에게 수세를 받지 않으며 저수지 건설로 인한 피해를 보는 자와 편익을 얻는 자가 구분되지 않는다는 점 등을 이유로 주민지원 제도 도입에 부정적임
- 때문에 농업용 저수지 주변지역 주민들에 대한 지원 사업에 대해서는 관련 지자체 및 중앙정부 부처, 국회 소관위 등과의 지속적인 협의와 논리 개발이 필요할 것임

■ 예당호 수계 자율적 수질오염총량제 도입

- 예당호 수역을 포함한 삼교호수계는 수질오염총량제의 대상이 아니지만 수질오염총량제와 유사한 제도를 자율적으로 도입하는 방안을 검토할 수 있음
- 수질오염 총량을 적정 수준으로 유지하고 오염부하량을 증대시키는 개발 사업은 수질

개선을 위한 사업을 통해 오염부하량을 줄이는 한도 내에서만 추진하도록 예당호 수계의 지자체들과 협의하는 방안임

- 이러한 자율적 수질오염총량제를 도입하고 안정적으로 유지하기 위해서는 이러한 자율적인 제도 도입에 대해 환경부가 지원을 약속하는 제도 도입이 필요할 것임

■ 충남도 차원의 중점관리저수지 수질관리 조례, 계획, 매뉴얼 작성

- 농업용 저수지 중 호소 생활환경기준 4등급을 초과하면 중점관리시설로 지정할 수 있으며, 수생태법은 중점관리시설 지정 후 수질오염 방지 및 수질개선대책의 수립과 예산을 환경부 장관에게 요청할 수 있는 근거 마련하였음
- 경기도의 경우 2012년 10월 중점관리저수지의 관리와 연계하여 관련 관리가 원활하게 이루어지도록 조례를 제정한 바 있음
- 충남도의 경우도 도내 저수지 관리를 위한 관리계획 및 조례 제정을 검토할 수 있으며, 예당호와 같이 수질개선 요구와 파급효과가 큰 호소에 대해서는 특별한 대책을 수립하도록 요구할 수 있을 것임

5. 사업추진 로드맵

구분	세부부문	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
기반조성	100년 계획								
추진조직	수질개선협의체								
	예당호 네트워크								
	중간지원조직								
추진사업	수질개선사업								
	마을단위 공공하수처리시설 설치								
	가축분뇨 공공하수처리시설 증설								
	수질정화 인공습지 조성								
	축산농가 밀집지역 저류지 설치								
	화산천 생태하천 조성사업								
	무한천 생태하천 조성사업								
	탄방천 식생수로 및 여과대 설치								
	논 저류지(둑병) 조성								
	호안 생태벨트 조성								
	유역내 도로청소								
	조사·모니터링								
	정기적 조사·모니터링								
	수질모니터링의 날								
	환경감시단								
	생태·문화지도 제작								
	생태·문화박물관 조성								
	생태공간조성								
	서식지 기능 개선사업								
	황새습지 조성사업								
	보호지역 지정 및 관리								
	생태관광 시설 확충								
	생태관광 역량 강화								
	조류 체험 공간 조성								
	환경교육, 실천								
	청소년 환경교육								
	생태해설사 양성								
	생태·문화 축제								
	1사1하천 살리기								
	경제사업								
	예당호 브랜드 개발								
	친환경농업 확산								
	생태여행프로그램 개발								
	주민 일자리 지원								
	제도개선검토								

제9장 예산 및 투자계획

1. 관련 예산

1) 환경부 예산 편성

- 환경부 소관 세출예산안은 환경개선특별회계 전출금, 광역·지역발전특별회계 전출금, 석면피해구제기금 전출금 등 내부거래 지출과 기금 여유자금운용과 같은 보전지출이 포함되어 있으며, 이를 제외한 2013년 환경부 소관 총지출 규모는 6조 842억원임
- 그동안 환경개선특별회계에서 추진하던 생태하천복원사업이 2013년부터 광역·지역발전특별회계로 이관하여 편성하였음
- 2013년 환경부 사업 중에서 생태하천복원사업 예산은 전년 대비 증액됨
- 환경부는 상수도인프라 개선을 통한 환경서비스 질 향상, 수질·폐기물 등 환경 기초시설 지속 확충 등을 중점적으로 추진할 계획임

<표 9-1> 환경부 세출예산안 개요

(단위 : 백만원)

		2011년 결산	2012년 예산	2013년 예산안
회계	일반	3,086,297	2,838,970	2,872,604
	환특	4,366,585	4,363,960	4,657,403
	광특	490,805	477,704	746,557
	농특	90,929	103,454	106,814
	에특	7,959	122,839	95,144
총계		8,042,575	7,906,927	8,478,522

주 : 일반은 일반회계, 환특은 환경개선특별회계, 광특은 광역·지역발전특별회계, 농특은 농어촌구조개선특별회계, 에특은 에너지자원사업특별회계를 의미함

- 환경부 예산의 대부분은 지자체를 통하여 집행되고 있음
- 그간 지방자치단체에 대한 환경예산은 안전행정부 소관 지방양여금과 환경개선특별회계 예산의 용자보조금으로 지원하다가 2005년 1월 지방양여금관리특별회계의 폐지에 따라 지방양여금으로 추진되던 수질오염방지사업을 환경개선특별회계 및 농어촌특별세관리특별회계 사업으로 전환하여 지원하고 있음

2) 충청남도 환경예산

- 충청남도 중기지방재정계획(2011-2015)에서 환경보호 분야의 정책방향은 다음과 같음
 - 기후변화에 적극적인 대응과 친환경 녹색성장 기반구축
 - 생활폐기물 공공처리시설 확충 및 폐기물 종합 관리
 - 수질오염총량제 체제 구축으로 맑고 깨끗한 물 확보
- 중기재정계획(2011-2015)에서 환경보호 분야의 예산은 전체 대비 8.5%를 차지함

<표 9-2> 충남 중기재정계획 분야별 투자재원 배분

(단위 : 백만원, %)

구분	중기재정계획					2011~2015	
	2011	2012	2013	2014	2015	계	구성비
합계	44,093	44,633	46,471	48,178	50,778	234,153	100.0
일반공공행정	8,169	7,664	6,881	7,355	7,512	37,581	16.0
공공질서 및 안전	1,843	2,193	2,218	2,289	2,387	10,930	4.7
교육	2,716	2,809	2,865	2,901	3,071	14,362	6.1
문화 및 관광	1,343	1,361	1,597	1,627	1,662	7,590	3.2
환경보호	3,338	3,596	4,094	4,446	4,452	19,926	8.5
사회복지	11,135	11,129	12,522	13,388	13,907	62,081	26.5
보건	780	787	810	848	896	4,121	1.8
농림해양수산	7,131	7,247	7,655	8,072	8,848	38,953	16.6
산업·중소기업	924	893	1,053	1,116	1,1478	5,133	2.2
수송 및 교통	2,104	2,104	2,169	2,262	2,642	11,281	4.8
국토 및 지역개발	4,391	4,628	4,369	3,634	4,003	21,025	9.0
과학기술	219	222	238	240	251	1,170	0.5

- 2011년 환경분야 예산은 총 3,338억원이며 2015년에 4,452억원으로 증가할 전망이다
 - 상하수도·수질 분야가 92.6%로 대부분을 차지하고 있으며, 폐기물 3.1%, 대기 1.1%, 자연 1.9%, 환경보호일반 1.2%를 차지함
 - 상하수도·수질 분야에서는 댐상류 하수도시설 확충(212억원), 하수관거 정비지원(2,801억원), 농어촌마을상수도 정비(1,590억원), 가축분뇨공공처리시설 설치(232억원), 공공하수처리장 설치 지원(4,663억원), 공단폐수처리시설 확충(1,125억원), 농어촌지방상수도 정비(2,113억원), 하수처리재이용산업(211억원)이 주요 투자 사업임
 - 폐기물분야에서는 폐기물매립시설 설치 지원(75억원), 유기성 폐기물 에너지화

시설 설치(71억원), 소각시설 설치(122억원)가 주요 사업임

- 대기, 자연 및 환경보호일반에서는 자연환경보전이용시설 설치 지원(210억원), 도립공원개발 및 관리지원(105억원), 저탄소 녹색성장 기반강화(99억원), 기후변화대책 추진(55억원)이 주요 사업임

<표 9-3> 충청남도 환경예산 연도별 투자계획

(단위 : 억원)

부문별	점유율	소계	2011	2012	2013	2014	2015
합계	100.0%	19,926	3,338	3,596	4,094	4,446	4,452
상하수도·수질	92.6%	18,448	3,095	3,327	3,801	4,070	4,155
폐기물	3.1%	623	85	11	121	201	115
대기	1.1%	222	39	44	44	46	49
자연	1.9%	385	75	75	77	78	80
환경보호일반	1.2%	246	44	49	50	51	52

3) 예산군 환경예산

(1) 예산군 환경보호 분야 투자규모

- 2012~2016년 예산군 전체 투자계획 총 사업비는 1조 8,632억원이며, 이 중 환경보호 분야의 투자규모는 2,485억원으로 전체 예산의 약 13.3%를 차지하고 있음

<표 9-4> 분야별 투자계획

(단위 : 백만원, %)

구 분	중기재정계획					2012 ~ 2016	
	2012	2013	2014	2015	2016	계	비중(%)
합 계	360,093	362,175	367,109	380,081	393,801	1,863,260	100.0
일반공공행정	22,029	32,641	42,749	36,690	50,382	184,491	9.9
공공질서 및 안전	32,104	32,419	33,944	50,847	31,691	181,005	9.7
교육	6,225	7,615	7,729	7,671	7,872	37,112	2.0
문화및관광	29,189	24,003	20,029	37,629	41,754	152,604	8.2
환경보호	47,489	46,265	50,350	53,649	50,743	248,496	13.3
사회복지	63,613	63,451	62,310	63,619	62,585	315,578	16.9
보건	8,686	8,206	14,442	10,031	7,255	48,620	2.6
농림해양수산	76,673	76,046	72,532	66,300	62,444	353,995	19.0
산업·중소기업	29,419	12,682	14,797	11,989	11,246	80,133	4.3
수송및교통	15,828	14,329	12,637	12,907	13,763	69,464	3.7
국토및지역개발	28,838	44,518	35,590	28,749	54,067	191,762	10.4

자료 : 예산군 중기지방재정계획(2012~2016)

(2) 예산군 수질개선 관련 주요 투자계획

- 상하수도·수질 부문 주요 투자사업
 - － 대천지구 공공하수처리 시설공사 55억 2천4백만원
 - － 장신지구 공공하수처리 시설공사 29억 8천5백만원
 - － 예산군 농어촌지방상수도확충사업 101억 7천3백만원
 - － 소규모수도시설개량사업 50억 3백만원
 - － 화천지구 소규모하수처리 시설공사 18억 9천만원
 - － 예당일반산업단지 폐수종말처리시설 103억 7천3백만원
 - － 시목지구 하수처리시설공사 24억 1천6백만원
 - － 동서지구 소규모하수처리 시설공사 26억 7천7백만원
 - － 역탑지구 공공하수처리 시설공사 37억 3천6백만원
 - － 덕산천·대치천하수처리수 재이용사업 94억 7천7백만원
- 자연환경 부문 주요 투자사업
 - － 무한천 생태하천복원사업 150억원
 - － 예산황새고향서식지 환경조성사업 120억원

<표 9-5> 연도별 환경분야 투자계획

(단위 : 백만원, %)

부문별	점유율	소계	2012	2013	2014	2015	2016
계	100.0	248,496	47,489	46,265	50,350	53,649	50,743
상하수도·수질	64.1	159,231	33,369	29,670	32,020	32,806	31,366
폐기물	16.0	39,803	7,719	11,322	7,477	6,588	6,697
대기	0.1	284	56	57	57	57	57
자연	19.8	49,178	6,345	5,216	10,796	14,198	12,623

자료 : 예산군, 예산군 중기지방재정계획(2012~2016)

2. 예당저수지 수질개선 투자 계획

- 본 계획에서는 사업부문을 크게 기반조성(100년계획, 조례제정, 기금마련), 추진조직(수질개선협의체, 예당호네트워크, 중간지원조직), 추진사업(조사모니터링, 환경교육실천, 경제사업, 제도개선검토, 생태공간조성, 수질개선사업)으로 구분하였음
- 세부부문별 사업비를 살펴보면, 100년계획은 400백만원, 수질개선협의체는 80백만원, 예당호네트워크는 360백만원, 중간지원조직은 1,790백만원, 조사모니터링은 520백만원, 환경교육실천은 3,010백만원, 경제사업은 1,910백만원, 제도개선검토는 400백만원, 생태공간조성은 9,020백만원, 수질개선사업은 73,978백만원으로 2013년부터 2020년까지 총 93,628백만원이 투자될 것으로 예상됨
 - 이 가운데 중간지원조직 사업비로는 건축비(1,100백만원 계상), 인건비, 운영비만 포함되었고, 중간지원조직의 사업비는 추진사업 비용으로 제시되었음

<표 9-6> 부문별 총 투자사업비

(단위 : 백만원)

구분	세부부문	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
기반 조성	100년 계획	400	0	200	0	0	0	0	200	0
추진 조직	수질개선 협의체	80	10	10	10	10	10	10	10	10
	예당호 네트워크	360	10	50	50	50	50	50	50	50
	중간지원 조직	1,790	0	100	1,115	115	115	115	115	115
추진 사업	조사모니 터링	2,680	0	710	580	580	180	180	270	180
	환경교육, 실천	3,010	0	430	430	430	430	430	430	430
	경제사업	1,910	0	380	230	230	230	230	230	380
	제도개선 검토	400	0	100	100	100	100	0	0	0
	생태공간 조성	9,020	0	1,270	3,530	2,130	530	520	520	520
	수질개선 사업	73,978	0	5,230	13,378	13,378	13,868	9,708	9,708	8,708
	총계	93,628	20	8,480	19,423	17,023	15,513	11,243	11,533	10,398

1) 추진사업별 세부 투자계획

■ 조사·모니터링 부문

<표 9-7> 조사·모니터링 세부 투자계획

(단위 : 백만원)

세부사업	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
정기적 조사·모니터링	140	0	20	20	20	20	20	20	20
수질모니터링의 날	250	0	70	30	30	30	30	30	30
환경감시단	140	0	20	20	20	20	20	20	20
생태·문화지도 제작	250	0	100	10	10	10	10	100	10
생태·문화박물관 조성	1,900	0	500	500	500	100	100	100	100
총계	2,680	0	710	580	580	180	180	270	180

■ 환경교육·실천 부문

<표 9-8> 환경교육·실천 투자계획

(단위 : 백만원)

세부사업	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
청소년 환경교육	700	0	100	100	100	100	100	100	100
생태해설사 양성	210	0	30	30	30	30	30	30	30
생태·문화 축제	2,100	0	300	300	300	300	300	300	300
1사1하천 살리기	0	0	0	0	0	0	0	0	0
총계	3,010	0	430	430	430	430	430	430	430

■ 경제사업 부문

<표 9-9> 경제사업 투자계획

(단위 : 백만원)

세부사업	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
예당호 브랜드 개발	450	0	100	50	50	50	50	50	100
친환경농업 확산	210	0	30	30	30	30	30	30	30
생태여행프로그램 개발	550	0	150	50	50	50	50	50	150
주민 일자리 지원	700	0	100	100	100	100	100	100	100
총계	1,910	0	380	230	230	230	230	230	380

■ 생태공간조성 부문

<표 9-10> 생태공간조성 투자계획

(단위 : 백만원)

세부사업	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
서식지 기능 개선사업	700	0	100	500	100	0	0	0	0
황새습지 조성사업	2,500	0	500	1,500	500	0	0	0	0
보호지역 지정 및 관리	80	0	50	10	10	10	0	0	0
생태관광시설 확충	1,100	0	100	500	500	0	0	0	0
생태관광 역량강화	140	0	20	20	20	20	20	20	20
조류체험공간 조성	4,500	0	500	1,000	1,000	500	500	500	500
총계	9,020	0	1,270	3,530	2,130	530	520	520	520

■ 수질개선사업 부문

<표 9-11> 수질개선사업 투자계획

(단위 : 백만원)

세부사업	합계	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20
마을단위 공공하수처리시설 설치	36,190	0	5,170	5,170	5,170	5,170	5,170	5,170	5,170
가축분뇨 공공하수처리시설 증설	34,128	0	0	8,008	8,008	8,008	3,368	3,368	3,368
수질정화 인공습지 조성	2,500	0	0	0	0	500	1,000	1,000	0
축산농가 밀집지역 저류지 설치	720	0	0	120	120	120	120	120	120
탄방천 식생수로 및 여과대 설치	100	0	20	30	30	20	0	0	0
논 저류지(둠병) 조성	210	0	30	30	30	30	30	30	30
호안 생태벨트 조성	130	0	10	20	20	20	20	20	20
총계	73,978	0	5,230	13,378	13,378	13,868	9,708	9,708	8,708

3. 투자재원 조달방안

1) 투자재원 조달의 기본원칙 강화

■ 오염자 부담원칙 및 사용자부담원칙의 강화

- 수질오염물질 배출자에게 수질오염 방지와 오염된 수질의 정화에 대한 책임을 강화하여 오염물질의 배출을 사전에 억제하고 경제적 형평성과 환경재정의 확충에 기여함
- 수질개선의 공공재화적 개념을 강화하고 예당호 및 예당호 물을 사용하는 자에게 비용을 부담토록 하여 사용자에게 대한 책임을 강화해야 함

■ 보충성의 원칙

- 보충성의 원칙은 지방분권 및 지방자치의 기본적인 원칙으로 모든 공공 사무는 기본적으로 지방정부가 담당하고 중앙정부는 지방정부의 해결능력을 넘어서는 공공 사무에 대해서 이를 보충하는 역할을 수행해야 함을 강조하는 개념임
- 예산군 및 홍성군, 청양군이 예당저수지 수질개선을 위한 사업들을 자율적으로 추진하도록 하되, 현재 예산군 등의 재정 능력을 넘어서는 대규모 처리시설 등의 사업들에 대해서는 충남도 및 중앙정부가 지원할 필요가 있음

2) 수질개선 예산의 확충

- 가축분뇨공공처리시설, 하수처리장 등 예당호 수질개선 비용에서 가장 큰 비중을 차지하는 시설들에 대한 예산 확충이 필요함
 - 지역내의 사무소에 부과하는 사업소세, 소방시설, 오물처리시설, 수리시설 기타 공공시설에 필요한 비용을 충당하기 위하여 그 시설로 인하여 이익을 받는 자에게 부과되는 공동시설세, 지역의 균형발전 등에 소요되는 재원을 확보하기 위해 발전용수, 지하수, 지하자원 등을 과세대상으로 하는 지역개발세, 현재 4대강유역에서 시행되고 있는 물이용부담금의 재조정, 친환경농업이나 수질개선 등에 대한 농업직불금 지불확대 등을 통해 재원을 확충하는 방안을 고려할 필요가 있음
- 처리시설 건설 등 하드웨어에 대한 예산뿐만 아니라 조사모니터링, 환경교육실천, 등 소프트웨어에 대한 예산이 반드시 확보되어야 함

3) 안정적인 예산 마련

■ 예당호 기금 조성

- 현재 수질개선 사업들은 하수처리시설, 가축분뇨처리시설, 생태하천복원 등 일회적이고 개별적인 사업들로 구성되어 연속성, 연계성, 지속성이 부족함
- 예당호 수질개선을 위한 장기적인 비전과 목표 하에 예당호 기금을 조성함으로써 중앙 정부가 지원하는 단발적인 사업 외에 지속적인 수질개선 실천들을 시행할 수 있는 여건을 마련함
- 예당호 기금의 목표액을 정하고 다양한 방법(예산군의 출연, 중앙정부 및 충남도의 지원, 기부, 제도개선을 통한 물이용부담금이나 농업직불금 등의 활용, 예당저수지 수질 오염 행위에 대한 비용 부과 등)을 통해 목표액을 달성하는 방안을 검토할 필요가 있음

■ 환경부, 한국농어촌공사 등의 저수지 수질개선 투자

- 한국농어촌공사는 농업용수 기준을 넘어설 경우 중점저수지로 지정하고 수질개선에 투자하고 있으며 유역 단위가 아닌 호내 대책에 집중하고 있음
- 예당저수지 수질은 호내에 국한되는 것이 아닌 상류의 영향을 받고 하류에 영향을 미친다는 점에서 예당호 유역 전체의 수질개선에 대한 투자를 유도할 필요가 있음
- 지금까지 환경부는 특히 상수원으로 사용된 하천호소에 수질개선 투자를 집중해왔으나 최근 수생태계 보호를 위해 하구부터 발원지까지 본류와 지류, 하천과 호소를 모두 포함한 수질개선 투자를 검토하고 있으므로 예당저수지를 시범사업으로 지정할 수 있도록 충청도 및 환경부와 정책 협의가 필요함

관리번호	1-1-1
사업명	마을단위 공공하수처리시설 추가 설치

1. 배경 및 필요성

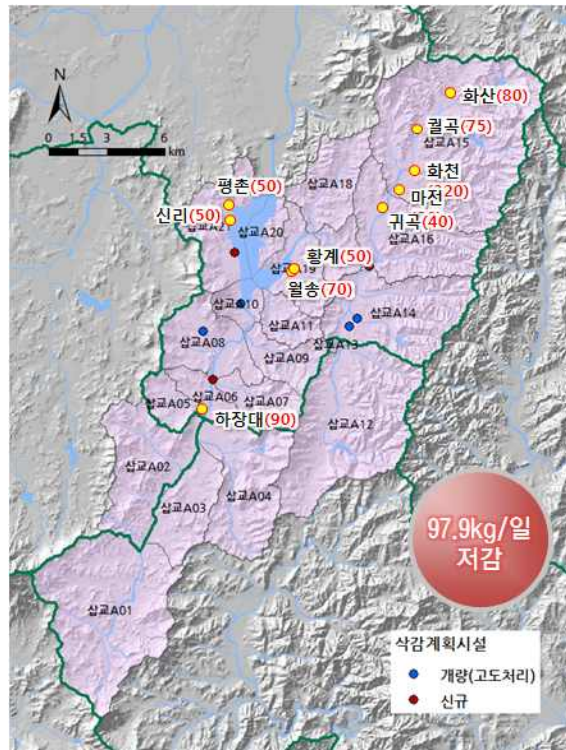
- 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치 예정에도 불구하고 예당저수지 목표수질(Ⅲ등급)을 달성하기 위해서는 생활계 배출부하량 중점관리 대상유역인 삽교A06, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A19, 삽교A21 유역을 중심으로 단계적으로 처리시설을 확충할 필요가 있음
- 동시에 공공하수처리시설의 고도처리와 무처리 방류되는 면소재지 및 집단 거주지역의 하수도시설을 정비함으로써 토양오염방지 및 공공수역의 수질을 보전하고 생활환경을 개선함으로써 군민의 “삶의 질” 향상을 이끌어 낼 수 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 증설용량 : 905m³/일

시설명	위치	처리인구 (명)	시설용량 (m ³ /일)	해당유역	설치 우선순위
화천	대술면 화천리	607	320	삽교A15	1
화산	대술면 화산리	366	80	삽교A15	2
곶곡	대술면 곶곡리	353	75	삽교A15	4
마전	대술면 마전리	361	80	삽교A15	3
평촌	응봉면 평촌리	242	50	삽교A21	5
신리	응봉면 신리	222	50	삽교A21	8
월송	광시면 월송리	296	70	삽교A19	6
황계	신양면 황계리	251	50	삽교A19	7
귀곡	신양면 귀곡리	146	40	삽교A16	9
하장대	광시면 하장대리	455	90	삽교A06	10

－ 설치 우선순위는 삭감량이 큰 순으로 제시



[마을단위 공공처리시설 추가 설치 위치도]

- 사업비 : 36,190백만원

구분	계	1단계	2단계	비고
		2013~2015	2016~2020	
하수처리시설	36,190백만원	10,340백만원	25,850백만원	

－ 재원 : 국비 70%, 도비 15%, 군비 15%(면지역에 해당)

3. 기대효과

- 생활계 배출오염물질 저감으로 예당저수지 공공수역 수질개선
- 예당저수지 상류지역(하수처리시설 미 설치지역 중심)의 수질개선 및 주변 지역의 주거 환경 개선 기대

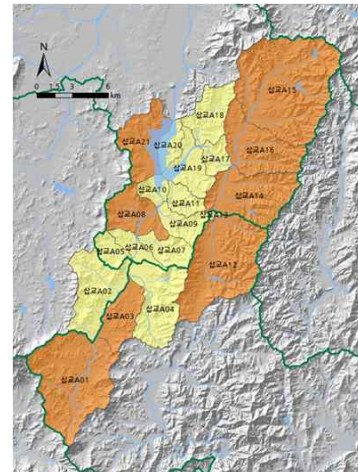
관리번호	1-1-2
사업명	가축분뇨 공공처리시설 증설

1. 배경 및 필요성

- 기존 소규모 농가의 경우 자원화 처리시설 설치 및 운영의 어려움, 처리시설 설치 중대규모 농가의 경우 액퇴비 생산량과 처리량에 대한 효율적인 관리시스템 미비 등 사후관리 어려움에 직면해 있음
- 또한 예당저수지 유역내 오염원 그룹별 배출부하량을 산정하였을 때 축산계의 경우 저수지 수질 영향 기여율이 가장 높은 오염원에 해당하는 것으로 나타남
- 따라서 축산오염물질 저감은 가축분뇨공공처리시설의 확충을 통한 사전적 관리가 가장 안전하고 효율적일 수 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 가축분뇨 공공처리시설 증설
- 사업위치 : 예산읍 궁평리 일원
- 사업기간 : 2015년~2020년
- 1단계 : 증설용량 250m³/일(24,025백만원)
- 2단계 : 증설용량 100m³/일(13,470백만원)
- 수거대상유역 : 축산계 중점관리 유역
 - 삽교A08, 삽교A14, 삽교A15, 삽교A16, 삽교A21
- 사업비 : 34,128백만원



구분	계	1단계	2단계	비고
		2015~2017	2018~2020	
가축분뇨 공공처리시설	34,128백만원	24,025백만원	13,470백만원	

- 재원 : 국비 80%, 군비 20%

3. 기대효과

- 저수지 중점관리 유역 내 축산오염부하 경감을 통하여 예당저수지 수질개선
- 가축분뇨의 체계적인 관리 및 축산농가들의 편리를 도모

관리번호	1-1-3
사업명	호내 유입하천 합수부 수질정화 인공습지 조성

1. 배경 및 필요성

- 예당저수지의 경우 강우시 수질농도가 비강우시 수질농도에 비해 약 2배에 달하며 특히 예당저수지내 유입하천인 무한천과 신양천의 경우 강우시 농도가 약 4배에 달함
- 따라서 비점오염물질 저감 및 호내 오염물질 최종 유입단계에서 정화시스템을 도입하기 위하여 수질정화 인공습지의 조성이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 호내 유입하천 합수부 수질정화 인공습지 조성
- 사업위치 : 무한천, 신양천 말단



[인공습지 설치 위치도]

- 사업기간 : 2014년~2019년
- 무한천 수질정화 인공습지 : 습지처리량 111,736m³
- 신양천 수질정화 인공습지 : 습지처리량 135,505m³

구 분	1단계	2단계
	2014~2016	2017~2019
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 무한천 인공습지 조성 실시설계 • 무한천 말단 수질정화 인공습지 조성 (황새습지 조성사업과 연계하여 실시) 	<ul style="list-style-type: none"> • 신양천 인공습지 조성 실시설계 • 신양천 말단 수질정화 인공습지 조성
사업비	생태공간 조성 사업에서 제시	2,500백만원

3. 기대효과

- 비점오염물질 저감 및 호내 각종 오염물질 유입 완충작용
- 기타 황새 서식지로 활용, 생태공간, 여가선용 장소, 환경교육 공간, 도시녹지 공간으로서 부가적인 효과를 제공

관리번호	1-1-4
사업명	축산농가 밀집지역 저류지 설치

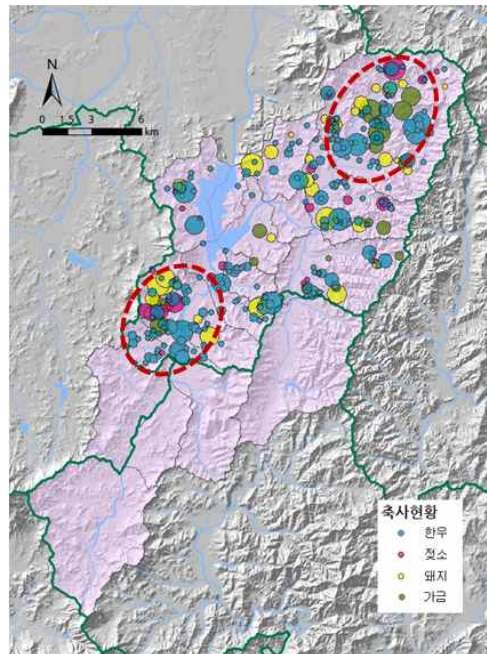
1. 배경 및 필요성

- 축산농가 밀집지역에서는 강우 시 고농도의 유기물 및 영양염류가 처리되지 않고 그대로 하천으로 유출될 뿐만 아니라, 처리된 축산폐수의 경우에도 BOD, SS 농도 150mg/L 이상의 고농도 오염물질이 하천에 배출되는 실정임
- 예당저수지 유역조사 및 수질측정 결과 강우시 오염물질 배출부하 및 수질농도가 증가하는 경향을 보임
- 따라서 축산농가에 의한 비점오염원 저감을 위하여 농가규모별 축사위치도와 연계한 축산시설 밀집지역, 축산부하 생태민감지역을 대상으로 저류지의 설치가 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 축산농가 밀집지역 저류지 설치
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 1단계 : 비점오염물질이 중대한 위해를 미치거나 미칠 우려가 있는 지역을 비점오염원 중점관리지역으로 지정하여 관리
 - 축산농가 밀집지역의 비점오염원 중점관리지역 지정
 - 생태민감지역의 비점오염원 중점관리지역 지정
- 2단계 : 축산계 비점오염물질 중점관리 대상유역 내 저류지 설치
 - 하천과 연접한 농경지나 하천변에 우선 설치

구 분	1단계	2단계
	2014~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 축산농가 밀집지역 비점오염원 중점관리지역 지정 • 생태민감지역 비점오염원 중점관리지역 지정 • 연차별 축산농가 밀집지역 저류지 설치 (2015년부터 시행) 	<ul style="list-style-type: none"> • 연차별 축산농가 밀집지역 저류지 설치 (매년 40톤 규모로 2개소씩 설치)
사업비	120백만원	600백만원



[저류지 설치 위치도]

3. 기대효과

- 농가규모별 축사위치도와 연계한 유역특성에 적합한 비점오염물질 관리체계 구축
- 하천으로의 축산계 비점오염물질 유입 경감을 통한 공공수역 환경 개선
- 유역별 환경용량 유지와 지속가능성 확보

관리번호	1-1-5
사업명	화산천 생태하천 조성사업

1. 배경 및 필요성

- 현재 화산천을 대상으로 홍수에 안전하고 수량이 풍부하며 다양한 생물이 서식하는 친환경 생태하천 복원사업을 실시중이며, 이를 통해 주민과 친밀한 친수공간을 조성하고 쾌적한 주거 환경을 도모하고자 함
- 따라서 기 진행중인 화산천 「고향의 강」 사업과 연계하여 생태공간 조성 및 수생태 복원사업 병행이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 화산천 생태하천 조성사업(고향의 강 사업과 연계)
- 사업개요 : 생태하천 조성 L=9.7km
 - 하천의 치수·이수·생태기능 증진 등 아름다운 하천을 조성하여 쾌적한 주거 환경을 도모
- 사업기간 : 2012년~2016년
- 사업비 : 26,700백만원(재원확보 : 국비 60%, 도비 12%, 군비 28%)
- 추가제안 : 비점오염원에 의한 오염저감을 위해 습지 및 저류지 조성, 수질정화 효과가 높은 수변 식생식재 등의 고려가 필요함

개선효과가 검증된 정화식물



그외 정화식물



[수질정화 식물]

3. 기대효과

- 건강하고 생태적으로 안정한 유역환경 조성 및 하천의 자정능력 향상

- 주민과 친밀한 친수공간을 조성하고 쾌적한 주거 환경을 도모

관리번호	1-1-6
사업명	무한천 생태하천 조성사업

1. 배경 및 필요성

- 현재 무한천을 대상으로 생태환경을 복원하여 황새가 노닐 수 있는 주요 먹이 서식지로 조성하기 위하여 수생태계 건강성 회복, 인간과 자연이 공존하는 지속가능한 생태하천으로의 복원을 위한 기본 및 실시설계 중임
- 따라서 기 설계중인 무한천 생태하천 복원사업 실시시 유역의 오염원과 연계한 수질오염 저감시설 추가 설치를 고려할 필요가 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 무한천 생태하천 조성사업
- 사업연장 : L=7.0km(청성교~ 동산교)
- 사업기간 : 2012년~2016년
- 사업비 : 15,000백만원(재원확보 : 국비 60%, 군비 40%)
- 추가제안 : 시목천 합수부의 수질개선 및 인근 축사 비점오염물질 저감을 위한 습초지형 저류지를 추가로 설치



[추가 저류지 설치 위치]

3. 기대효과

- 건강하고 생태적으로 안정한 유역환경 조성 및 하천의 자정능력 향상
- 인간과 자연이 공존하는 지속가능한 생태하천 조성

관리번호	1-1-7
사업명	탄방천 식생수로 및 여과대 조성

1. 배경 및 필요성

- 예당저수지 유역 내 하천별 유달률 산정 결과 탄방천의 경우 20.9%, 강촌천의 경우 19.8%의 높은 유달률을 보임
 - BOD₅기준 하천수질 평가결과 탄방천의 경우 III 등급의 수질을 나타내고 있음
- 따라서 유달률이 높은 하천의 자정능력 향상 및 오염부하 경감대책(완충지대 형성 등)이 필요한 실정임
- 이를 위해 오염부하 완충효과 증대 및 유달률 감소를 위한 식생수로 및 여과대 설치가 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 탄방천 식생수로 및 여과대 조성
- 사업기간 : 2014년~2017년
- 하천배후습지 보전 및 복원이 필요. 특히 하천 제외지 수변생태벨트 조성 우선
- 본 사업은 충남도의 도량살리기 사업과 연계하여 추진이 가능할 것으로 판단

구 분	1단계	2단계
	2014~2015	2016~2017
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 수변생태벨트 조성을 위한 현장조사 • 우선 식재지역 식생수로 및 여과대 조성 	<ul style="list-style-type: none"> • 식생수로 및 여과대 조성 확대 • 하천 배후습지 복원
사업비	50백만원	50백만원

3. 기대효과

- 건강하고 생태적으로 안정한 물환경 조성
- 식생수로 및 여과대 조성을 통하여 하천의 자정능력 향상 및 오염부하 완충효과 증대
- 지역민에게 친환경 친수공간 제공

관리번호	1-1-8
사업명	무한천 유역 논 저류지(생태둑) 설치

1. 배경 및 필요성

- 하천변 농경지는 기존의 경작 방식인 관행농법을 그대로 적용함에 따라 홍수시 침수가 되면 여과 없이 그대로 토사와 각종 영양물질, 화학물질이 수계로 들어가게 되어 하천수 질에 더욱 큰 피해를 주게 됨
- 특히 경작시 발생하는 표토의 교란, 추수 후 다음 경작까지의 농지 방치, 토양개량을 위해 비료나 가축배설물 등의 토층상부에 살포, 살충제 살포, 관개용수의 공급 등이 주 오염원이 됨
- 따라서 강우시 농약 및 비료잔류물 유출 저감, 농경지에 의한 비점오염부하 경감이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 무한천 유역 논 저류지(생태둑) 설치
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 사업규모 : 논 1ha 당 약 0.02ha
- 논 저류지(생태둑)의 경우 예당저수지 유입 농수로 하단부에 우선적으로 설치(무한천 유역 우선 실시)하며 연차별로 매년 약 10개소씩 설치(1개소당 3백만원 소요 예상)

구 분	1단계	2단계
	2014~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 생태둑 설치를 위한 상류유역 내 농경지 및 수로, 농가 파악 • 논 저류지(생태둑) 설치 	<ul style="list-style-type: none"> • 논 저류지(생태둑) 설치 효과 평가 및 추가 설치
사업비	60백만원	150백만원

3. 기대효과

- 강우시 농약 및 비료잔류물 유출 저감, 농경지 및 축산농가에 의한 비점오염물질 부하 경감을 통해 무한천 유역 및 예당저수지 수질개선
- 축산농민, 마을주민 등 군민의 수질개선 의식 고취

- 친환경 생태둠벙 조성을 통한 Biotop 확대 등 농경생태계 회복 및 다양성 확대

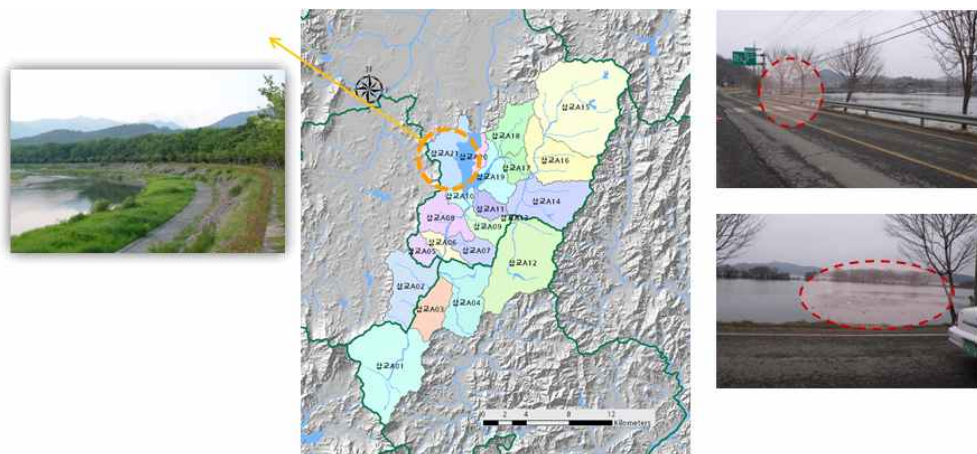
관리번호	1-1-9
사업명	호안 생태벨트 조성

1. 배경 및 필요성

- 최근 국내외 저수지의 경우 오염물질 완충역할을 할 수 있는 수변벨트, 호안벨트를 조성하는 것이 확대되는 추세임
- 예당저수지 좌안의 경우 농지, 도로 등에서 기인한 비점오염부하 경감을 위한 호안 생태벨트 조성을 통하여 호내 유입 비점오염부하 저감 및 경관완충녹지 확보가 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 호안 생태벨트 조성(예당저수지 좌안을 중심으로)
- 사업개요
 - － 호안 습지조성(기존 농경지 습지 전환), 호안 수생식물 벨트 조성, 4계절 무늬 조성
 - － 개발제한 또는 인접토지 협약을 통한 친환경농법, 경관미를 높이는 작물재배 등 고려
 - － 호내 비점오염부하 경감 및 수생태 건강성을 증진할 수 있도록 호안생태벨트에는 정화효율과 수원함양 등이 우수하고 지역에 적합한 자생수종 식재하는 등 호안녹지조성 기법 개발 및 일부 구간 호안생태벨트 조성 시범사업 등의 추진
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 사업비 : 130백만원(재원확보 : 군비 100%)



[호안생태벨트 조성 위치도]

구 분	1단계	2단계
	2014~2016	2017~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> 호안 수생식물 벨트 조성 4계절 무논 조성 	<ul style="list-style-type: none"> 호안 습지조성(기존 농경지를 전환) 호안 수생식물 벨트 조성
사업비	500백만원	800백만원

3. 기대효과

- 호내 비점오염부하 경감 및 수생태 건강성을 증진
- 경관, 완충녹지 확보 및 조류 서식처 제공, 군민의 환경복지 증진

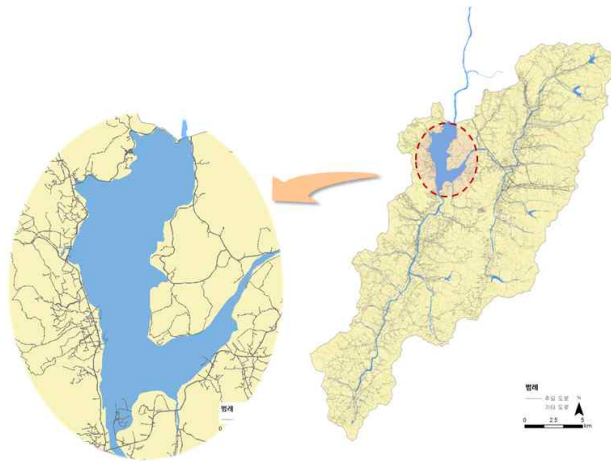
관리번호	1-1-10
사업명	유역내 도로 정기적 청소 실시

1. 배경 및 필요성

- 기존에 운영되고 있는 노면 청소차를 활용하여 예당저수지 유역 내 도로에 의한 비점오염물질 부하량을 저감하기 위하여 응봉면, 대흥면을 중심으로 본격적인 강우시기 전인 5월경에 도로청소의 실시가 필요함
- 환경부는 청소를 통한 도로 비점오염관리방안 마련을 위해 청소방법, 주기, 횟수, 유지관리방안을 위한 세부시행계획을 2013년까지 마련할 계획이며, 진공흡입식 청소차 보급 확대를 위한 포장도로 노면 청소차 지원사업을 2020년까지 지속적으로 추진할 예정임

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당저수지 유역내 도로 정기적 청소 실시
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 사업비 : 기 추진 사업비로 대체



[도로청소 위치도]

3. 기대효과

- 유역내 도로에 적치된 비점오염물질에 의한 부하 저감

관리번호	2-1-1
사업명	예당호 탐사대 운영 및 정기적인 조사·모니터링

1. 배경 및 필요성

- 예당호 및 유입하천의 수질 및 생태계 변화를 지속적으로 모니터링하여 예당호 수질개선 사업의 효과를 검토하고 수질개선사업을 수정·보완할 필요성이 있음
- 예당호 내 퇴적물 현황에 대한 정기 조사를 통해 퇴적물 준설 효과, 시기, 방법을 제안할 필요가 있음
- 주민들이 모니터링에 참여할 수 있도록 사전 교육 진행하고 탐사대를 구성하여 조사·모니터링 활동 참여를 독려함

2. 추진방안

- 주요사업 : 정기적인 수질·생태·퇴적물 조사·모니터링
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 140백만원(군비 140백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 조사·모니터링 후보지 선정 • 수질·생태·퇴적물 모니터링 주민 탐사대 조직·교육 • 정기적인 조사·모니터링 실시 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 수질개선사업 평가 • 조사·모니터링 지점 변경 검토 • 정기적인 조사·모니터링 실시
사업비	40백만원	100백만원

3. 기대효과

- 예당호 유역의 수질·생태 현황에 대한 모니터링을 통해 예당호 수질개선 사업의 효과를 홍보하고 주민들의 동의를 이끌어낼 수 있음
- 예당호 수질개선사업의 성과를 지속적으로 평가함으로써 수정·변경 및 추가할 수 있음

관리번호	2-1-2
사업명	수질·생태 모니터링의 날 행사 개최

1. 배경 및 필요성

- 주민이 참여하는 예당호 모니터링의 날 행사를 운영하고 주민들의 참여를 지원함
- 커뮤니티 맵핑 등의 웹 기반 프로그램을 활용하여 주민들의 모니터링 자료를 공개하고 생태문화지도 작성 등에 활용함

2. 추진방안

- 주요사업 : 주민이 참여하는 수질·생태 모니터링의 날 행사
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 250백만원(군비 250백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 모니터링의 날 행사안 마련 • 주민 모니터링 매뉴얼 작성 • 모니터링의 날 행사 진행 	<ul style="list-style-type: none"> • 모니터링의 날 행사 진행 • 수질·생태 지도에 반영 • 영상 정보(영화, 그림 등) 제작 지원
사업비	100백만원	150백만원

3. 기대효과

- 주민이 참여하는 모니터링 행사를 통해 예당호에 대한 예산군민의 관심을 불러일으키고 실천을 촉진할 수 있음
- 수질·생태모니터링 방법에 대한 주민 교육을 통해 예당호 수질·생태 현황에 대한 인지도 및 이해도를 높일 수 있음

관리번호	2-1-3
사업명	예당호 환경감시단 운영

1. 배경 및 필요성

- 행정만으로 예당호 수질오염 행위에 대한 지도·단속이 어렵다는 점에서 민·관이 함께 감시프로그램을 운영함으로써 지도·단속의 효율성과 효과성을 높일 필요가 있음
- 환경부의 환경감시단(민·관 환경감시대, 명예환경감시원, 주민감시원으로 구성) 제도를 참고하여 예산군 담당공무원 외에 예산군 내 전문가 등으로 구성된 명예환경감시원 및 예당호 인근지역 주민들로 구성된 주민감시원을 구성함

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 환경감시단 운영
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 190백만원(군비 140백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 환경감시단 출범 • 명예환경감시원, 주민감시원 교육 • 예당호 환경 지도·단속 시행 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 환경 지도·단속 시행 • 명예환경감시원, 주민감시원 재교육 • 환경감시대 활동에 대한 표창
사업비	40백만원	100백만원

3. 기대효과

- 예산군민들이 직접 명예환경감시원 및 주민감시원 활동에 참여함으로써 감시원의 예당호에 대한 이해의 폭을 넓히는 동시에 유역 주민들의 자율적인 수질오염 방지 실천을 이끌어낼 수 있음
- 행정의 과도한 부담을 덜고 보다 신속하고 지속적으로 지도·단속을 시행함으로써 지도·단속의 효과성과 효율성을 높임

관리번호	2-2-1
사업명	예당호 유역 생태·문화지도 제작

1. 배경 및 필요성

- 조사·모니터링 자료(전문가 모니터링 자료뿐만 아니라 모니터링의 날 제시된 주민들의 측정 자료 포함)를 활용하여 예당호 지역의 생태·문화지도를 제작함
- 예당호의 수질·생태 정보뿐만 아니라 예당호 유역의 역사·문화 자원들에 대한 정보도 함께 수록함으로써 예당호에 대한 주민들의 자긍심을 높이고 관광 정보 등에 활용

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 유역 생태·문화지도 제작(5년 주기 갱신)
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 250백만원(군비 250백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 조사·모니터링 자료 가공 • 생태, 문화 정보 수집 • 예당호에 대한 영상 정보 수집·생산 • 지도 제작(인터넷 활용 관리) 	<ul style="list-style-type: none"> • 정기적 조사·모니터링, 모니터링의 날 자료 갱신 • 지도 재제작(5년 주기)
사업비	110백만원	140백만원

3. 기대효과

- 생태·문화지도에 주민들이 참여하여 만든 영화, 만화, 글, 그림 등의 영상 정보와 연계함으로써 예당호 유역에 대한 소속감과 자긍심을 높일 수 있음
- 인터넷, 스마트폰 등을 이용하여 주민들의 일상적인 관찰 내용이 반영되어 지도가 수정될 수 있도록 설계함으로써 지속적인 관심을 유도할 수 있음

관리번호	2-2-2
사업명	예당호 생태·문화 박물관 조성

1. 배경 및 필요성

- 예산군민들이 예당호에 대해 자긍심을 느낌에도 불구하고 예당호의 역사를 기록하고 보관하고 전시하는 공간이 부재하여 예당호를 찾는 사람들에게 정보 제공이 불가함
- 예당호 축조 전부터 현재까지 생태·환경·역사·문화 자료 수집·전시하며, 예당호 주변의 생태·문화 자산들을 소개하고 연결하는 중심 기능을 수행하는 공간으로 활용함
- 단순히 전시 공간이 아니라 실제 생활과 활동이 함께 이루어지는 공간을 만들고, 보다 현장감 있는 교육과 체험을 진행할 수 있음
- 새로운 공간을 마련하는 방법보다는 현재 예당내수면어업계가 운영 중인 예당우리물고기 생태체험관 등 기존 공간의 여유 공간을 활용하는 방안을 검토함으로써 건설비 및 운영비 부담을 줄일 수 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 생태·문화 박물관 조성 및 운영
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 1,900백만원(국비 500백만원, 도비 500백만원, 군비 900백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 생태·문화 박물관 공간 모색 (기존 공간 활용 및 공간 기부 방식 검토) • 생태·문화 유산의 수집 • 예당호 유역 생태·문화 현장 유산에 대한 정보 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 유역 생태·문화 유산을 연결하는 중심 기능 수행 • 환경교육의 장으로 활용 • 여행정보센터 기능 수행
사업비	1,000백만원	900백만원

3. 기대효과

- 예당호의 생태·문화에 대한 정보를 수집·기록·전시하고 예당호 전역에 흩어져 있는 자연유산과 문화유산을 소개함으로써 예당호 보전과 이용의 핵심 공간으로 활용될 수 있음

관리번호	3-1-1
사업명	서식지 기능 개선 사업

1. 배경 및 필요성

- 예당호의 경우 서식지 구조가 단순하고 낚시인 출입, 어업 활동, 먹이공간 부족 등으로 인해 과거 많은 개체수가 이용하던 공간임에도 불구하고 현재 서식지의 질은 낮은 상태임
- 예당호의 생태적 기능 강화를 위해 은폐시설 확충, 수생식물대조성, 먹이공급, 하중도 설치 등의 사업 진행으로 서식지의 질을 높일 필요가 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 서식지 기능 개선 사업을 위한 휴식처 및 먹이공간 조성
- 사업기간 : 2014년~2016년
- 먹이공간과 휴식공간 제공이 주된 목적이며 먹이 공간 확충을 위해 인공먹이공급, 수생식물대, 낮은 수심의 습지 공간을 공급하며 안정된 휴식처 제공을 위해 하중도 설치, 은폐시설을 설치함

구 분	1단계	
	2014~2016	
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 하중도 설치 • 수생식물대 조성 • 낮은 수심의 습지공간 조성 • 은폐막 및 은폐 식생대 조성 	
사업비	700백만원	

3. 기대효과

- 서식지 기능을 개선하여 과거처럼 많은 개체수의 철새를 유도하여 지역자원으로 활용함
- 황새마을과 연계한 프로그램 진행을 통해 예산을 찾은 관광객에 다양한 볼거리 제공

관리번호	3-1-2
사업명	황새습지 조성 사업

1. 배경 및 필요성

- 황새의 경우 수심이 낮은 하천 및 조수지 주변, 습초지 등에서 먹이활동을 주로 하므로 황새마을 주변과 황새의 활동공간내에 낮은 수심의 습지 조성이 필요함
- 예당호의 경우 황새마을 인근에 위치하며 황새의 먹이공간으로 활용도가 높을 것으로 예상되지만 실제 예당호에는 낮은 수심의 습지 공간이 부족한 상황임
- 따라서 황새의 먹이공간으로 이용할 수 있게끔 낮은 수심의 습지공간 제공, 은폐시설 확충, 어류, 양서파충류 등 황새 먹이자원의 서식공간 조성 등이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 황새 서식지 제공 및 탐방시설 확충
- 사업기간 : 2014년~2016년
- 낮은 수심 습지 제공이 우선이며 안정된 휴식과 먹이활동을 위해 은폐가 필수적임, 일부 공간의 경우 은폐소(hide)를 통해 관찰을 할 수 있는 공간을 도입할 경우 가까워서 황새를 관찰하고픈 탐방객의 욕구도 함께 충족시킬 수 있음

구 분	1단계	
	2014~2016	
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 습지공간 조성(먹이공간, 휴식공간) • 습지 주변 은폐시설 확충 • 탐방객을 위한 은폐소 설치 	
사업비	2,500백만원	

3. 기대효과

- 황새 서식공간의 추가적인 제공으로 황새의 예산군내 장기적 서식을 유도하며 이를 통해 '황새의 고향' 예산군의 이미지를 부각시킴
- 예산을 찾은 관광객에게 보다 많은 볼거리를 제공하고 예산 탐방의 만족도를 높임

관리번호	3-1-3
사업명	보호지역 및 국제 보호 사이트 지정

1. 배경 및 필요성

- 중요 서식지에 대한 출입 통제 및 서식지에 대한 위협적인 행위 제한을 위한 근거 마련을 위해 보호지역 지정도 고려해야함
- 예당호의 경우 농업용수 확보가 최우선의 목적으로 조성된 이유로 아직 서식지로써의 가치 인식은 낮으며 따라서 보호구역 지정은 아직 설정되어 있지 않음
- 따라서 서식지 기능 개선과 관리를 위한 제도적 기반 마련을 위해 보호구역 지역이 필요한 실정임

2. 추진방안

- 주요사업 : 보호지역 지정
- 사업기간 : 2014년~2016년
- 국내 법률을 토대로 습지보호구역, 야생동물보호구역, 생태경관보전지역 등을 우선 지정하여 서식지 관리의 토대를 마련하고 이후 랍사사이트, 생물권보전지역 등 국제 보호 사이트로 지정함

구 분	1단계	
	2014~2016	
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 국내법내 보호구역 지정과 이를 위한 사전 자연환경조사 실시 • 국제적 보호구역 지정을 위한 사전 모니터링 및 사이트 지정 신청 	
사업비	80백만원	

3. 기대효과

- 지속적인 예당호를 위한 기본적인 토대마련
- 국제적 서식지로써 예당호라는 홍보효과 증대

관리번호	3-1-4
사업명	생태관광 시설 확충

1. 배경 및 필요성

- 예당호 내에 생태공간을 조성할 경우 서식하는 생물도 또한 증가할 것으로 예상되며 이를 자원으로 활용할 경우 탐방객의 증가가 또한 예상됨
- 생태관광 시설은 탐방객의 편의를 제공하지만 서식지 내에 서식하는 생물공간을 잠식하고 또한 탐방객의 출입을 잦게 하므로 방해요인을 증가시킬 수 있으므로 은폐소 및 탐방로 등 간소화해야 하며 공간 또한 최소화해야 함
- 따라서 예당호 생태공간 내에 최소한의 생태관광시설 확충을 통해 탐방객의 만족을 높이고 이를 통해 예산의 이미지 제고와 나아가 지역경제에 도움이 될 수 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 탐방객 편의 및 탐방 시설 제공
- 사업기간 : 2014년~2016년
- 탐방로, 안내판, 은폐소 등 관찰할 수 있는 최소한의 시설을 제공하며 은폐소 및 관찰소의 경우 서식하는 조류에 피해를 최소화하고 탐방객의 가까에서 조류를 관찰하고자 하는 욕구 충족 시킴

구 분	1단계	
	2014~2016	
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 탐방로, 안내판 설치 • 은폐소, 관찰소 설치 • 탐방로 주변 은폐막 설치 및 은폐식재 	
사업비	1,100백만원	

3. 기대효과

- 서식하는 생물 및 조류에 피해를 최소화 하며 탐방객의 만족도를 높임
- 친환경 생태도시라는 예산군의 이미지 제고

관리번호	3-1-5
사업명	생태관광 역량 강화

1. 배경 및 필요성

- 생태관광 운영을 통한 수익이 지역 내에서 순환되기 위해서는 지역민의 적극적인 참여 우선적으로 필요하며 생태관광의 지속성을 위해서 지역민 주체의 운영위원회 구성이 필요함
- 이를 위해 생태관광의 운영 및 관리 등에 관한 교육 뿐 만 아니라 진행요원 즉 해설사 등에 대해서도 지속적인 교육이 필요함. 그리고 보전을 통한 지역경제활성화라는 등식의 생태관광에 대한 이해도를 높이기 위한 교육도 우선적으로 실시되어야 함

2. 추진방안

- 주요사업 : 생태관광 운영, 관리, 진행에 대한 지속적인 교육
- 사업기간 : 2014년~2016년
- 생태관광의 지속성을 담보하기 위해서는 해설사, 운영자 등에 지역민 참여가 최우선으로 이뤄져야 하며 이들이 가진 지역에 대한 이해와 애착을 통해 보다 질 높은 관광 안내 및 해설이 이뤄 질 수 있음

구 분	1단계	2단계
	2014~2016	2017~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 생태관광에 대한 이해를 높이기 위한 교육 • 생태관광 운영, 관리, 진행(해설사)에 대한 교육 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적인 교육
사업비	60백만원	80백만원 소요 예상

3. 기대효과

- 생태관광 운영에 의한 수익의 지역 내 순환
- 지역민의 참여로 인해 지역민들의 결속 및 애향심 강화

관리번호	3-1-6
사업명	조류 체험 공간 조성

1. 배경 및 필요성

- 예산의 지역자원을 활용한 수익 증대를 위해 황새마을을 비롯한 예산 내 다양한 관광 프로그램을 이용하는 관광객의 만족도를 높이고 체류기간 연장을 위해 보다 경쟁력 있는 추가적인 공간 조성이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 인공증식 조류의 서식공간과 탐방객의 체험공간 조성
- 사업기간 : 2014년~2020년
- 야생종의 사육된 개체를 통해 사람과 직접 접촉하는 공간을 조성하여 탐방객에게 이색체험과 동시에 생태와 공감할 수 있는 기회를 제공함
- 야생종의 경우 지역별 야생동물 구조센터 및 동물원 등에서 확보할 수 있으며 지속적인 인공증식 기술 및 질병관리의 지식 등이 확보되어야 함

구 분	1단계	2단계
	2014~2016	2017~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 사육개체의 서식공간(습지)조성 • 탐방로 등 기본적인 관찰시설 조성 • 인공증식정 조성과 사육 개체 증식 	<ul style="list-style-type: none"> • 지속적인 사육 개체군 증식 • 질병관리 매뉴얼 개발
사업비	2,500백만원	2,000백만원

3. 기대효과

- 국내에서는 희귀한 프로그램으로 조성될 경우 생태관광 시장에서 경쟁력을 확보할 수 있으며 또한 ‘황새마을’과 연계하여 보다 다양한 프로그램을 제공할 수 있음

관리번호	4-1-1
사업명	청소년 환경교육 활성화

1. 배경 및 필요성

- 예당호의 지속가능한 보전과 이용을 위해서는 현세대뿐만 아니라 미래세대가 예당호에 부여하는 가치가 존중되고 반영되어야 함
- 청소년들이 예당호 보전 활동에 직접 참여할 수 있는 기회를 제공함으로써 예당호의 미래를 책임질 주체를 양성할 필요가 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 유역의 청소년이 주체가 되는 학교 환경교육 활성화 지원
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 700백만원(도비 350백만원, 군비 350백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 학교환경교육 시범학교 지정 • 청소년 환경학교 개최 • 청소년 환경동아리 지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 학교환경교육 활동 확대 • 청소년 환경동아리 지원 확대 (교류프로그램 진행) • 청소년 환경교육 한마당 개최
사업비	200백만원	500백만원

3. 기대효과

- 청소년들의 적극적인 환경 실천은 예당호 유역 주민들의 관심과 참여도를 높이는 효과를 가져올 수 있음
- 청소년 환경학교 및 환경교육 한마당 개최 등을 통해 예당호의 수질개선 사례를 전국적, 국제적으로 홍보할 수 있으며 새로운 환경실천 경험을 나눌 수 있음

관리번호	4-1-2
사업명	예당호 생태해설사 양성 프로그램

1. 배경 및 필요성

- 하천 모니터링과 홍보·교육을 담당할 지킴이나 활동가를 양성하는 프로그램이 필요함
- 단계별 교육 진행을 통해 고급 과정 이수자가 초급 과정 이수자 또는 청소년 환경교육을 담당할 수 있도록 프로그램을 구성할 필요가 있음(심화단계 교육 과정이나 교육 후 현장 보조강사 참가)
- 장기적으로는 예당호 환경교육센터 구축 등을 통해 생태환경교육을 수행할 거점을 마련할 필요성이 있음(단기적으로는 예당우리물고기생태체험관이나 대흥슬로시티 방문자센터·체험관 등을 활용)

2. 추진방안

- 주요사업 : 생태해설사 양성 프로그램
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 210백만원(군비 210백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 교육프로그램 준비 • 단계별 교육 매뉴얼 작성 • 생태해설사 양성 교육 시행 	<ul style="list-style-type: none"> • 심화단계 교육 과정 개설 • 예당호 환경교육센터 준비
사업비	60백만원	150백만원

3. 기대효과

- 예산군민이 직접 생태해설사 교육을 이수하고 생태해설사가 됨으로써 보다 현장과 밀착한 생태여행안내나 환경교육이 가능해짐
- 예당군민이 초급과정뿐만 아니라 심화교육을 통해 예당호에 대한 지식과 정보를 축적함으로써 살아있는 에코뮤지엄의 한 축을 완성할 수 있음
- 생태여행, 책임여행, 공정여행 등 교육, 체험, 공감의 추가 되는 대안여행이 활성화될 수 있음

관리번호	4-2-1
사업명	예당호 생태·문화 축제 개최

1. 배경 및 필요성

- 예당호에서는 현재 예산 옛이야기 축제, 예당호 해맞이 축제, 예당전국낚시대회 등 여러 축제가 진행되고 있으나 예당호의 수질생태에 대한 스토리텔링은 부족함
- 예당호 수질개선 관련 실천들을 알리고 묶어내는 생태·문화 축제를 구성함으로써 예당호 자체에 대한 인식 증진과 홍보가 가능함(소비성 행사가 아닌 주민들의 수질개선 활동들을 즐겁게 풀어낼 수 있는 행사로 설계)

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 생태·문화 축제 개최
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 2,100백만원(군비 700백만원, 도비 700백만원, 국비 700백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 생태·문화 축제 구상 • 수질 개선 실천의 홍보 • 전통 물 문화의 복원 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 생태·문화 축제 활성화 • 생태·문화여행 연계 • 환경교육의 장으로 활용
사업비	600백만원	1,500백만원

3. 기대효과

- 예당호의 다양한 수질개선 및 생태복원 사업들과 환경교육실천들을 알리고 교류할 수 있는 기회를 제공함으로써 예당호의 다양한 수질개선 사업들의 지속성을 확보
- 예당호 에코뮤지엄을 실현하기 위한 활동의 일환으로 예당호의 ‘물’과 연관된 오랜 전통들을 복원하고 생태문화 축제를 이용하여 실현할 수 있음

관리번호	4-2-2
사업명	기업 참여 생태하천 가꾸기

1. 배경 및 필요성

- 예당호 상류에 위치한 기업체들이 수질개선 활동에 참여하도록 유도함으로써 예당호 수질에 대한 관심을 높이고 책임을 공유할 필요가 있음
- 환경부의 1사 1하천 운동 프로그램 및 우수사례 시장 등을 활용하여 기업 홍보 및 이미지 개선을 지원할 수 있음
- 수질개선 기술 개발, 모니터링 기술 개발 및 지원 등으로 기업의 수질개선 활동을 확대할 수 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 1사 1하천 살리기
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 비예산(기업의 자발적 참여)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 1사 1하천 협약식 • 1사 1하천 살리기 활동 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> • 1사 1하천 살리기 활동 지속 • 친환경농업, EM 제조, 수질정화 기술 개발 등 수질개선 관련 기업 활동으로 확대
사업비	비예산	비예산

3. 기대효과

- 예당호 유역 기업들이 지역사회에 봉사하고 기여함으로써 지역사회에서 평판을 높이고 직원들의 지역사회에 대한 소속감을 높일 수 있음
- 장기적으로 예당호 수질개선 및 생태복원, 친환경농업, 생태여행 등에 대한 예당호 유역 기업의 참여도를 높일 수 있음

관리번호	5-1-1
사업명	예당호 브랜드 개발 및 판로 확보

1. 배경 및 필요성

- 생태계 보전, 보호지역 지정, 생물다양성 증진과 관련된 사업들이 기존의 엄격한 행위 규제 중심에서 지역의 발전과 연계될 수 있는 보호 활동으로 강조점이 변화되고 있음
- 예당호 유역의 수질 개선 노력이 지역발전과 연계될 수 있도록 예당호 주변지역의 농산물, 식품, 공예품, 여행상품 등을 아우르는 공통 브랜드를 개발하고 품질 개선 및 판로 확보 지원이 필요가 있음
- 슬로푸드, 로컬푸드 개념을 적용하여 예당호 상류 및 주변지역의 먹거리 및 상품들이 예당호 하류 및 인근 지역에서 안정적으로 판매될 수 있도록 직매장 개설, 학교급식 공급 등의 방안을 마련할 필요가 있음

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 공동 브랜드 개발
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 450백만원(군비 450백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 브랜드 자원 조사 • 예당호 브랜드 개발 • 예당호 브랜드 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 브랜드 평가 • 예당호 브랜드 인증프로그램 • 예당호 브랜드의 안정적 판로 확보
사업비	150백만원	300백만원

3. 기대효과

- 친환경브랜드 개발 및 판로 확보를 통해 예당호 상류 친환경농업 실천 농가에 대한 지원이 가능하며 이를 통해 수질 개선에 참여하는 농가가 확산될 수 있음
- 예당호 브랜드에 기초한 상하류 지역의 도농교류를 활성화함으로써 예당호 농산물 및 상품의 판로를 확보하고 예산군민이 예당호 수질보전 활동에 참여하도록 동기를 부여할 수 있음

관리번호	5-1-2
사업명	예당호 유역 친환경농업 확산

1. 배경 및 필요성

- 예당호 수질오염의 상당 부분이 축산 등 농업활동에서 비롯되기 때문에 예당호 수질의 개선을 위해서는 자원순환적인 친환경농업 체계를 구축할 필요가 있으며, 이를 위해 친환경농업의 교육·홍보 및 시범사업이 필요
- 현재의 친환경농업 진흥 정책만으로는 예당호 상류 유역의 전면적인 친환경농업 확산에 한계가 있으므로 충남도에서 구상 중인 농업직불금 제도 개선 논의에서 수질개선활동을 포함시키거나 저수지 주변지역 지원정책을 도입하는 방안을 건의할 필요성이 있음(친환경농업의 수질개선 및 생태계개선 효과에 대한 모니터링·평가 필요)

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 유역 친환경농업 교육·홍보
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 210백만원(군비 210백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호유역 친환경농업 잠재력 평가 • 친환경농업 시범사업 실시 • 친환경농업 교육·홍보 	<ul style="list-style-type: none"> • 친환경농업 지원 제도 개선 건의 • 친환경농업의 효과 모니터링·평가 • 친환경농업 교육·홍보(예당호의 독특한 친환경농업 실천활동 정착)
사업비	60백만원	150백만원

3. 기대효과

- 예당호 유역의 친환경농업 실천을 확산함으로써 예당호의 수질을 개선하는 동시에 예산군의 친환경농업 이미지를 홍보할 수 있음
- 예당호 유역의 친환경농업 시범사업을 통해 농업과 수질·생태계 사이의 연관성에 대한 자료를 구축함으로써 국내 농업 보조금 또는 저수지 주변지역 제도 개선에 기여할 수 있음

관리번호	5-2-1
사업명	예당호 생태·문화 관광 프로그램 개발

1. 배경 및 필요성

- 예산군에서 의욕적으로 추진되고 있는 황새마을, 대흥 슬로시티와 연계하여 예당호 생태·문화 관광이 단순한 관광사업을 넘어서 지역활성화 전략으로 추진될 수 있는 방안 모색이 필요함
- 예당호의 핵심 이야기를 추출하고 이를 통해 서로 변별되면서도 시너지를 낼 수 있는 콘텐츠 개발이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 생태·문화 관광 프로그램 개발
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 550백만원(군비 200백만원, 도비 150백만원, 국비 200백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2016~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 자원조사 • 예당호 스토리텔링 • 생태·문화 관광 참여자 모집·교육 	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 자원 재조사 • 생태·문화 관광 프로그램 홍보 • 생태·문화 관광 프로그램 개선
사업비	200백만원	350백만원

3. 기대효과

- 책임여행, 공정여행, 생태관광 등 금강 주변지역의 역사문화유산과 자연생태를 보전하는데 기여할 수 있는 대안적인 방식의 관광을 활성화할 수 있는 기반이 구축됨
- 해설사 교육훈련, 생태문화교육장 운영의 지원, 공정여행이나 책임여행을 담당하는 사회적기업 육성과 연계됨으로써 행정 중심이 아닌 지역 주민이 주도하는 실천이 가능해짐

관리번호	5-2-2
사업명	예당호 관련 주민 일자리 지원

1. 배경 및 필요성

- 생활 속의 수질개선 활동을 지원하는 활동(뽕병 조성, 습지 관리, 축산농가 저류조 관리, 도로 청소, 주차장 운영 등)에 대해서 예당호 주변지역 주민들을 고용하고 일정 수준의 소득을 창출함으로써 안정적이고 지속적인 수질 개선 활동을 담보함
- 체험프로그램 운영, 로컬푸드 판매, 슬로푸드 식당, 마을카페, 공공기관 식재료 납품 등 마을 단위의 공동사업을 개발하여 주민 일자리를 창출할 수 있음
- 이를 위해 예당호 유역에 거주하는 노인, 여성, 청소년, 귀농귀촌인 등에 대한 일자리상담, 기술교육, 창업지원 등의 일자리 지원 활동이 필요함

2. 추진방안

- 주요사업 : 주민 일자리 창출(일자리상담, 기술교육, 창업지원)
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 700백만원(군비 350백만원, 도비 350백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2015~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 수질관련 일자리 조사·개발 • 마을공동 일자리 조사·개발 • 일자리 상담 및 연계 	<ul style="list-style-type: none"> • 수질관련 기술교육 및 창업 지원 • 마을공동사업 개발 및 지원
사업비	200백만원	500백만원

3. 기대효과

- 주민들이 수질개선사업의 일자리에 참여하여 일정 수준의 소득을 보장받음으로써 안정적인 수질개선 사업 유지가 가능함
- 예당호의 생태문화 자원의 관리와 활용에 참여하고자 하는 귀농귀촌인을 육성하고 지원함으로써 예당호 주변지역의 인구 감소 및 고령화 문제에 대응하고 예당의 생태문화 자원의 관리를 위한 전문 지식 활용이 가능함

관리번호	6-1-1
사업명	예당호 수질개선 관련 제도 개선 연구

1. 배경 및 필요성

- 예당호 수질개선을 위해서는 현재 저수지 관련 제도만으로는 해결이 어려울 수 있음
- 당장 시행하지는 못하지만 제도 개선을 통해 시행할 수 있는 사업들을 발굴하고 시행 가능성 검토함으로써 예당호의 장기적인 지속가능성을 담보하고자 함

2. 추진방안

- 주요사업 : 예당호 수질개선 제도 개선 관련 연구 용역 진행
- 사업기간 : 2013년~2020년
- 예산 : 400백만원(군비 200백만원, 도비 200백만원)

구 분	1단계	2단계
	2013~2015	2015~2020
사업내용	<ul style="list-style-type: none"> • 예당호 주변지역 보호지역 지정 • 낚시제한/금지/통제 구역 지정 관련 정부 지원 방안 • 예당호 부유쓰레기 처리를 위한 비용분담 방안 	<ul style="list-style-type: none"> • 농업용저수지 주변지역 주민지원 제도 • 예당호 수계 자율적 수질오염총량제 • 충남도 중점관리저수지 계획
사업비	200백만원	200백만원

3. 기대효과

- 예산군만으로 처리가 힘든 예당호 수질개선 문제에 대해 중앙정부 및 충남도 차원의 제도 개선을 건의하고 예당호 유역을 공유하는 홍성군 및 청양군에 예당호 수질개선 관련 협력 방안을 제시할 수 있음
- 제도 개선을 통해 예당호 수질 개선과 관련된 갈등을 사전에 예방할 수 있음

부록 1. 현장조사

■ 마을 상·하수도



■ 수변농작지



■ 축사



■ 낚시좌대



■ 음식점



부록 2. 인터뷰

(1) 예산군수님

• 일 시	2012. 05. 02 (수) 10:30~
• 장 소	예산군청 군수실
• 방문자	오혜정, 여형범

■ 예당저수지의 미래상

- 깨끗하고 건강한 자연환경은 미래의 생명자원 이며, 이를 잘 보전하여 후손에게 물려줄 책무가 있음. 그만큼 지속가능한 자연환경 보존과 깨끗한 생활환경 조성이 날로 중요해지고 있음
- 예산군은 중부권 최초의 슬로시티이자 황새마을로 발돋움하고 있으며, 대한민국을 대표하는 청정농촌의 아름다운 경관과 친환경 농산물, 유서 깊은 전통문화와 문화유산, 훈훈한 인간미와 정이 넘치는 아름다운 고장임
- 또한 천연기념물인 황새의 생태환경 복원사업을 추진하고 있어 몇 년안에 황새가 예산의 들녘을 날아다니게 되는 모습을 볼 수 있을 것임
- 예당저수지의 수질관리 목표를 2급수로 설정하여 깨끗하고 맑은 물을 만들기 위해 노력하고 있음
- 예당저수지와 주변지역을 전국 최고의 모범적인 친환경 생태관광지역, 자연이 살아 숨 쉬는 친환경 청정지역으로 가꾸고, 이를 잘 활용하여 후손에게 자랑스럽게 물려줄 수 있도록 최고, 최선의 방안을 만들어내는 것이 공동의 과제임

■ 과업 수행 시 요청사항 또는 중점 추진사항

- 예당저수지는 수질관리가 매우 중요한 만큼 상류지역의 오염원과 비점오염원 현황 및 수질오염물질의 유입경로, 집중호우 등 강우시 발생될 오염원 발생량과 오염경로를 조사, 분석하여 실질적으로 수질오염원 유입량을 저감시킬 수 있는 대책 및 방향 제시가 필요

(2) 의왕시청

• 일 시	2012. 05. 02 (수) 13:40~
• 장 소	의왕시청
• 방문자	오혜정, 사공정희, 백승희
• 협조자	의왕시청 녹색환경과 수질오염총량팀 최정묵 팀장, 김용태 주무관

■ 왕송호수 현황

- 1948년 조성
- 2008년부터 수질개선 두드리짐(평균 COD : 16.3 → 9.7)
 - 왕송호수 유입부의 공공하수처리장(왕송 맑은물 처리장)에 고도인처리시설 설치
- 2000년, 2001년 수해로 2001년 수질이 현저히 나쁨

■ 의왕시-농어촌공사(공동) 수질개선 기본 계획 수립 및 사업추진

- 농어촌공사 : 4급수 초과 저수지를 중점 관리
- 2006년 왕송호 수질개선협약 체결
 - 연구비 1억 3천(시청 : 공사 = 4 : 6 = 5,300 : 6~7,000)
 - 상류 대책 : 의왕시, 호내 대책 : 농어촌공사

■ 수질개선 관련 완료사업

- 상류대책(의왕시)
 - ① 왕송맑은물 처리장 가동(1999년)
 - 고도처리 시설 설치(2007.09) 후 현격한 수질개선 효과
 - ② 왕송맑은물 처리장 상류-구산말(군포시) 하수처리장 고도처리시설 설치(2010.02)
 - ③ 도로 비점 저감을 위한 정기적 노면청소 : 하천유입도로
 - 도로 비점 : 우수시 소하천 유입(페타이어, 염화칼슘(봄 초기강우 시 오염 심각))
 - 청소위생과와 협의하여 정기적 노면청소
 - 환경부 “도로노면 오염도 영향 조사 용역 사업” 중

• 호내대책(농어촌공사)

① 저수지 퇴적물 시범 사업(환경단체, 시민 요구)

- 전문가 : 효과 검증이 안 됨. 준설이 2차 오염을 유발 가능
: 상류에 부담을 건설하여 침전물 제거 추천
- 경기보건환경연구원에 수질측정 의뢰 → 효과검증을 위한 자료 확보(월2회/1년)

■ 계획/추진중인 사업

• 상류대책(의왕시)

① 왕송호수 비점오염저감사업('11.03.18 국비신청)

- 습지조성 사업비 확보(2,134백만원)
- 저류조 설치 사업비 확보 **불가**(898백만원)
: 주요 오염원인 7유역은 현재 합류식 관거로 하수관거 정비사업 예정(중복투자)

② 왕송호수 수질개선을 위한 DB구축 사업('11.03~'11.11)

- 경기도 보건환경연구원(무상수행) : 월2회, 17개 지점, 15개 항목 수질측정

③ 녹조억제를 위한 신기술장비 시범운영('11.04~'11.10)

- 마이크로버블 살조 시스템
: 오존발생에 의한 녹조 억제 → 생태계 교란 위험
: 국산 제품이지만 부품은 외산 → AS 비용 과다로 철거 → 태양광 물순환 장치 설치

④ 부곡동 하수관거 정비사업 : 환경부 국비사업

⑤ 경기개발연구원 수질개선 대책 수립 : 기본계획보고서를 기초로 3개월 완료

⑥ 민간단체 정화활동 지원강화

- 해병전우회 : 호소 내 부유물질 수거, 호소 안 쓰레기·그물 수거, 낚시 야간단속
(가성비 높음, 국비지원 1순위)
- 민간단체 정화활동
: 의왕시 자원봉사 센터 학생 봉사 요청, 녹색기후학교, 아름채 노인복지회관 활용
: 실제 사업 효과보다는 홍보 효과 우수(조끼 착용 필수 : 시각적 홍보)
* 홍보 : t-broad 활용

⑦ 의왕 ICD 비점오염물질 자체처리를 위한 법령개정 건의('11.02.28)

- ICD : 복합물류터미널(컨테이너 기지)
- 면적 : 750,000㎡, 차량입출입 : 4,000대

- 비점오염 저류조 없음 : 우수 시 오염 심각
- 법령개정('12.01.29)
 - ① 일정 면적 이상 대규모 기지 비점오염 저류조 설치, 노면 청소 의무화
 - ② 기타 수질오염원에 의왕 ICD 추가
- 호내대책(농어촌공사)
 - 금년 실시설계 발주 예정 : 180백만원
- ※ 시군과 농어촌공사의 공동추진 문제점
 - 시군 : 환경부 예산-유역대책
 - 농어촌공사 : 농림수산식품부 예산-호내대책
 - 저수지 계획 수립 시 농어촌공사에서는 유역대책 수립 여부를 물어봄
 - 예당저수지의 경우, 수변 공원 이용 사업권 제공 후 클린시설 설치 요구 가능
- ※ 우수사례 대상지
 - 전남 무안 감돈저수지
 - : 축사 비율 높음. 환경부 지원예산 부재로 유지관리가 안됨
 - 아산시 신정호수
 - : 체육시설 등 공원조성이 잘 되어 있음
 - 성남시 : 율동저수지, 탄천저수지
 - : 저수지 내에 저수지관리 사업소 있어 조직 관리 및 유지 관리가 잘되고 있음
- * 부서 간 협조가 어려우므로 사업소/사업단 마련을 통한 통합 관리 필요

(3) 한국농어촌공사

• 일 시	2012. 05. 02 (수) 16:00~
• 장 소	한국농어촌공사 본사
• 방문자	오혜정, 사공정희, 백승희
• 협조자	한국농어촌공사 유병수 차장, 환선경 과장

■ 호내 대책

- 주로 인공습지, 침강지 설치
- 호내 대책 사업지 선정 : 농림산업식품부
- 4등급지 우선 선정(절대적이지는 않음)
- 수질개선 사업 시설 선정 : 기본계획 수립(본사) 시 오염원 파악 후 수질개선 시설 선정

■ 퇴적물 처리 시범사업-16개 저수지(2개년)

- 전반적인 제거 시 효과 있음

■ 수질개선 우수 저수지 추천

- 홍성 홍동저수지(2009년 준공)
- 무안 감돈저수지(시범사업 저수지)
 - 개선사업으로 퇴적물 준설은 거의 하지 않음
 - 태양열 물순환장치 설치
- 현재 사업 준공지는 6개 지구(공사 중인 곳은 여러 곳)

■ 수질개선 관련 연구

- 주로 농어촌연구원에서 수행 중

■ 사업 수행

- 환경부와 함께하는 사업은 없음

■ 감돈저수지 우수 생태계 복원 사례 선정

- 사업 후 환경부에 요청 → 심사 후 선정

■ 충청도 수질개선 사업 진행 저수지 : 아산, 서산 등

(4) 경기개발연구원

• 일 시	2012. 05. 03 (목) 10:30~
• 장 소	경기개발연구원
• 방문자	오혜정, 백승희
• 협조자	경기개발연구원 송미영 박사

■ 왕송저수지 수질개선 수정 보고서(2011)

- 기본계획에 따른 수질개선 사업 추진의 근거자료 마련을 위한 과제
- 주어진 조건
 - 기본계획 선행 보고서
 - 뚜렷한 목표(의왕시) : 목표수질 3등급
 - 사업 우선순위(의왕시)
 - 총량관리 시행지역(기초 자료 구축되어 있음)
- 수행 과정
 - 목표수질에 따른 사업 우선순위 선정 : 유역 대책, 소유역 관리 등
 - 호내 대책
 - 전년도 기본계획(농어촌연구원)에서 정한 대책 중 환경변화에 따른 적용 가능성 검토 : 의왕시-농어촌공사 협의
 - 수질개선 대책 사업들을 적용한 수질모델링 : 효과 검토(목표 수질 달성 여부)
- 왕송저수지의 경우 수심이 얕아 호내 대책이 필수 : 자연 순환이 어려움

■ 보고서의 의왕시에 제공한 부분

- 인공습지 조감도 제공(업체)
- 기본계획 보고서에 따른 사업 우선순위 선정
- 비점저감 타겟 소유역 관리 → 모델링을 통한 저감 효과 예측
- 전체 유역 관리 : 도로 청소 → 모델링을 통한 저감 효과 예측
- 호내 대책 : 여러 대책(마이크로 버블, 태양광 등) 비교, 고려 후 선정

- 인공습지나 침강지의 경우 수질개선 효과는 적지만 경관 개념에서 우수

■ 예당저수지 수질개선 기본계획 수립연구가 나아갈 방향

- 오픈 마스터플랜 수립
 - 농어촌공사 기본보고서 참고
 - : 왕송호 기본보고서의 경우 1년간 수질측정 현황 조사(용역)
 - 수질에만 치중하지 말고 비전 제시(예) 조감도, 생태 경관 등)
- 우수 시 저수지 오염 문제(음식점, 축사)
 - 협약, 소규모 저류조 설치 등 우수 시 유입 차단 대책 마련
 - 우수 시 오염 장면(사진) → 시민 교육
- 낚시 금지구역 설정(떡밥 사용 자제) : 떡밥 사용에 따른 오염도 측정

■ 왕송저수지 수질개선 보고서의 아쉬운 부분

- 수변 50m 정도 개발 제한(시설, 농경지 제한) 벨트 → 경관 확보
 - 반대 → 대책 : 인접 토지 협약(친환경 농업, 연꽃 등)

(5) 예당내수면자율관리어업 공동체

• 일 시	2012. 10. 17 (수) 10:30~
• 장 소	예당내수면자율관리어업계 사무실
• 방문자	여형범, 백승희
• 협조자	예당내수면자율관리어업 최홍규 위원장

■ 예당저수지 수질오염 원인

- 예당저수지 바닥 골재채취
 - 예당저수지 바닥은 자갈, 모래가 아닌 땔(진흙)로 골재채취 시 탁도 유발
 - 또한 골재채취 시 오히려 퇴적물은 수거를 하지 않음
- 예당저수지 상류 경지정리
 - 인공(시멘트) 수로로 홍수 시 비료 등 오염 물질 직접 유입
: 비료에 의한 오염은 농약에 의한 오염보다 심각하며, 가뭄 후 첫 비의 오염도가 아주 높음. 붕어의 폐사가 일어나기도 함

■ 수질오염 완화 방법

- 시멘트 수로를 자연형 수로(수로 중간에 꽃창포 등의 식물 식재)로 변화
- 예당저수지 주변 갈대 식재

■ 수질오염 완화 노력

- 매년 어업계에서 저수지 전체 쓰레기 수거
 - 작년(2011년)부터 농어촌공사에서 쓰레기봉투 지급
 - 쓰레기수거 1,000ton/년 : 순수 낚시 쓰레기 25%, 상류 부유 쓰레기 75%
- 저수지 주변 취사시설, 샤워시설 설치 없음

■ 쓰레기 수거

- 수거량 : 1,000ton/year
- 수거비용 : 3,000~4,000만원

- 처리방법 : 재활용품-처리업자, 일반쓰레기-종량제
- 쓰레기원 : 순수 낚시 쓰레기-25%, 상류 부유 쓰레기-75%

■ 낚시와 수질오염 관계

- 낚시 수요 감소 및 고령화에 따른 소득(좌대, 도구 등) 감소
 - 낚시 수요가 고령인 위주. 65세 이상은 좌대 무료
- 친환경 떡밥(일정기간 후 분해)의 개발로 수질오염에 미치는 영향 감소
- 낚시법 발표 : 낚 사용 금지

■ 바라는 점

- 바닥 준설 시 오니, 퇴적물까지 수거 필요
- 준설토 폐기 문제 해결

(6) 늘푸른예산21

• 일 시	2012. 10. 17 (수) 14:30~
• 장 소	늘푸른예산21 사무실
• 방문자	여형범, 백승희
• 협조자	늘푸른예산21 사무국장

■ 예당저수지 연구 방향

- 활용적 보전
 - 순천만처럼 대단위로 할 수는 없지만 현재의 자연을 유지하여, 지역과 함께 보전해 가고, 그를 통해 지역민의 삶에 보탬이 되게 함
- 생태관광, 생태체험으로 개발 가능
 - 예당평야, 황새, 논(습지) 등은 훌륭한 여건임
- 수변공간에 대한 보전
 - 콘도, 펜션에 대한 제한 지역을 설정
 - 자전거 도로 설치 반대 : 차선을 넓혀 자전거통로, 산책로 함께 이용
- 황새 복원
 - 향후 방사 시를 고려하여 예당저수지와 주변 농경지에 서식환경 조성이 필요 : 현재는 사육장의 개념
 - 슬로시티 사업은 “사업”이 아니라 “운동”이어야 함

■ 예당저수지 수질 문제

- 예당저수지 수질악화 원인은 주변 공장, 인구의 증가보다는 관리차원의 문제
- 예당저수지 수질개선 네트워크 제안(의제21) : 2009년
- 배수로 : U자형 플룸관
 - 하천과의 연결성 부족으로 생태계 파괴
 - 용수로와는 달리 배수로는 하천과의 연결성 확보가 필요 : 생태적 배수로

■ 예당저수지 환경 보호

- 사업시행 부서별 환경적 마인드 필요
- 사업시행 및 용역 시, 주민의 참여가 제한적 : 진행 및 과정에서 주민과의 네트워크가 필요
 - 사업 조항에 진행 및 과정에서 “주민과의 협의·공지” 항목
- 하천은 보전하고 이용해야 하는 공간이라 인식하도록 조성해야 함
 - 주민에 의한 자발적 보전 가능
 - : 시멘트 공사로 친수 공간 확보가 되지 않는 하천에 대한 환경보전은 일 년에 한두 번 청소하는 것으로 그칠 것임
- 내수면 어업계 자율관리
 - 좌대 숫자 제한
 - 생미끼 사용 의무화 : 통제의 어려움(단계적 적용)
- 저수지 모니터링 필요
 - 수질 모니터링과 함께 생태 모니터링(철새 등) 필요
 - : 현재, 저수지 주변 농경지에 자생하는 매화마름 방치

■ 추가적 사항

- 예당저수지 역사
 - 자료 없음 : 예당저수지 역사관 필요
- 시각적 효과 중요
 - 보전할만한 곳이라는 인식이 들도록 하는 것이 필요
 - 무한천에 물고기가 산다면, 보전해야겠다는 의지가 강해짐
- 수문으로 무한천 상류와 하류 단절 : 생태계를 위해 연결 필요

(7) 공주대학교 임경호 교수

- 현재까지의 진행상황은 매우 양호한 진척도를 보이고 있다고 판단되며, 지역실정에 알맞은 수질개선 기본계획이 수립될 것으로 기대됨
- 대부분의 경우 축산계의 발생부하량과 배출부하량이 가장 큰 것으로 분석되었는데 이에 대한 원인분석과 그에 알맞은 대책이 수립되어야 할 것으로 사료됨
- 이를 위해서는 지역별 축산현황과 발생한 축산폐수의 관리 및 처리 현황에 대한 면밀한 조사가 필요하며 효과적인 축산폐수처리 방안에 대한 사례조사를 통해서 지역실정에 알맞은 대책이 제시되어야 할 것임

(8) 공주대학교 이경진 교수

- 주변 토지이용 현황과 수질의 문제에 대하여 연구되었으면 하며, 특히 미래 토지이용변화 예측에 따른 수환경 보전전략이 있었으면 함
- 예당저수지 지류 하천에 대한 개발압력이나 변화 예측이 예당저수지 자체의 수질에 미치는 영향을 제시하였으면 함
- 최종보고서에는 구체적인 실행수단이 제시되었으면 함. 실행수단은 여러 가지가 있겠으나 특히 주민과 함께하는 수환경 보전전략이 구체적으로 제시되었으면 함

부록 3. 인공습지 사례 조사

(1) 주암호 인공습지 생태공-복내천 인공습지(주암호 유역 1)

- 인공습지 생태공원(BIO-PARK)에 관한 모델을 만드는 환경부(환경관리공단) 시범사업의 일환으로 점·비점오염원의 수질 정화 기능과 함께 레크리에이션·학습공간을 제공하는 생태공원으로 조성한 대표 사례
- 하수처리장 방류수에 함유된 유기물 및 영양물질을 처리하고, 강우시에는 인근지역의 비점오염원으로부터 배출되는 강우유출수를 처리할 목적
- 체류시간은 평상시에 19.75일, 강우시에 1.08일
- 평상시 처리유량은 하수처리장 방류수 385m³/일, 강우시에는 인근 유역의 비점오염원을 포함하여 7,407m³/일
- SSB기법(생태적 수질정화 바이오톱 공법) 적용
- 침강저류지 → 1차 정화습지 → 연못 → 2차 정화습지 → 연못 → 3차 정화습지 → 침전지(습지는 3단, 연못은 4단)
- 복내천 인공습지 제원

구분	면적(m ²)	비 고
침강저류지	2,515	<ul style="list-style-type: none"> - 강우시 초기유출수 등 오염부하가 많은 유입수를 일시 저류하여 유속을 저하시키고 침전시킴 - 부유식물, 침수식물의 자연발생 유도 - 주변부에 물억새, 부처꽃, 쭉부쟁이, 갯버들, 키버들 등 식재 - 길이 : 16m, 자연형 식생호안 : 270m
습지	10,345	<ul style="list-style-type: none"> - 식물에 의한 오염물 침전, 흡수 및 연못에 의한 탈질화 등에 의한 정화 - 길이 : 46m, 자연형 식생호안 : 1,410m
침전지	800	<ul style="list-style-type: none"> - 산소공급 및 재부유 방지용으로 습지의 말당부에 설치함 - 부유식물, 침수식물의 자연발생을 유도 - 식재수종은 노랑어리연꽃, 수련 등으로 주변부에 물억새, 쭉부쟁이, 갯버들, 키버들 등 식재 - 길이 : 46m, 자연형 식생호안 : 123m
합계	13,660	-

<표 1> 주암호 인공습지 유입유출농도 및 평균처리효율

구 분	BOD(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
유입수질농도	10.0	16.1	9.098	0.695
유출수질농도	4.4	5.1	3.649	0.164
처리효율(%)	55.9	68.1	59.9	76.4

자료 : 2003년 2월~6월 모니터링 실측결과(환경관리공단, 2003).

<표 2> 주암호 복내천 인공습지의 평균 유입 및 유출수질(2002.12~2004.12)

측정 시기	BOD			T-N			T-P			SS		
	유입	유출	변화	유입	유출	변화	유입	유출	변화	유입	유출	변화
여름철	10.2	2.6	-7.6	10.3	4.42	-5.88	0.74	0.15	-0.59	11.3	2.6	-8.7
겨울철	2.8	5.3	2.5	15.67	7.33	-8.34	1.11	0.42	-0.69	5.5	6.1	0.6

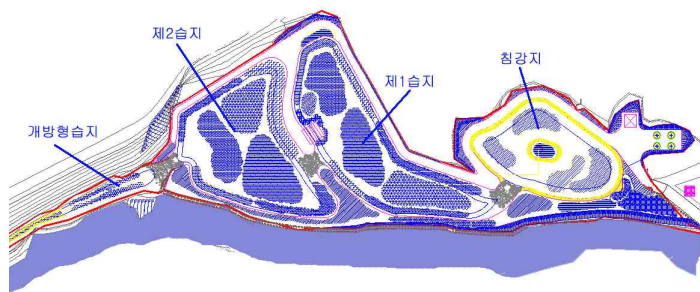


(2) 신평천 인공습지(주암호 유역 2)

- 신평천 하류에 위치, 신평하수처리장의 처리수, 인근 상류지역의 생활하수 및 축산 폐수, 강우에 의한 부상, 운반되는 비점오염물질이 주암호에 유입되어 오염부하를 가중시키는 것을 방지
- 인공습지 면적은 6,707m²(전체 시설면적 12,360m²)
- 설계 처리유량 : 평상시 하수처리장 처리수에 해당하는 600m³/일, 우기에는 하수 처리장을 포함하여 10,600m³/일

- 인공습지 내부수위는 수위조절이 가능한 stop-log weir 조성(10cm 수위차)
- 식재
 - 인공습지 : 갈대, 부들, 달뿌리풀, 골풀, 물억새, 꽃창포, 노랑꽃창포, 애기부들 등
 - 개방수면 : 연꽃 생이가래 등
 - 중도 및 제방 지표면 : 왕버들, 물푸레나무, 동백나무, 남천, 조팝나무, 싸부쟁이, 금불초, 부처꽃, 수크령
- 신평천 인공습지 제원

구분		면적(수표면적)(m ²)	시설용량(m ³)	높이(m)
침강저류지		1,455(1,963)	1,322	0.3~0.9
습지	1차 폐쇄수면	2,172(1,666)	1,000	0.6
	2차 폐쇄수면	2,162(1,580)	948	0.6
	개방수면	919(919)	414	0.45
합계		6,708(6,128)	3,684	—



(3) 회인천 인공습지(대청호 유역)

- 국내 실정에 맞게 연구·개발된 생태적 수질정화시스템인 생태적 수질정화 바이오톱(SSB) 기법 사용
- 현재 유역내 발생하는 초기강우시 비점오염원과 향후 주거지 등에서 발생하게 될 하수처리를 위한 하수처리장 조성시 점오염원의 처리를 위해 설계된 인공습지

- 면적 17,890㎡ : 습지면적은 약 5,015㎡(35%)—그 외 야생생태관찰지구, 야생이벤트지구 및 관리서비스 지구
- 회인천 구역의 주요 오염원은 생활하수, 축산폐수와 토지이용에 의한 비점오염원
- 회인천 인공습지 현황

구 분	면적(㎡)	식재식물
침강저류지	935	- 연꽃, 노랑어리연꽃, 수련, 생이가래, 쯤개구리밥, 부레옥잠
1차습지	1,515	- 폐쇄수면 : 미나리, 물억새, 달뿌리풀, 고마리, 갈대, 노랑 꽃창포, 애기부들, 줄, 연꽃, 노랑어리연꽃, 수련 - 개방수면 : 부수식물 자연발생 유도
2차습지	975	
3차 습지	1,245	
침전지	345	- 주변부 부수식물 자연발생 유도

- 침강저류지 → 1차 정화습지 → 연못 → 2차 정화습지 → 연못 → 3차 정화습지 → 침전지



<표 3> 2006년 회인천 인공습지 유입·유출수질 변화

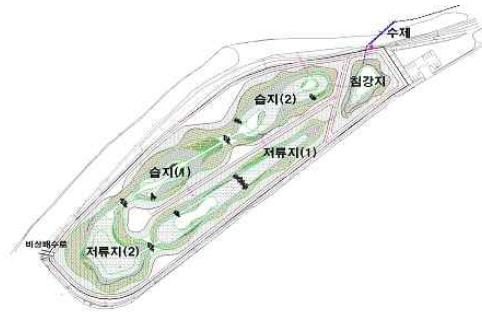
월	횟수	BOD (제거효율 %)	SS (제거효율 %)	T-N (제거효율 %)	T-P (제거효율 %)
1	1	0	5	—	—
	2	—	18	—	—
2	1	—	0	3	—
	2	25	0	11	0
3	1	24	0	—	25
	2	0	0	11	0
4	1	—	—	16	0
	2	—	—	—	0
5	1	—	—	25	—
	2	—	74	37	33
6	1	—	89	29	23
	2	0	41	33	50
7	1	—	81	28	64
	2	—	—	36	89
8	1	—	—	24	52
	2	—	67	2	—
9	1	—	—	24	36
	2	—	—	18	32
10	1	—	57	14	22
	2	11	70	6	25
11	1	—	22	7	29
	2	—	0	3	47
12	1	17	89	8	36
	2	0	23	17	9

(4) 안내천 인공습지(대청호 유역)

- 안내천 하천수와 마을오수처리장에서 발생하는 180m³/일의 방류수를 합류하여 처리하도록 계획, 하천유량을 기준으로 평상시와 강우시로 나누어 3,000~30,000m³/일까지 처리
- 전체 시설면적 약 22,500m², 습지면적 12,580m²
- 안내천 인공습지 제원

구 분	시설면적(m²) (수표면적)	시설용량(m³)	수심(m)	수면고(E.L)	바닥고(E.L)
침강지	2,130(1,231)	1,888	2.5	77.0	74.5
1차 저류지	6,220(3,134)	3,104	1.4	76.0	74.6
2차 저류지	4,980(3,076)	3,471	1.8	76.0	74.2
1차 습지	4,420(2,215)	1,725	1.5	76.0	74.5
2차 습지	4,700(2,924)	2,874	1.5	76.0	74.5
합계	22,450(12,580)	13,062	—	—	—

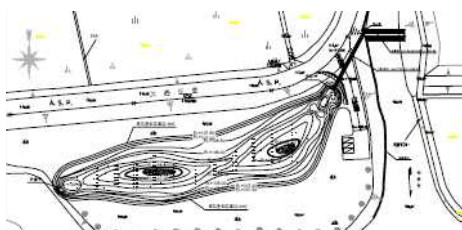
- 침강지(자연침강 방식의 연못) → 1차 저류지 → 2차 저류지 → 1차 정화습지 → 2차 정화습지 → 방류
- 주요 식재식물 : 물억새, 갈대, 미나리, 고마리, 애기부들, 창포, 갯버들 등



(5) 보청천 인공습지(대청호 상류)

- 마을하수가 직접 하천으로 유입되어 하천 및 대청호 호소의 수질이 악화되는 것을 방지하기 위해 조성
- 주변의 산림과 논에서 유입되는 비점오염원 영향 크고 백원천에 의해 미처리 생활하수, 농경배수 등이 하루에 약 40m³ 정도 유입
- 처리용량은 350m³/일, 체류시간 4.3일, 부지면적 2,567m²
- 식재수종 : 갈대, 물억새, 애기부들, 달뿌리풀, 꽃창포, 미나리, 고마리, 어린연 등
- 보청천 인공습지 제원

구 분	유입량(m ³ /일)	면적(m ²)	높이(m)	용량(m ³)	체류시간(day)
침강저류지	350	378	1.5	194	0.56
습지		1,960	1.0	1,174	3.36
침전지		229	1.5	128	0.37
합계		2,567	—	1,496	4.29



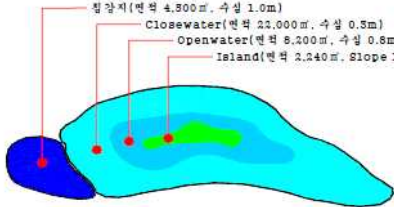
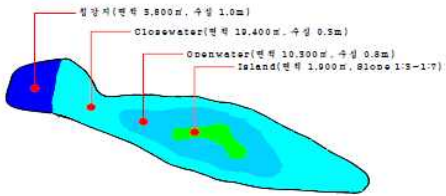
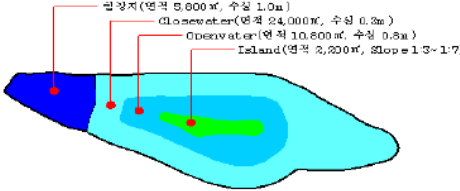
<표 4> 대청호 보청천 인공습지의 유입 및 유출수질

측정시기	T-N			DTN			NO ₂ +NO ₃		
	유입	유출	변화	유입	유출	변화	유입	유출	변화
전기간 평균	7.8	6.7	-1.1	6.8	6.0	-0.8	3.4	2.8	-0.6

(6) 장흥호 인공습지

- 장흥댐 수몰지 내에 위치
- 옴천, 신평, 용문지구의 3개 지구 : 면적 151,270m²
- 인근 지역의 하수종말처리장으로부터 배출되는 처리수의 2차 처리와 함께, 미처리 생활하수나 초기 강우시의 비점오염원이 장흥호로 유입되기 전에 정화할 목적으로 건설
- 장흥호 인공습지 현황

구분	옴천지구	신평지구	용문지구
면적	56,320m ²	47,050m ²	47,900m ²
체류시간(설계)	4.70일	4.98일	3.84일
수생식물 식재	- 갈대 : 15,400m ² - 부들 : 6,600m ²	- 갈대 : 10,148m ² - 부들 : 4,349m ²	- 갈대 : 15,400m ² - 부들 : 6,600m ²
유입유량(m ³ /일) -강우시	4,061.2	3,784.9	6,031.1

옴천지구 구조	신평지구 구조
 <p> 침강지(면적 4,300m², 수심 1.0m) Closewater(면적 23,000m², 수심 0.5m) Openwater(면적 8,200m², 수심 0.8m) Island(면적 2,240m², Slope 1:3~1:7) </p>	 <p> 침강지(면적 5,800m², 수심 1.0m) Closewater(면적 19,400m², 수심 0.5m) Openwater(면적 10,300m², 수심 0.8m) Island(면적 2,900m², Slope 1:3~1:7) </p>
용문지구 구조	—
 <p> 침강지(면적 5,600m², 수심 1.0m) Closewater(면적 24,000m², 수심 0.3m) Openwater(면적 10,600m², 수심 0.5m) Island(면적 2,200m², Slope 1:3~1:7) </p>	—

<표 5> 장흥호 인공습지 설계 목표수질(BOD)

구 분	유입수질(mg/L)	체류시간	유출수질(mg/L)					
			갈수기	감소율(%)	평수기	감소율(%)	풍수기	감소율(%)
옴천지구	31.5	4.70	9.40	70.15	7.52	76.12	4.70	85.08
신평지구	31.5	4.98	8.75	72.21	7.00	77.77	4.38	86.11
용문지구	31.5	3.84	11.72	62.81	9.37	70.25	5.86	81.40

<표 6> 장흥호 인공습지 설계 목표수질(T-N, T-P)

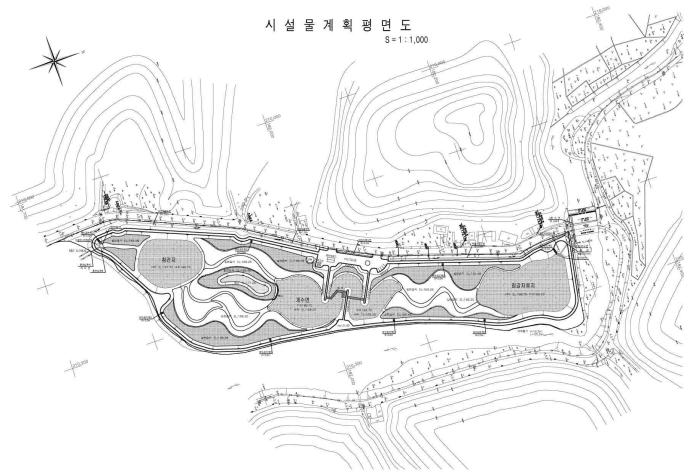
구 분	T-N(mg/L)			T-P(mg/L)		
	유입	유출	제거율(%)	유입	유출	제거율(%)
옴천지구	29.5	16.183	45.14	0.92	0.465	49.46
신평지구	29.5	16.183	45.14	0.92	0.465	49.46
용문지구	29.5	16.187	45.13	0.92	0.465	49.46

<표 7> 2006년도 장흥호 인공습지 유입·유출수질 변화

구 분	2006년(월)							
	5	6	7	8	9	10	11	12
BOD(제거효율%)	—	—	—	—	11	—	—	—
SS(제거효율%)	—	—	—	92	—	—	—	0
T-N(제거효율%)	68	—	7	19	19	50	—	12
T-P(제거효율%)	75	—	27	25	—	—	—	—

(7) 동복호 인공습지

- 길성천 우안의 동복호 합류부
- 길성천으로 유입되는 초기강우 유출수에 포함된 유기물과 영양염류를 제거하여 호소수질을 개선하려는 목적
- 주변이 산림과 논, 밭으로 구성되어 비점오염원의 영향이 큼
- 전체 시설면적 55,750m², 습지는 44,000m²

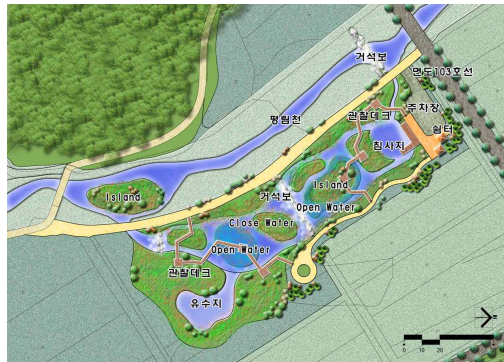


(8) 대곡호 인공습지(예정)

- 대곡댐 수몰 예정지 내 전읍천, 주원천 및 연화천에 조성 예정
- 주요처리 대상 : 생활하수, 축산폐수 및 인근 비점오염원으로부터 유입되는 저농도의 오염물질
- 전체 습지면적 42,377m², 연화천 23,142m², 전읍천 3,796m², 주원천 15,439m²
- 설계 체류시간 4~15일
- 침강저류지, 습지 및 침전지로 구성
- 습지 다위구조별로 수위차를 두어 계획수위가 넘으면 자연스럽게 월류하여 하부 습지로 유입되도록 설계
- 폐쇄수면에 갈대 식재

(9) 평림호 유역

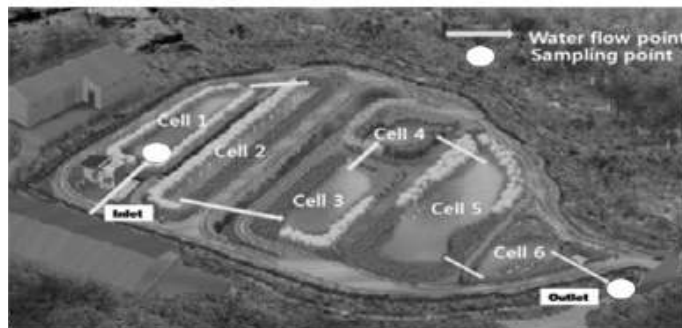
- 평림천 주변부에 조성
- 습지 포함 시설면적 35,000m²
- 주변부가 대부분 농경지로 이용되어 비점오염원의 영향이 클 것으로 사료
- 평림호 유역에 설치될 환경기초시설로부터 배출되는 점오염원을 처리하려는 목적
- 면적대비 제거효율이 가장 뛰어난 갈대 및 억새군락 조성하는 것으로 설계



(10) 충남 논산시 양지리 자유수면형 인공습지

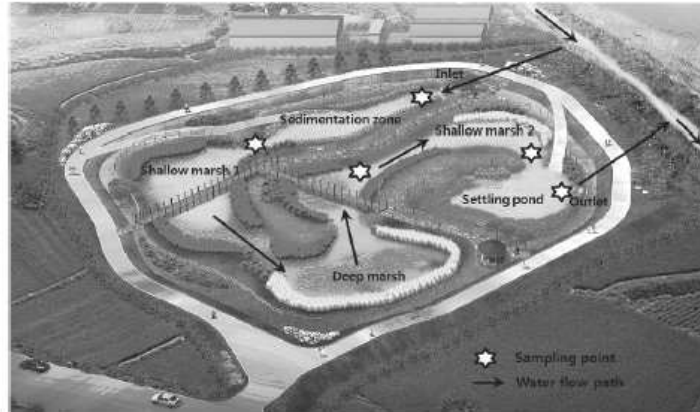
- 목적 : 축산폐수처리장의 후속공정으로서, 강우시 축산단지내 축산폐수와 더불어 발생하는 비점오염물질 처리에 대한 인공습지의 적용 가능성과 오염물질에 대한 저감효율성을 평가 → 비점오염물질 저감을 위한 자유수면형 인공습지를 적용함에 있어 기여
- 부지면적 9,778m²
- 결과 : 인공습지에서의 입자상 물질, 유기물 및 인은 60% 이상의 높은 저감효율을 보이나 질소의 경우 미미한 질산화로 인하여 처리효율이 약 40% 정도의 낮은 저감효율을 보임
- 양지리 인공습지 제원

	Cell 1	Cell 2	Cell 3	Cell 4	Cell 5	Cell 6	Total
면적(m ²)	560	776	805	527	1,474	350	4,492
용량(m ³)	453	565	810	280	1,626	272	4,006
수심(m)	0.81	0.73	1.01	0.53	1.10	0.78	4.96
체류시간(hr)	5.5	6.8	9.8	3.4	19.6	3.3	48.4
침투유량시 체류시간(hr)	1.6	2.0	2.9	1.0	5.8	1.0	14.3

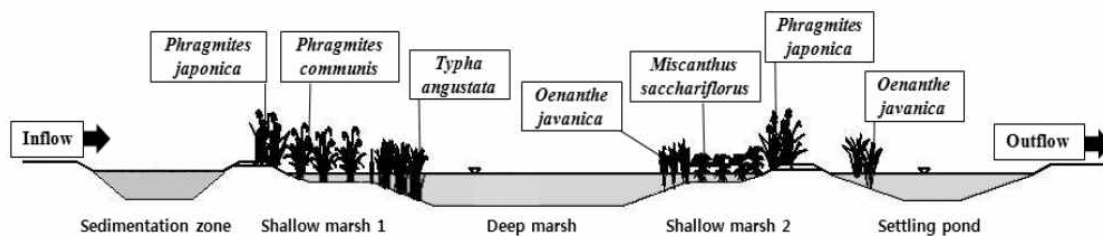


(11) 충남 공주시 탄천면의 자유수면형 인공습지

- 목적 : 농업지역 내 인공습지를 적용함으로써 농업적 토지이용으로부터 비강우시에 발생하는 비점오염물질을 저감하고 인공습지 내 수질정화효율을 평가



- 주요도입식물 : 얇은 습지와 깊은 습지-달뿌리풀, 갈대, 물억새, 애기부들, 침전지-미나리
- 오염물질 제거효율 분석



<표 8> Removal efficiency of constituents in the constructed wetland

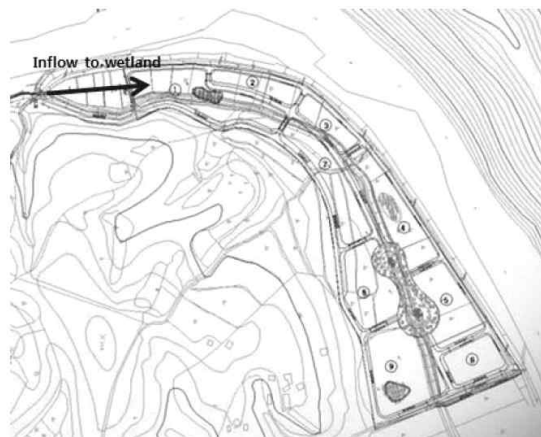
Monitoring date	TSS(%)	BOD(%)	COD(%)	T-N(%)	T-P(%)
2009/04/24	22.2	30.0	22.4	2.1	8.8
2009/05/20	40.0	51.7	32.1	16.7	51.1
2009/06/20	33.3	24.4	14.5	31.0	58.1
2009/07/02	13.3	17.0	20.4	18.2	33.9
2009/08/11	18.8	44.1	13.3	20.7	50.0
2009/08/25	13.0	21.6	20.4	13.7	33.2
2009/09/16	61.9	11.8	7.8	15.4	52.2
2009/09/27	21.4	13.7	17.5	12.2	22.7
2009/10/28	24.1	32.1	29.0	13.4	49.0
2009/12/11	16.7	31.6	4.8	14.7	29.6
Mean±SD	26±15.07	28±12.89	18±8.58	16±7.26	39±15.75

• 결론

- 인공습지로 유입 된 오염물질들은 습지 내 각각의 공정을 거쳐 순차적으로 저감되는 경향
- 유입수의 평균 농도 제거율은 TSS 26%, BOD 28%, T-N 16%, T-P 39%, PO₄-P 50%
- 인공습지의 수질정화 효과를 평가하기 위하여 하천수질환경기준에 준하여 인공습지의 유입 및 유출수의 수질 비교 - BOD의 경우 1단계, DO의 경우 2단계 이상 수질등급이 향상

(12) 회야댐 인공습지(울산시 회야댐 상류)

- 회야댐 상류 비점오염원에 의한 영양물질 유입에 대한 회야댐의 부영양화를 방지하고 댐 상류 유흥지 활용과 동시에 수질개선을 목적으로 2002년 조성되어 2004년 완료(자유수면형 인공습지)
- 노방들 인공습지 : 인공습지의 총면적 49,300m², 유입지 3,000m²를 제외한 약 46,000m²를 9개의 구역을 나누어 수생식물 식재
- 광터들 인공습지도 있지만 논문에선 제외



계		유입지	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
면적 (㎡)	49,300	3,000	7,669	2,369	2,315	6,739	5,536	3,255	5,529	5,212	7,676
수생식물		부들 갈대	부들 갈대	부들 갈대	부들 갈대	부들 갈대	연꽃	연꽃	갈대 부들	갈대 부들	갈대 부들
인공섬, 도로		13,200㎡(인공섬 : 3,989㎡, 관리도로 : 9,211㎡)									
전체면적		62,500㎡									
설계기준		저수기 유량기준 70%(74,400㎡/d 기준) 적용									
체류시간(hr)		5~6									
수심(m)		0.3~0.38									

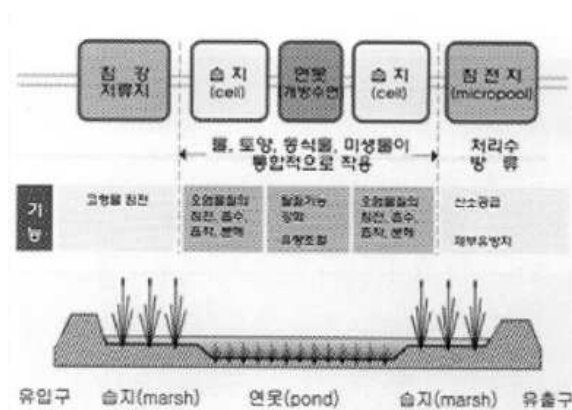
- 수질분석

<표 9> Comparison between BOD, TN and TP removal efficiency of constructed wetland system for water quality improvement of Hoeya dam and Shihwa reservoir

습지	년도	오염물질(mg/L)						제거효율(%)		
		BOD		T-N		T-P		BOD	T-N	T-P
		유입	유출	유입	유출	유입	유출			
시화호 습지	2002	9.3	4.2	28.0	21.5	0.728	0.365	54.8	23.2	49.8
	2003	7.0	4.1	28.0	19.5	0.662	0.549	41.4	30.3	17.0
	2004	7.8	5.6	22.6	15.9	0.549	0.610	28.2	29.6	-11.1
회야댐 습지	2007	2.2	1.4	2.0	1.6	0.049	0.027	35.6	20.1	42.9
	2008	3.1	0.9	2.1	1.6	0.065	0.018	66.9	23.6	69.7
	2009	2.0	1.9	2.6	2.1	0.105	0.073	9.2	22.7	31.1
	2010	2.2	1.6	1.8	1.6	0.058	0.042	35.1	16.3	26.9

(13) 금어천 인공습지(경기도 용인시 포곡읍 둔전리 경안천)

- 둔치 23,271m²의 면적에 하천 생태복원, 경관개선을 통한 시민 친수공간 확보, 경안천 본류의 수질개선의 일환 등으로 조성(한국적 자연수면형 인공습지)
- 식재 : 갈대 > 노랑꽃 > 창포 > 부들 > 고마리 등 식재



[그림 1] 금어천 인공습지의 구성과 기능

<표 10> 계절별 처리효율

(단위 : %)

구 분	봄	여 름	가 을	겨 울
BOD	45.8	17.0	58.8	56.8
SS	34.8	-29.5	47.9	52.1
T-N	26.3	36.1	15.5	22.7
T-P	55.7	73.5	63.2	54.9

(14) 이천시 도지리 인공습지(한강 수계)

- 오염원제거를 위한 습지식물 식재, 종다양성을 위한 자류형 인공습지 조성, 교육적 차원의 자연현황 관찰 및 탐방코스 활용 및 식물생육 및 수질개선 효과 도모를 기본방향으로 설계

<표 11> 한강수계 인공습지 설치현황

위 치	배수면적(ha)	설계용량(m ³)	토지이용	주요식물종	처리과정
이천시 백사면 도지리	7.42	1,741	농경지	물억새, 줄, 달뿌리풀	유입-침강지- 습지(깊은습지, 얕은습지)-침전지-방류

<표 12> 이천시 도지리 인공습지 도입선정종

처리시스템		도입수생식물	비 고
침강지(forebay)		노랑어리연꽃, 미나리	- 좀개구리밥 등 부수식물 자연발생유도
수생 식물지	얕은 습지 (high marsh)	물억새, 달뿌리풀, 줄	- 물억새 등은 제방가장자리에 주로 식재
	깊은 습지 (low marsh)	갈대	- 대규모 군락형 식재로 수질개선 효과 도모
	중도 (island)	노랑꽃창포	- 중도 가장자리의 사면 침식방지 - 모래톱과 함께 생물 서식처 제공

(15) 금강수계 인공습지

위 치	배수면적(ha)	설계용량(m ³)	토지이용	주요식물종	처리과정
공주시 우성면 상서리	221	11,235	농경지	청포, 갈대, 달뿌리풀	유입-침강지-깊은습지-얕은습지-깊은습지-얕은습지-깊은습지-얕은습지-침전지-방류
공주시 탄천면 남산리	465	2,957	농경지, 축산지역	갈대, 연꽃, 달뿌리풀	유입-침강지-얕은습지-깊은습지-얕은습지-침전지-방류
논산시 연무읍 양지리	11	4,006	축산단지	갈대, 물억새, 애기부들	유입-스크린-침강지-공기공급형습지-깊은습지-얕은습지-깊은습지-침전지-방류
김제시 장화동	75	1,836	농경지	미나리, 갈대, 달뿌리풀	유입-침강지-얕은습지-깊은습지-얕은습지-침전지-방류
정읍시 덕천면 도계리	60	3,799	축산단지	미나리, 갈대, 달뿌리풀	유입-스크린-침강지-공기공급형습지-깊은습지-얕은습지-깊은습지-침전지-방류

• 상서리 인공습지

- 습지내 균등한 흐름의 조성 및 오염물질 제거기능 증가를 위해서 다단형 인공 습지로 계획
- 습지내 수생정화식물 : 달뿌리풀, 물억새, 애기부들, 갈대, 창포, 미나리, 연꽃



그림 3. 공주시 상서리 설계도

[그림 2] 공주시 상서리 설계도

<표 13> 공주시 상서리 인공습지 용량

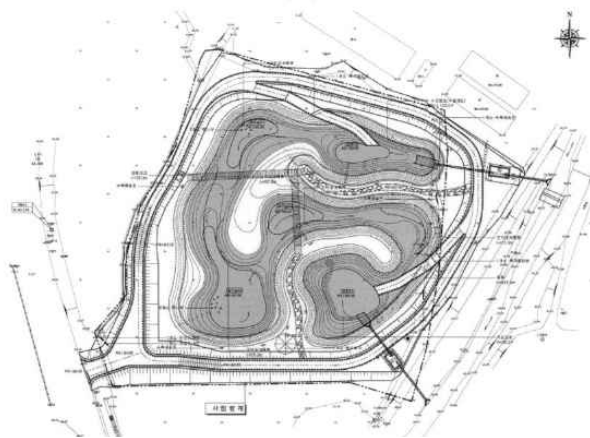
위치	수량	내 용								비고
공주시 우성면 상서리			침강지	깊은 습지	혼합 습지1	혼합 습지2	깊은 습지	얕은 습지	침전지	
	면 적	12,705 m ²	1,168	1,723	1,863	1,634	4,811	553	953	
	용 량	11,235 m ³	1,155	1,484	1,188	929	5,352	211	916	체류시간 약 1.2일

<표 14> 공주시 상서리 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
느티나무	H4.0×R15	황매화	H1.0×W0.4
소나무	H4.0×W2.0×R15	창포	5"POT
소나무	H3.5×W1.5×R10	애기부들	5"POT
버드나무	H3.0×R10	연꽃	2-3분열
버드나무	H3.0×R8	물억새	5"POT
배롱나무	H3.0×R12	미나리	5"POT
백목련	H3.0×R10	달뿌리풀	5"POT
홍단풍	H3.0×R10	갈대	5"POT
조팝나무	H1.0×W0.5	구절초	3"POT
낙상홍	H1.0×W0.4	쑥부쟁이	12cm 숙근다년초
백철쭉	H0.4×W0.4	벌개미취	3"POT
자산홍	H0.4×W0.4	패랭이꽃	3"POT
갯버들	H1.0	잔디(평떼)	0.3×0.3×0.03

• 남산리 인공습지

- 농약과 비료 등이 흡착된 침식물질과 식물의 잔해 부산물 등에 의한 오염과 축산폐수가 주 오염원
- 양계지역의 배출특성을 구현할 수 있는 지역 : 유기물보다 질소·인 농도가 매우 높은 것으로 나타남 → 영양염류의 제거를 위해 얇은 습지의 비율이 타 습지에 비해 높게 설치
- 수생정화식물 : 달뿌리풀, 갈대, 애기부들, 미나리, 연꽃



[그림 3] 공주시 남산리 인공습지 설계도

<표 15> 공주시 남산리 인공습지 용량

위치	수량		내 용					비고
공주시 탄천면 남산리	면적	3,282㎡	침강지	얇은습지	깊은습지	얇은습지	침전지	
	용량	2,957㎥						체류시간 약 0.7일

<표 16> 공주시 남산리 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
소나무	H3.0×W1.5×R10	귀퉁나무	H1.0×W0.5
느티나무	H4.0×R15	갈대	5"POT
백목련	H3.0×R10	애기부들	5"POT
갯버들	H1.0	달뿌리풀	5"POT
백철쭉	H0.3×W0.4	미나리	5"POT
자산홍	H0.4×W0.4	연꽃	2-3분얼
황매화	H1.0×W0.4		

• 논산시 양지리 인공습지

- 축산지역, 가축의 사료, 배설물 등에 의한 오염물질과 유기물 그리고 영양염류에 의한 오염이 우려되는 지역
- 비교적 유입농도가 높고 하절기 악취 등의 문제발생 우려가 높은 곳
- 수생정화식물 : 물억새, 애기부들, 연꽃, 갈대 등



[그림 4] 논산시 양지리 인공습지 설계도

<표 17> 논산시 양지리 인공습지 용량

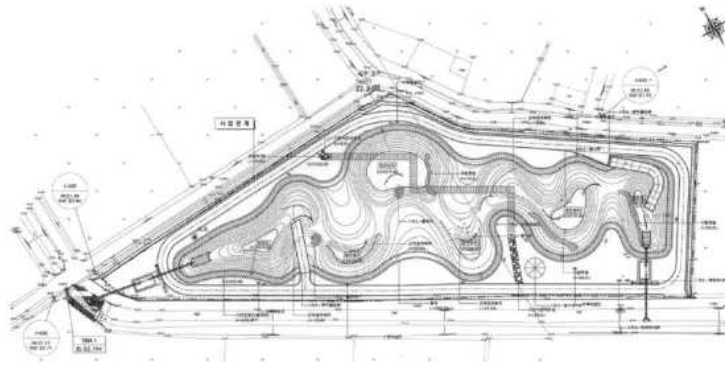
위치	수량	내 용							비고
논산시 연무읍 양지리	면적	4,492㎡	침강지	유료형 습지	깊은 습지	얕은 습지	깊은 습지	침전지	
	용량	4,006㎥	453	565	810	280	1,626	272	체류시간 약 2.0일

<표 18> 논산시 양지리 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
느티나무	H4.5×R25	달뿌리풀	5"POT
느티나무	H4.0×R15	갈대	5"POT
백목련	H3.0×R10BIO	갈대	3"POT
청단풍	H3.0×R10	구절초	3"POT
배롱나무	H3.0×R12	쑥부쟁이	12cm 숙근다년초
조팝나무	H1.0×W0.5	벌개미취	3"POT
자산홍	H0.4×W0.4	패랭이꽃	3"POT
치자나무	H0.4×W0.3	연꽃	2-3분열
애기부들	5"POT	잔디(평떼)	0.3×0.3×0.03
물억새	5"POT		

• 김제시 장화동 인공습지

- 농경지와 농촌마을이 혼합되어 있어 농경지의 강우유출수와 마을의 오수 등이 유출
- 식재종 : 미나리, 갈대, 애기부들, 연꽃
- 인위적인 장치가 추가된 포기형 인공습지 설치



[그림 5] 김제시 장화동 인공습지 설계도

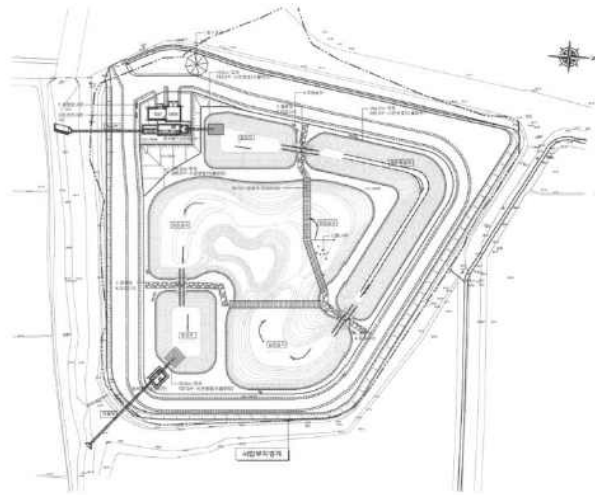
<표 19> 김제시 장화동 인공습지 용량

위치	수량	내 용				비고
		침강지	얕은습지	깊은습지	침전지	
김제시 장화동	면적	2,491m ²	2,491			
	용량	1,836m ³	1,836			체류시간 약 1.3일

<표 20> 김제시 장화동 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
느티나무	H4.0×R15	백철쭉	H0.3×W0.4
백목련	H3.0×R10	자산홍	H0.4×W0.4
스트로잣나무	H2.0×W1.0	갈대	5"POT
모과나무	H3.0×R10	애기부들	5"POT
갯버들	H1.0	달뿌리풀	5"POT
조팝나무	H1.0×W0.5	미나리	5"POT
황매화	H1.0×W0.4	연꽃	2-3분얼
백철쭉	H1.3×W0.4		

- 정읍시 도계리 인공습지
 - 농경지와 축산지의 비점오염 배출특성을 동시에 지니고 있음
 - 인위적인 장치가 추가된 포기형 인공습지 설치하도록 계획



[그림 6] 정읍시 도계리 인공습지 설계도

<표 21> 정읍시 도계리 인공습지 용량

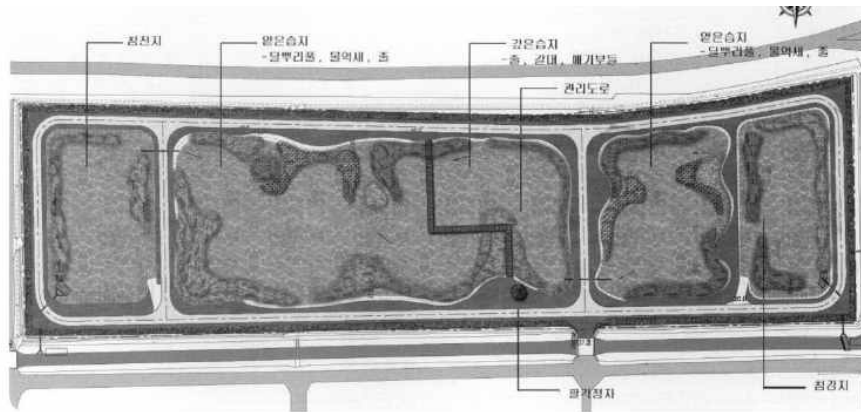
위치	수량		내 용				비고
정읍시 덕천면 도계리	면적	3,491㎡	침강지	유로형습지	일반습지	침전지	
	용량	3,799㎡	351	708	2,592	373	체류시간 약 1.5일

<표 22> 정읍시 도계리 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
소나무	H4.0×W2.0×R15	백철쭉	H0.4×W0.4
소나무	H3.0×W1.5×R10	자산홍	H0.4×W0.4
스트로브잣나무	H2.0×W1.0	연꽃	2-3분열
모과나무	H3.0×R10	미나리	5"POT
백목련	H3.0×R10	달뿌리풀	5"POT
느티나무	H4.0×R15	갈대	5"POT
조팝나무	H1.0×W0.5	잔디(평떼)	0.3×0.3×0.03
낙상홍	H1.0×W0.4		

(16) 나주시 송촌리 인공습지(영산강 수계)

- 배수구역 대부분이 농경지(논)으로 이루어짐
- 인공습지의 형태 : 유입수가 유입-침강지-깊은 습지-얕은 습지-침전지 거쳐 유출



[그림 7] 나주시 송촌리 인공습지 설계도

<표 23> 나주시 송촌리 인공습지 용량

위치	수량		내 용				비고
나주시 다시면 송촌리			침강지	습지1	습지2	침전지	
	면적	13,294㎡	1,841	2,282	6,921	2,250	
	용량	13,127㎥	1,889	2,271	6,606	2,361	

<표 24> 나주시 송촌리 식재현황

명 칭	규 격	명 칭	규 격
소나무	H4.0×W2.0×R15	낙산홍	H1.0×W0.4
스트로브잣나무	H2.0×W1.2×R6	수크령	3"POT
동백나무	H1.5×W0.6	연꽃	2-3분열
왕벚나무	H3.0×R6.0	애기부들	3"POT
배롱나무	H2.5×R6.2	물억새	3"POT
청단풍	H3.2×R12.0	미나리	3"POT
청단풍	H2.0×R6.0	달뿌리풀	3"POT
홍단풍	H2.0×R6.0	줄	3"POT
느티나무	H4.0×R15	노란꽃창포	8cm
회양목	H0.3×W0.3	갈대	3"POT
백철쭉	H0.4×W0.4	잔디(평떼)	0.3×0.3×0.03
자산홍	H0.4×W0.4	잔디(평떼)	0.3×0.3×0.03

부록 4. 수질개선 기술, 공법, 설치위치별 분류

• 수질개선 기술 유형 및 특성

구분	기술종류	대상 및 특성	비고
물리적 기술	준설	퇴적질 오염, 육상 수중 준설, 최근 환경적 교란을 최소화하는 흡입식 준설 개발	흡입식 준설 기법 개발, (농림부, 2005)
	조류펜스	수중의 조류 확산 저감 및 방지	대청호에서 적용사례
	차광막	수중의 조류 성장 저감 및 방지, 호소표면의 일부지역을 가림으로써 빛 이용성 조절	일본에서 적용사례
	초음파	고주파 혹은 저주파를 이용한 조류세포 및 기낭 파괴, 조류사멸 혹은 성장 방해	국내외에서 개발, 타생물에 대한 위해성 발생 잠재
	수류발생	저수지 수체전체, 물의 혼합을 유도하여 전역에 산소공급 및 정체수역 조절	외국기술(캐나다, 일본 등), 국내에서 시험연구 적용 사례
	수초제거선	수변부 혹은 호내의 밀집한 수초제거	미국, 유럽 등
	조류제거선	수중 조류를 대상. 물리적인 여과를 통해 조류제거	국내 수자원공사 개발 (2009)
	희석	하천 혹은 주변 댐으로부터 양질의 물을 유입하여 희석	국내 새만금에서 계획
	선택적 방류	수문조자에 의해 심층의 영양분이 많은 수층을 방류	미국 등
	유로변경	오염도가 높은 유입하천을 우회	외국에서 여러 사례
	수위감소	인위적 방류를 통해 수위를 감소, 수변지역의 식생 및 오염물질 관리	외국에서 여러 사례
화학적 기술	저류지	오염물질의 함유된 유입수를 호소 유입부나 수변에 일정기간 저류하여 영양염 및 유기물 저감	국외 및 국내 적용사례 (새만금 등)
	인흡착	철, 알루미늄, 칼슘 등의 인흡착 재료를 이용하여 수중에 인제거	일본 등에서 사례
	가압부상	흡착 성분 주입하여 조류 등 입자성 물질을 응집시킨 후 미세기포를 이용하여 부상분리	국내에서 개발 사례 농림부(2005) 등
	응집부상	천연물질성분을 이용하여 조류 등 입자성 물질을 응집, 부상, 제거, 자체적으로 부상하므로 공기주입 필요 없음	국내에서 개발 및 연구 중
	폭기	다양한 기법을 이용하여 수중에 용존산소 공급	외국 기술, 국내 적용 및 개선사례
	살조제	황산 등을 이용하여 조류세포파괴	국내 적용 사례

구분	기술종류	대상 및 특성	비고
생물/ 생태공학기술	인공습지	호소 유입부 혹은 주변에 습지 설치, 유입수 내영양염, 유기물 저감	국내 다양한 적용
	수변식생대	하천 및 호소 주변에 식생대를 통해 오염물질 여과 및 개선, 주로 비점오염원 대상	국외 및 국내 시험적용사례, 연구 중
	어류	조식성 어류를 이용한 조류 설식, 제어	중국, 미국, 유럽 등에서 사례, 국내에서도 연구 (농림부, 2006. 2009)
	패류	여과섭식성 패류를 이용한 입자성 물질 저감	국외(네델란드, 미국 등)
	조류 (algae)	조류를 이용한 인 제거	국내 사례 (농림부, 2005) 국외 및 국내사례 (환경부, 농림부)
	동물 플랑크톤	물벼룩을 이용한 조류 제어	국내 시험사례 (연구 중)
	미생물제제	살조미승매(세균) 혹은 유기물, 중금속 분해세균 이용	국외적용, 국내 연구사례 (과기부, 2006)
	접촉여재 생물막	접촉여재를 이용한 영양염 흡착 및 생물막 형성	국내 적용사례
	인공서식처	호내에 인공서식처 도입으로 생물다양성 증대효과	국내 적용사례 (농림부, 2009)
	인공식물섬	부유식 인공식물섬 도입으로 생물서식처 및 수질개선 효과	국내 적용사례

• 정화원리에 따른 수처리 공법의 특징

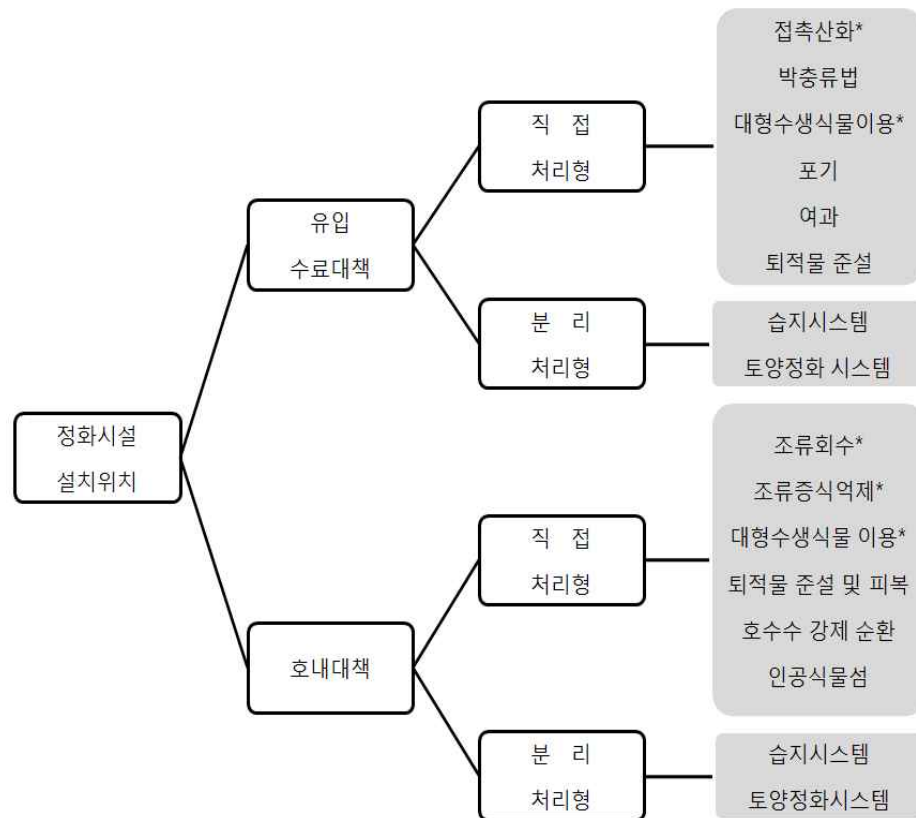
구분		물리적 처리	화학적 처리	생물학적 처리
제거물질		침전기능물질	부유물질	생물학적으로 분해 가능한 유기물질
제거율	BOD	약 30%	약 40~50%	활성슬러지 약 90% 살수여상법 약 80% 산화지 약 70~80%
	SS	약 50~60%	약 60~80%	활성슬러지 약 85% 살수여상법 약 75% 산화지 약 70%
장단점		비교적 효율이 낮음	슬러지 발생량이 큰 고가의 유지관리비용 질소, 인 등의 대량 제거 가능	상대적으로 처리 효율 높음

• 비점오염원 저감시설의 장·단점

저감시설		장점	단점
침투형	침투조	<ul style="list-style-type: none"> 자연배수 시스템을 사용하는 동안 그 지역의 자연수 균형을 보존 지역의 홍수피해를 감소 지하수 재충전 	<ul style="list-style-type: none"> 부적절한 설계로 인한 실패율이 높고 관리요구가 높음 부적절하게 관리되면 냄새, 모기, 수렁 같은 불쾌감을 유발 침투방법은 고농도의 오염물질 부하나 침전물 부하를 처리하는 데는 부적절 토양층 내에서 처리되지 않은 오염물질에 의해 지하수 오염을 유발할 수 있음 대규모 배수지역에는 부적합
	침투도랑	<ul style="list-style-type: none"> 도랑은 필요한 유량이나 월류빈도를 감소시키기 위해 강우유출수 하수관거 시스템의 설계에 포함시킬 수 있음 지역의 범람을 감소시킴 자연적 배수시스템을 사용 지하수를 재충전 공간이 제한된 지역에서 사용가능 수리학적으로 침투보다 빠르게 기능 설계에 따라 관리가 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 부적절한 설계, 오염물질 부하, 관리에 의한 실패율이 높음 빈도 높은 관리가 필요 관리상 어려움을 증가시키는 침전물에 의한 막힘의 우려가 있음 지붕배수관과 소규모 주차장 같은 소규모 강우유출량 발생지역에서는 적용이 제한됨 회석과 생물학적 분해같은 유용한 토양용량보다는 소규모 지역 내 강우유출수에 의한 오염물질에 초점 도랑은 지하수 오염문제를 유발할 수 있음
	유공포장	<ul style="list-style-type: none"> 별도의 토지 소요량이 없고, 도랑 등의 운송시스템이 불필요 새로운 지역이나 기존개발지 모두에 적용가능 우기 동안에는 미끄럼 방지 같은 안전성이 개선 배수를 위한 부대시설이 불필요 현지의 자연적 물 균형을 유지 고도의 강우유출수 오염조절 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 막힌 유공성 포장면은 재생 곤란 동결과 해빙이 문제를 일으킬 수 있음 지하수 오염의 위험성이 있음 주차장 같은 소규모지역에만 적용가능
식생형	식생여과대	<ul style="list-style-type: none"> 강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 침식물 생산량을 감소시킴 지표면 유수속도 감소, 침투시간 증가, 침투 증가에 의해 강우유출량을 감소시킴 유속일 감소됨에 따른 여과, 흡수 그리고 중력침전으로 부유성 침전물이 제거됨 자연환경 개선에도 효과가 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 수질조절을 위해서는 저장과 침투가 충분하지 못할 경우가 있음 오염물 제거에 필요한 이상적 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 관리가 노동집약적임 오염물 제거를 위한 최소너비가 필요하므로 일정규모의 토지 필요


저감시설		장점	단점
식생형	식생수로	<ul style="list-style-type: none"> • 별도의 부지가 수요 되지 않음 • 강우에너지로부터 토양을 보호함으로써 침식물 생산량을 감소시킴 • 유수속도 감소, 침투 증가에 의해 강우유출수량을 감소시킴 	<ul style="list-style-type: none"> • 수질 조절을 위해서는 저장과 침투가 충분하지 못함 • 오염물 제거에 필요한 이상적 환경이 유지되는 것을 조건으로 함 • 경사가 급한 장소에는 적용 불가
	여과장치	<ul style="list-style-type: none"> • 부유성 고형물과 고형물에 부착된 오염물질 제거 가능 • 모래뿐만 아니라 다양한 여재 적용이 가능 • 박테리아 및 조류 제거에도 효과 • 다양한 형식으로 설치할 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 배수지역에는 부적합 • 여층 관리가 처리효율에 직접적인 영향을 주므로 정기적인 여층 삭취 및 교체가 요구됨 • 유입부에 전처리 시설(침전)이 요구됨 • 설치장소에 제약을 받음 • 불투성 지역에서만 적용가능
장치형	유수분리장치	<ul style="list-style-type: none"> • 일반적으로 지하에 위치하므로 적은 지표공간에도 설치 가능 • 우수거를 대체할 수 있고 개조도 가능 • 다른 관리시설로 유입되기 전에 전처리 시설로도 이용 가능 • 관리를 위한 접근이 용이 	<ul style="list-style-type: none"> • 오염물질 제거율이 제한됨 • 소규모 시설로 수량 불가능 • 설치비용이 비교적 높음 • 관리빈도가 많음
	복합장치	<ul style="list-style-type: none"> • 고농도의 초기장우 저장가능 • 회전류에 의한 고약분리, 식생 및 미디어층의 물리적, 생물학적 오염물질 제거 • 환경친화적인 미관, 무인·무동력시스템으로 유지관리비 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> • 대규모 배수지역에서는 부적합 • 불투수성 지역에서만 적용 가능 • 설치장소에 제약을 받음
하수처리형	응집침전법	<ul style="list-style-type: none"> • 하수처리형의 다른 시설보다 가장 간단 • BOD, SS, TP에 대해서는 신속한 처리효과를 얻을 수 있음 • 침전시간의 단축을 위한 초고속응집침전법의 개발로 소요부지의 최소화 시킬 수 있음 • 설치장소에 제약을 받지 않음 • 기술의 신뢰성이 확보되어 있음 	<ul style="list-style-type: none"> • 유지관리인 확보, 상시관리 필요 • TN에 대해서는 처리효과가 다소 떨어지는 것으로 알려져 있으므로 후속처리시설이 필요한 경우 있음 • 약품비 및 동력비 등 운전비 소요 • 슬러지 발생 및 처분에 대한 문제점이 있음 • 주민과의 친화성 부족
	접촉안전법 폭기식리균법 살수여상법 회전원판법	이런 방법들은 비점오염원에 대해 직접적으로 사용하기에는 유량 및 수질의 변동부하가 너무 심하므로 처리 안전성 면에서 비효율적이고 고급처리에 비해 비경제적이므로 적용에 대해 신중한 검토가 요구됨	

• 수질정화시설의 설치 위치에 따른 분류



주 : *는 분리처리형으로도 적용 가능

자료 : 농림수산식품부*한국농어촌공사(2008). 「농업용수 수질개선대책 추진체계정립 및
대안평가기법 연구(최종)」



예당저수지 수질개선 기본계획(마스터 플랜) 수립 연구 최종보고회

2013. 08. 26

Contents

- 01. 계획수립의 개요 /3
- 02. 유역현황 및 여건분석 /10
- 03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사 /23
- 04. 오염원 및 배출특성 분석 /32
- 05. 오염원 및 오염부하량 전망 /50
- 06. 장래 수질변화 예측 /57
- 07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련 /67
- 08. 중장기적 유역관리 로드맵 /95

01

계획수립의 개요

01_1 계획수립의 배경 및 목적

01_2 계획의 범위

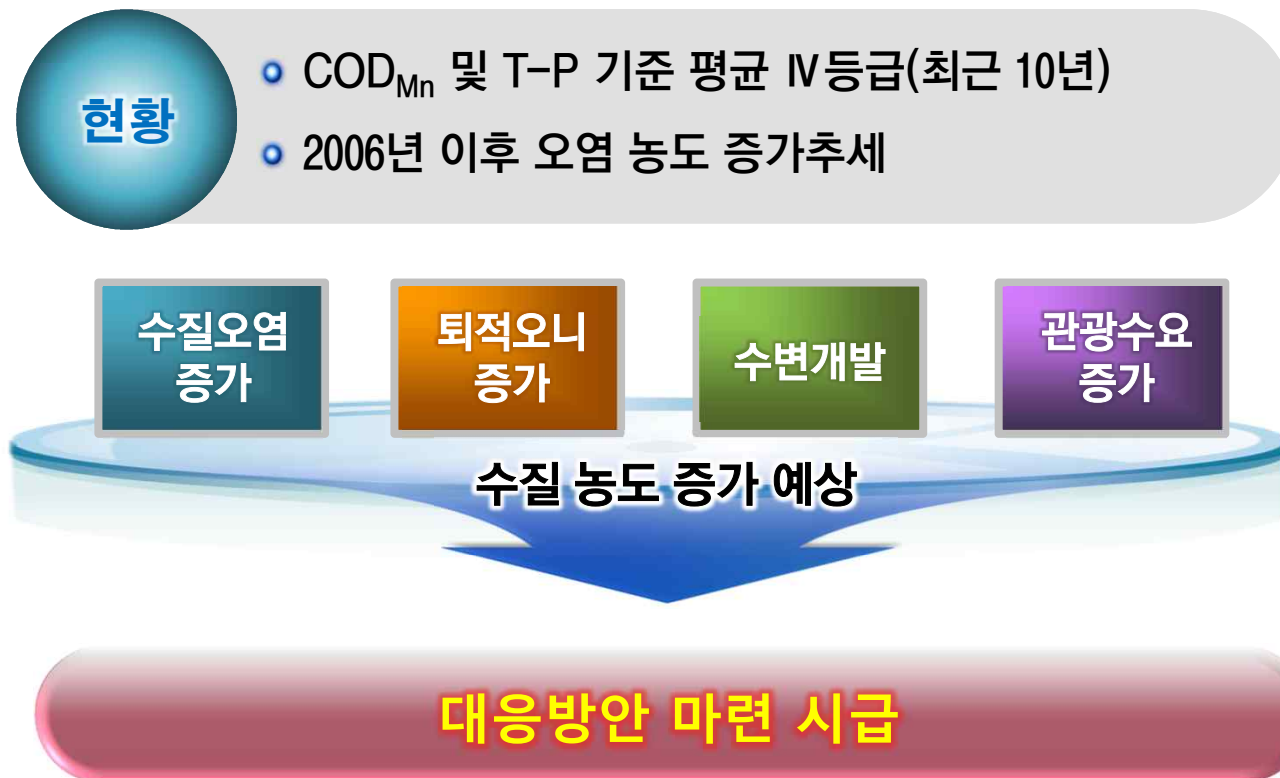
01_3 계획수립의 추진체계

01_4 계획수립의 추진현황

01. 계획수립의 개요

01_1 계획수립의 배경 및 목적

수립배경



01. 계획수립의 개요

01_1 계획수립의 배경 및 목적

목적



01. 계획수립의 개요

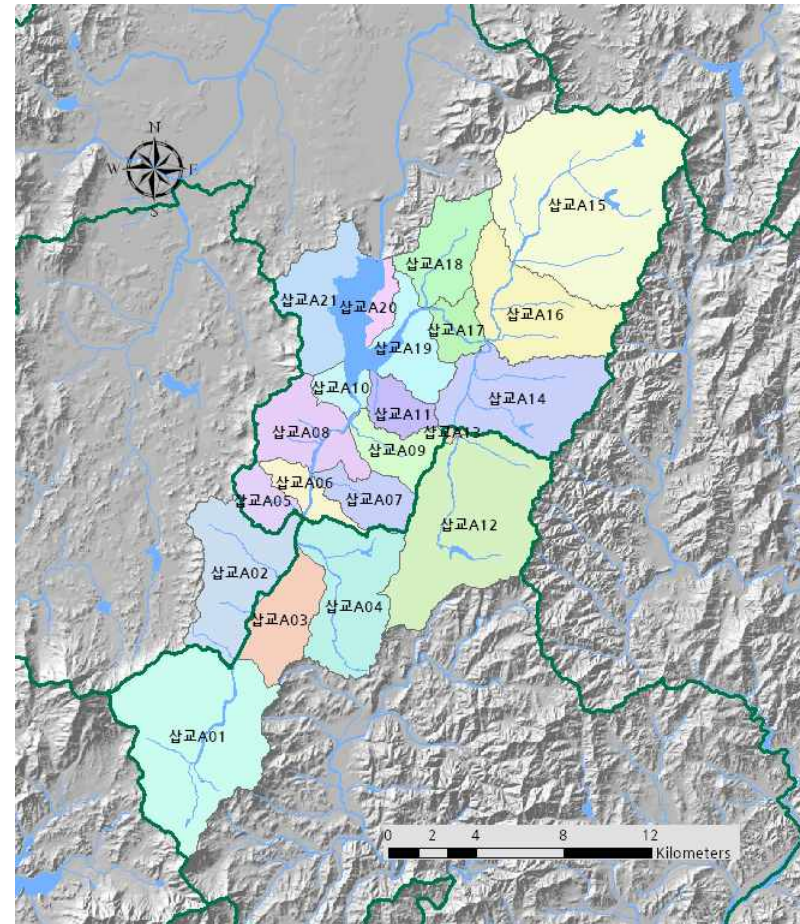
01_2 계획의 범위 (1)

공간적 범위

- 예당저수지 유역[373.6km²]
 - 인접 수계 및 주변하천 포함

시간적 범위

- 기준년도 : 2010년, 목표년도 : 2020년
- 계획기간 : 2013년~2020년
 - 중기 : 2013~2015년
 - 장기 : 2016~2020년



[예당저수지 유역]

01. 계획수립의 개요

01_2 계획의 범위 (2)

내용적 범위

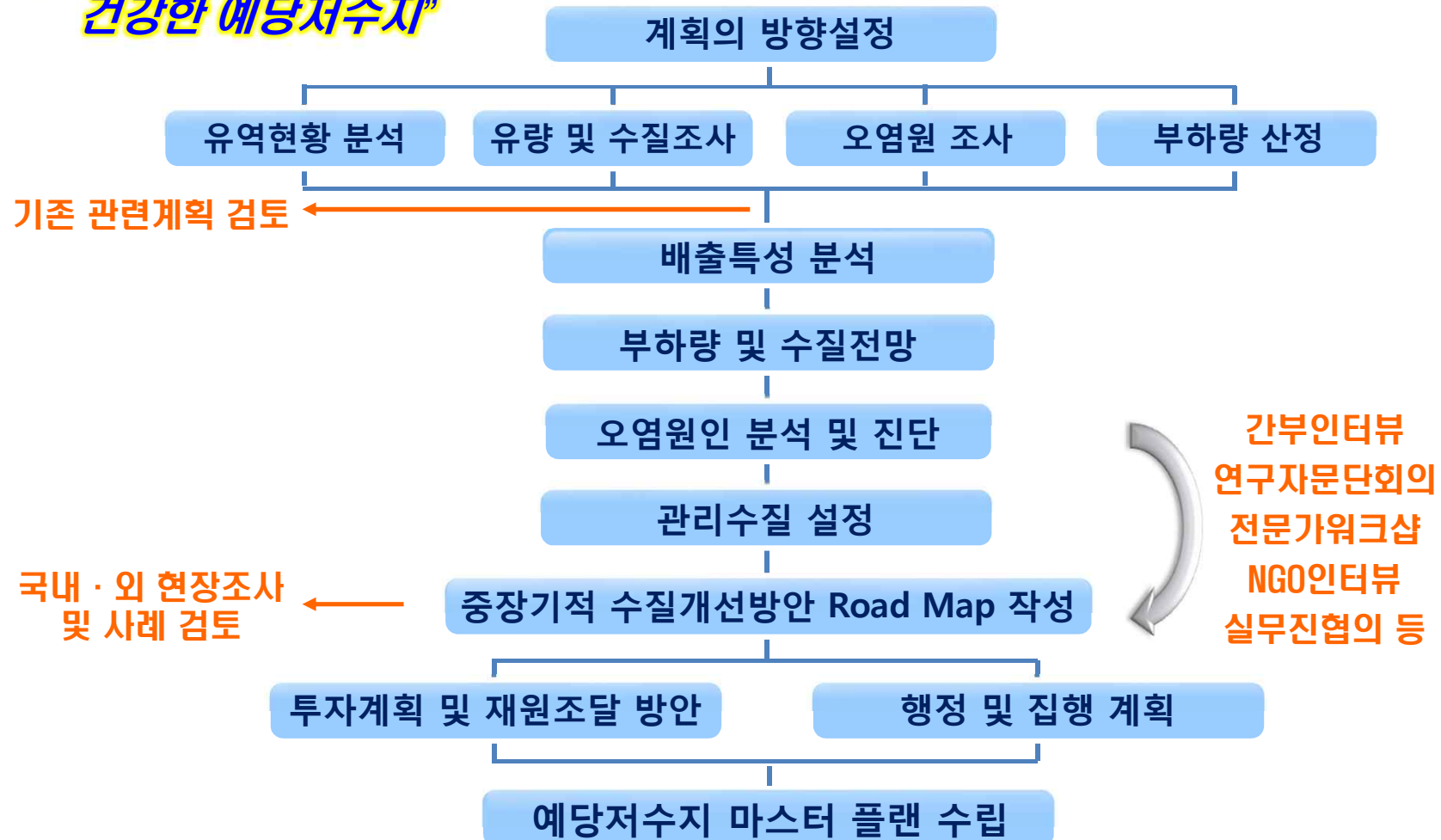
○ 관련 계획 및 상위계획과 연계

- 예당저수지 유역 및 인접수계 **현황 분석** (호내 포함)
- 예당저수지 유역 및 인접수계 **수질 및 유량, 퇴적물 등 현장조사**
- 예당저수지 유역 및 인접수계 **오염원 및 배출특성 분석**
- 예당저수지 유역 및 인접수계 **부하량, 수질전망** (수리, 호소모델링)
- **유역 오염원인 분석, 수질개선 로드맵 제시**
(국내·외 사례분석을 토대로 수질개선 방안 등 세부정책 제시)
- **집행 및 투자계획**
- **기타 수질개선을 위하여 필요한 사항**

01. 계획수립의 개요

01_3 계획수립의 추진체계 [CDI모형 적용]

**“깨끗하고 생명이 살아숨쉬는
건강한 예당저수지”**



01. 계획수립의 개요

01_4 계획수립의 추진현황

1단계 : 기본 구상 및 계획방향 설정

- 과업착수회의, 추진방향 협의 (2012. 03)
- 국내 사례조사 및 군수님, 실무진, 관련 전문가 인터뷰 (2012. 04 ~ 2012. 05)
- 연구진 워크샵을 통한 연구방향 설정 (2012. 04)

2단계 : 유역현황 조사 및 특성분석

- 기초자료 수집, 오염원조사, 유역 수질 조사 및 분석 1차 (2012. 06 ~ 2012. 07)
- 유역 수질 조사 및 분석 2차, 강우특성 분석, 부하량 산정 (2012. 08)
- 중간보고회 (2012. 09)

3단계 : 수질전망 및 개선방안 마스터플랜 수립

- 수질 조사 및 분석 (2012. 10, 2012. 12, 2013. 03)
- 퇴적물 용출 조사 (2013. 03)
- 시나리오별 수질 예측 및 연구진 · 전문가 세미나 (2013. 05 ~ 2013. 07)
- 관리수질 등 각종 목표달성을 위한 수질개선방안 도출 워크샵 (2013. 08)

02

유역현황 및 여건분석

02_1 제원

02_2 표고 및 경사

02_3 수계 및 토지이용 현황

02_4 자연생태현황

02_5 인구변화 추이

02_6 인터뷰

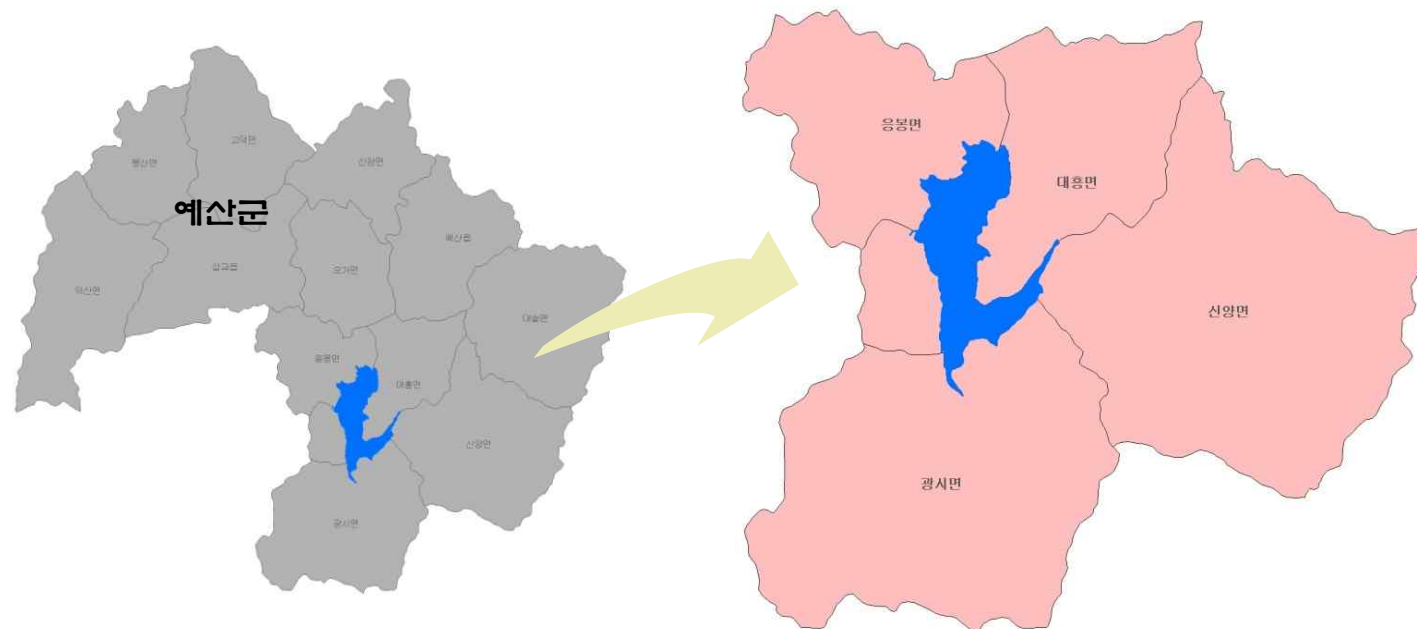
02_7 관련 사례 조사

02. 유역현황 및 여건분석

02_1 제원

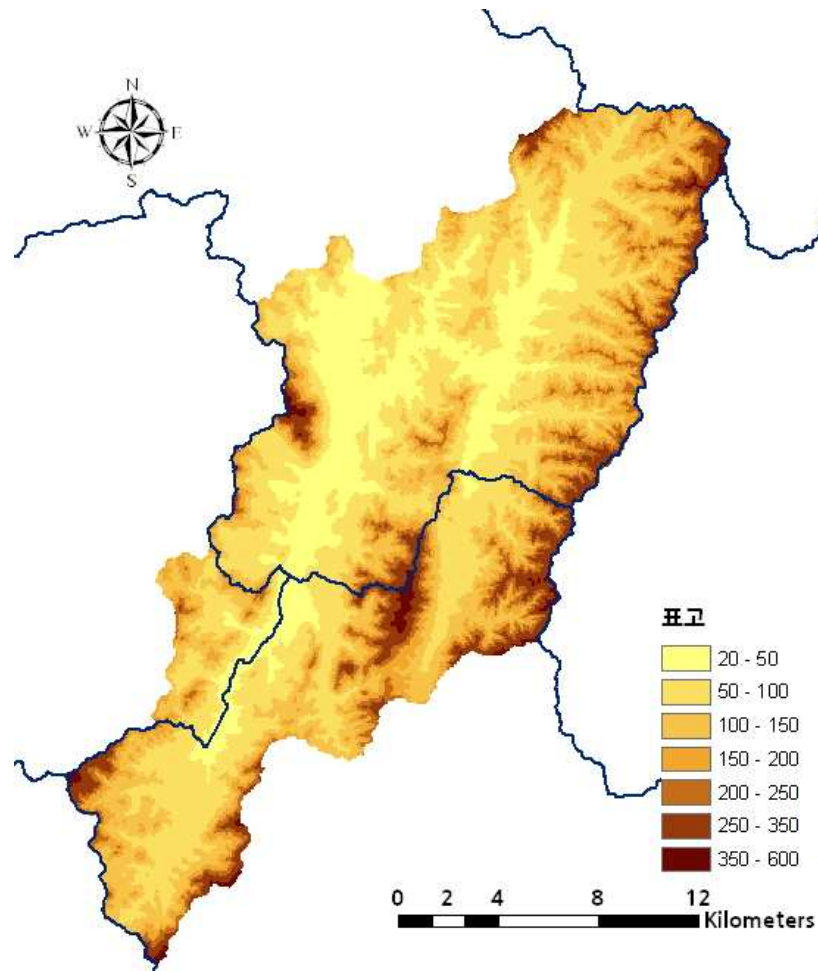
- 소재지 : 충남 예산군 대흥면 노동리
- 삼교호 전체 유역 내에서 유일하게 홍수조절 기능을 갖춘 저수지로 무한천 유역면적의 약 78%에 달하는 대규모 농업용 저수지

유역면적(km ²)	만수면적(km ²)	총저수량(m ³)
373.6	10.88	약 4,700만

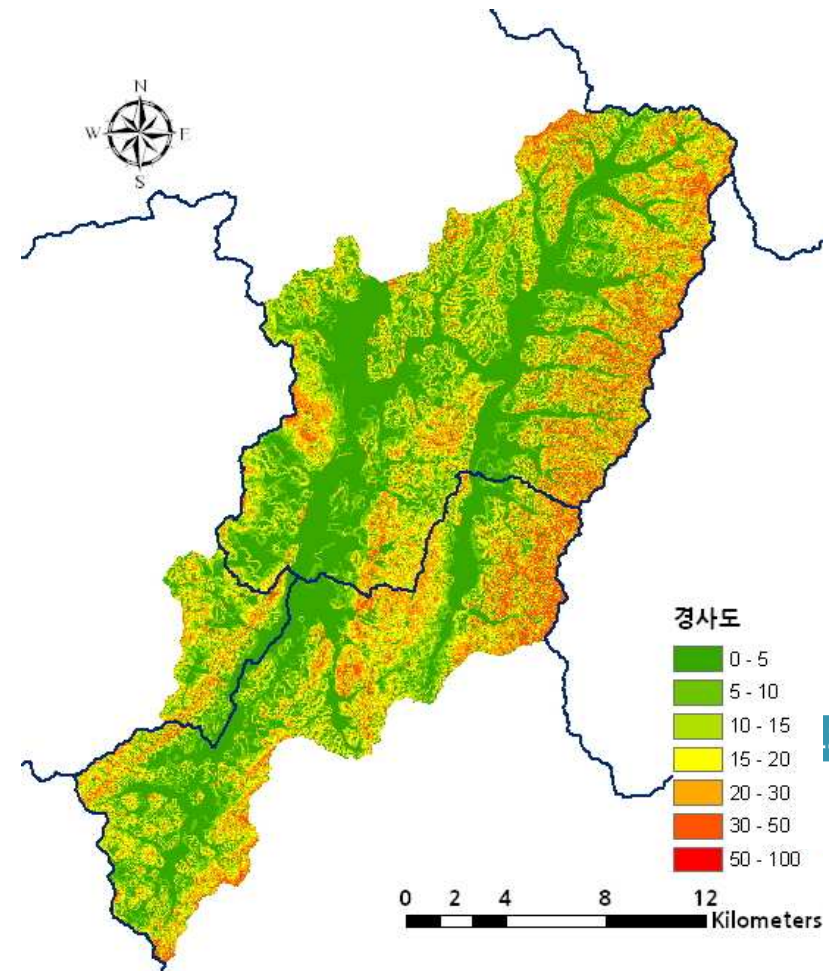


02. 유역현황 및 여건분석

02_2 표고 및 경사



[표 고]



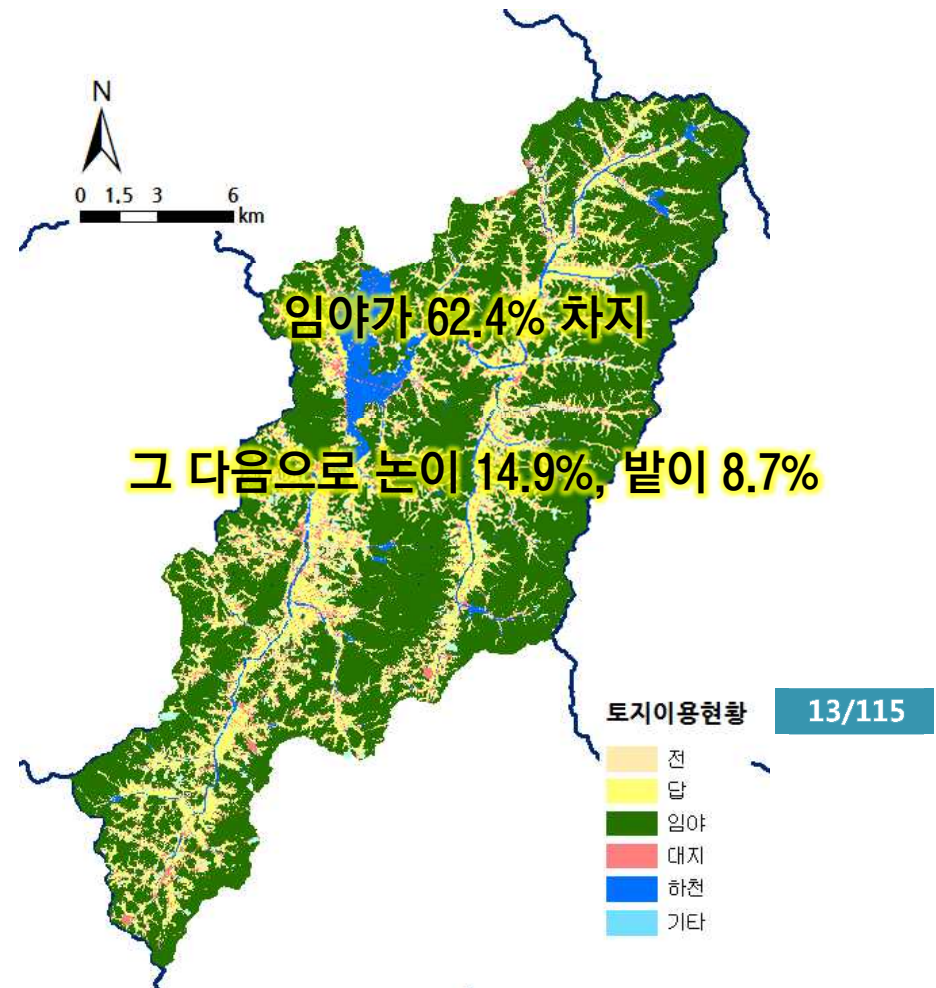
[경 사]

02. 유역현황 및 여건분석

02_3 수계 및 토지이용 현황



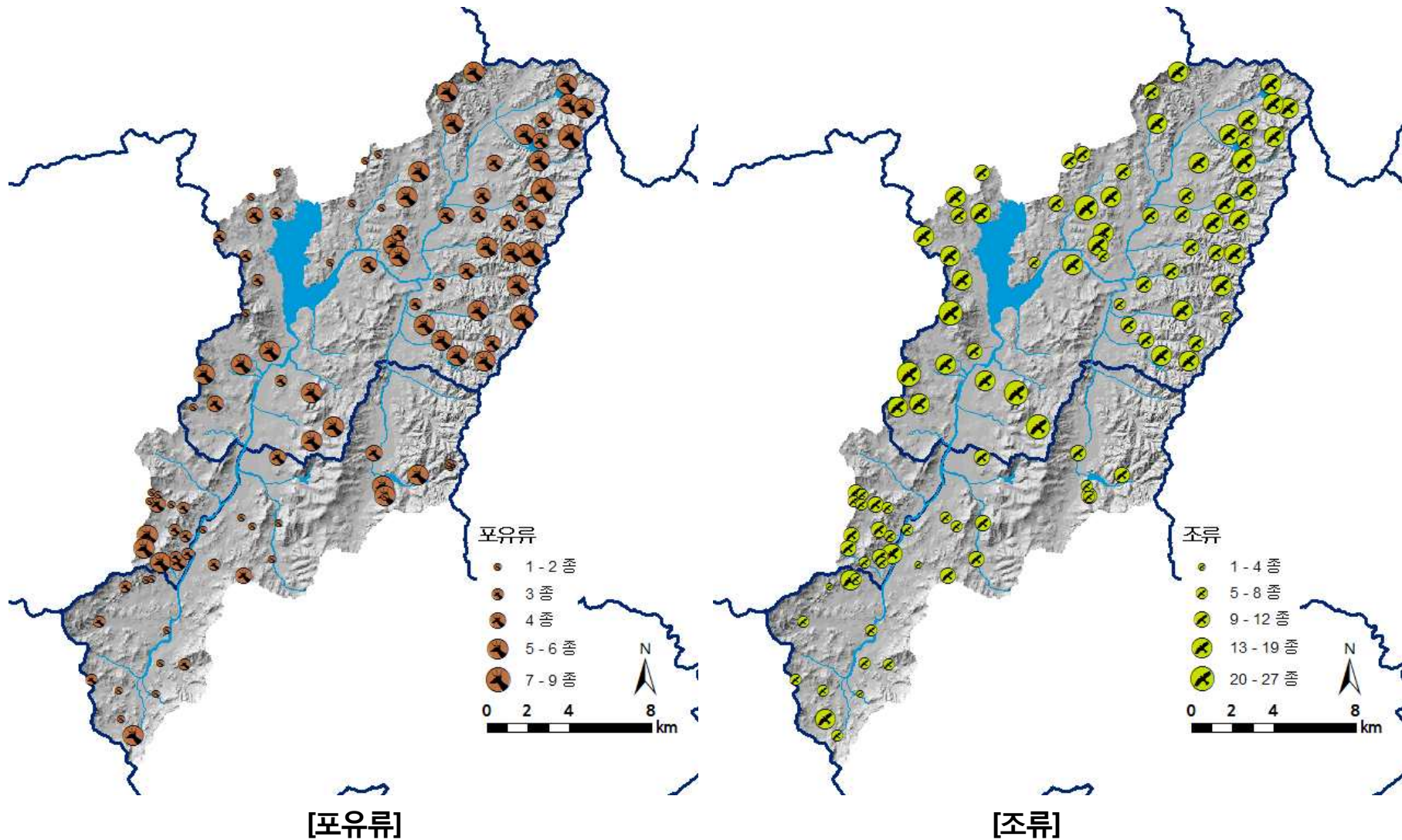
[수계도]



[토지이용현황도]

02. 유역현황 및 여건분석

02_4 자연생태현황 : 유역



02. 유역현황 및 여건분석

02_4 자연생태현황 : 호내

조류

- 흰뺨검둥오리, 청둥오리, 물닭 등 27종의 조류가 관찰됨
- 천연기념물 1종(원앙) 확인



[원앙]

어류

- 예당저수지는 주변의 임상이 잘 발달되어 어류의 먹이 공급이 풍부
- 수면이 넓고 수초가 많기 때문에 갈수기에도 수면면적이 넓게 남아 산란량이 유지

○ 총 32속 39종 채집

- 한국고유종 : 배가사리 등
- 멸종위기종 : 꾸구리 등
- 우점종 : 붕어, 피라미, 버들치



[배가사리]



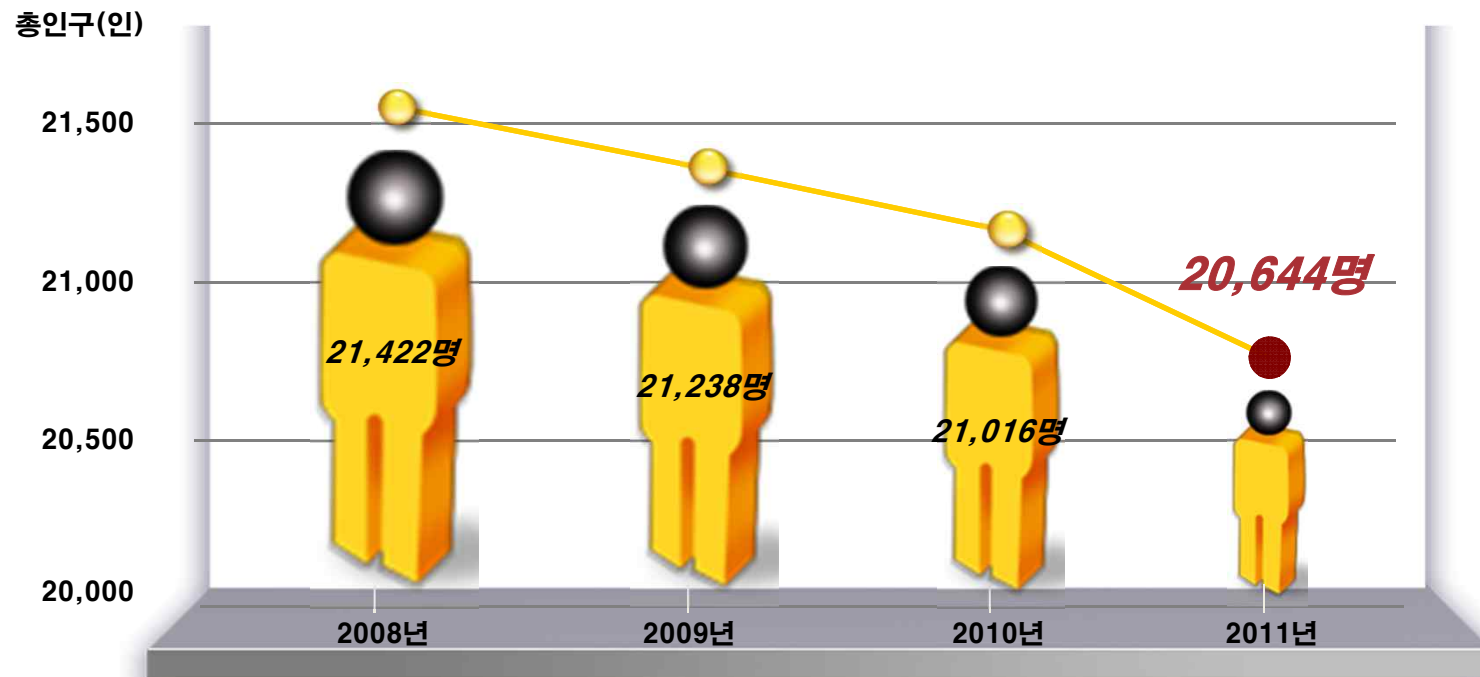
[꾸구리]

02. 유역현황 및 여건분석

02_5 인구변화 추이

예당저수지 유역의 현재인구 : 20,644명 (2011년 말 기준)

■ 지난 4년간 감소추세를 보임 : 총 778명 감소



02. 유역현황 및 여건분석

02_6 인터뷰 (1)

군수님 인터뷰

- 예당저수지 최종 수질관리 목표 : 2급수
- 예당저수지와 주변지역 : 생태관광지역, 친환경 청정지역 조성 및 활용
- 슬로시티, 황새마을 등의 사업 진행 : 수질, 토양, 대기 및 생태계 보호 절실
- 호우 시 유입되는 생활 오·폐수, 농약, 비료 잔류물 등에 의한 수질 악화 문제 해결 필요
- 상류지역의 오염원과 비점오염원 현황 및 오염물질의 유입경로, 강우 시 오염 발생량과 오염 경로의 조사·분석을 통한 수질오염원 유입량 저감 대책 및 방향 제시 필요
- 미래 예당저수지 관리의 지속가능성을 담보할 수 있는 환경교육 및 실천 운동
- 향후 2급수 이상의 수질을 유지·관리 할 수 있는 실효성 있는 방법 마련

02. 유역현황 및 여건분석

02_6 인터뷰 (2)

전문가 인터뷰

- **예당저수지 수질개선 기본계획 수립 연구가 나아갈 방향 제시 필요**
 - **오픈 마스터플랜 수립 필요**
 - 장기간의 수질측정 현황 자료 필요
 - 수질에만 편중되지 않은 전체적인 비전 제시 필요
 - **강우시 저수지 오염문제**
 - 주변 음식점, 축사와 협약을 통한 소규모 저류조 설치 등 오염물질(점, 비점) 유입 차단 대책 마련 필요
 - 강우시 오염 사진 노출을 통한 시민 교육
 - **낙시 금지구역 설정 필요**
- **기 연구된 왕송호 수질개선방안 및 정책추진의 시사점 도출을 통한 착안 필요**
 - **수변 50m 개발(시설, 농경지 등) 제한 벨트를 통한 경관, 완충녹지 확보 필요**
 - 개발 제한 또는 인접토지 협약을 통한 친환경 농업, 경관미를 높이는 작물 재배

02. 유역현황 및 여건분석

02_7 관련 사례 조사 (국내_1)

왕송저수지

- 의왕시 월암동 소재
- 2009년 왕송호 수질개선사업 기본계획 연구 시행
- 수질개선사업 기본계획
 - 의왕시-농어촌공사 간 왕송호 수질개선협약 체결
 - 상류대책(의왕시)
 - 인공습지(비점오염저감), 저류지(초기우수처리)
 - 호내대책(농어촌공사)
 - 인공습지, 침강지, 폭기분수, 물순환장치
- 수질개선 관련 사업
 - 하수처리장 고도처리시설 설치
 - 생태하천 조성사업
 - 도로 비점오염물질 저감을 위한 정기적인 노면청소(연중)
 - 시민단체 수질정화 활동
 - 해병전우회 활용, 자원봉사자(시민, 사회단체) 모집을 통한 연중 정화활동 및 테마 프로그램 운영



02. 유역현황 및 여건분석

02_7 관련 사례 조사 (국내_2)

감돈저수지

- 전남 무안군 소재
- 2003년 농업용수 수질개선 시범사업
- 인공습지, 침강지 및 부댐, 자연형 하천 설치

홍동저수지

- 충남 홍성군 소재
- 2009년 농업용수 수질개선사업 준공
- 인공습지, 침강지 및 부댐, 수초저류지, 인공식물섬



[홍동저수지]

개천지구

- 경북 의성군 소재
- 2009년 농업용수 수질개선사업 준공
- 인공습지, 침강지 및 부댐, 인공식물섬, 물순환장치

가산지구

- 경남 밀양시 소재
- 2010년 농업용수 수질개선사업 준공
- 인공습지, 침강지 및 부댐, 인공식물섬, 물순환장치

02. 유역현황 및 여건분석

02_7 관련 사례 조사 (국외)

일본 가미가우라호

- 일본에서 2번째로 큰 호소 (호소면적 220km², 유역면적 1,937 km²)
- 도시화, 공업화 및 축산사육두수 증가로 1960년대 말 이후 급속한 수질악화
- 5년마다 수질보전계획 수정·보완



● 제5기 수질보전대책(2006-2010)의 주요 내용

대책의 내용	계획량 (2005년 대비 2020년)	대책의 내용	계획량 (2005년 대비 2020년)
■ 생활하수대책		■ 농지 및 시가지 대책	
· 하수도정비	▶ 보급률 53.5% → 58.5%	· 에코파머(친환경농장) 인정	▶ 3,628명 → 5,000명
· 농업집락배수시설 정비	▶ 정비지구 54지구 → 63지구	· 화학비료 투입량 감축(질소)	▶ 4,720t/년 → 4,000t/년
· 고도처리형 정화조 정비	▶ 정비개수 905개 → 5,800개	· 퇴비전식기 도입	▶ 3,720개 → 4,520대
· 정화조 법정검사률 향상	▶ 검사률 12.7% → 50%	· 유출수대책지구 중점대책	▶ 산오가와(山王川)유역(석강시), 전천
■ 공장·사업장 대책		■ 기 타	
· 배출기준 강화	▶ 배출수 수질기준이 적용되는 배출량 기준 강화 - 소규모사업장(1일배출량 20m ³ 미만)의 배수규제 강화		▶ 수산물소비확대, 외래어 회수 및 유용 활용
■ 축산대책			▶ 산림의 보전, 다자연형하천가꾸기, 수생식물대 등 조성을 통한 자연정화기능 회복
· 가축분뇨 퇴비화시설 정비	▶ 581개소 → 621개소		▶ 하천직접정화시설 정비, 저너울출대책, 정화용수도입 등 유입 하천대책, 호내대책 추진
· 부하경감 시설의 정비	▶ 109개소 → 129개소		▶ 가스미가우라 환경과학센터를 거점으로 하는 조사연구 추진
· 특수비료 생산판매업자	▶ 303건 → 500건		▶ 주민, 사업자, 단체, 행정기관이 참여하는 거버넌스 구축

03

수질 및 유량, 퇴적물 조사

03_1 수질 및 유량 : 조사방법

03_2 수질 및 유량 : 조사지점

03_3 수질 및 유량 : 조사결과

03_4 퇴적물 : 조사방법 및 지점

03_5 퇴적물 : 조사결과

03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

03_1 수질 및 유량 : 조사방법

● 측정지점

- 예당저수지 호내 및 유입·유출 인접하천

● 측정항목

- 수질분석 항목 : pH, DO, BOD₅, COD, SS, T-N, Chl-a, T-P, NO₂⁻-N, NO₃⁻-N, NH₄⁺-N, PO₄-P (년 4회 실시)
- 강우시 유출특성 분석 (2회 실시)

● 측정 및 조사방법

- 유량측정: 현장에서 유속-면적법으로 측정
- 수질분석: 시료 운반 후 실험실에서 분석

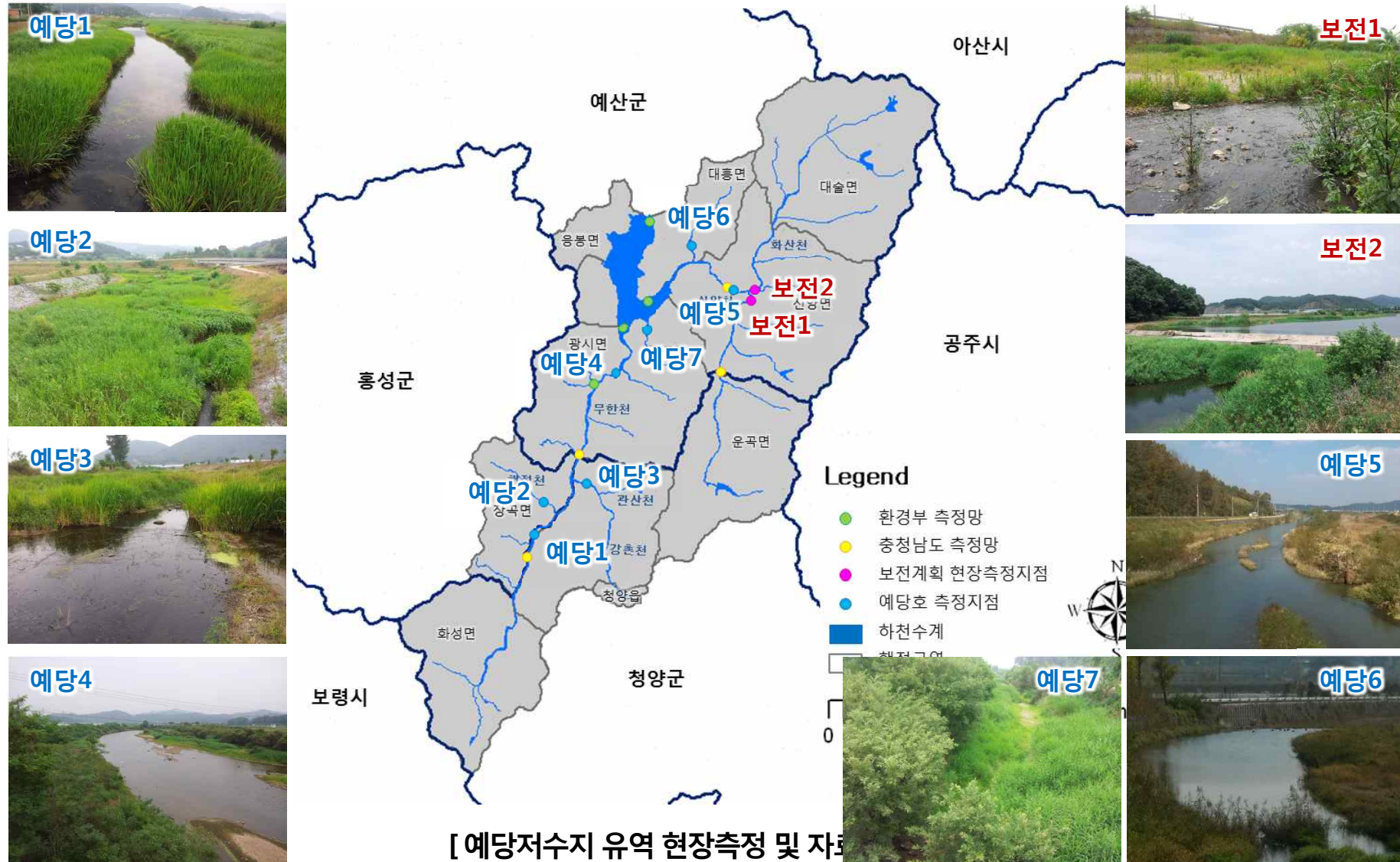
● 기존 자료 분석

- 환경부 측정망, 농어촌공사 측정망, 도 수질모니터링 지점 등을 포함한 각종 자료조사 및 분석
→ 현장조사 및 자료조사를 통한 실태파악 병행



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

03_2 수질 및 유량 : 조사지점



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

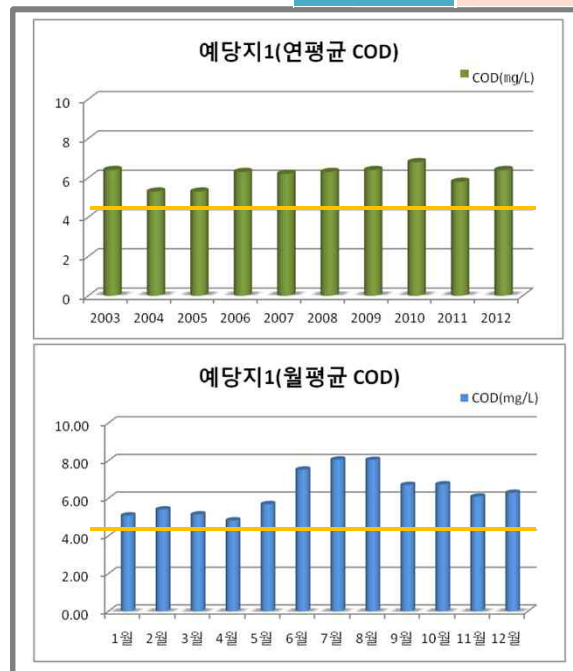
03_3 수질 및 유량 : 조사결과

호내 COD
(4.0mg/L이하)
호내 T-P
(0.03mg/L이하)

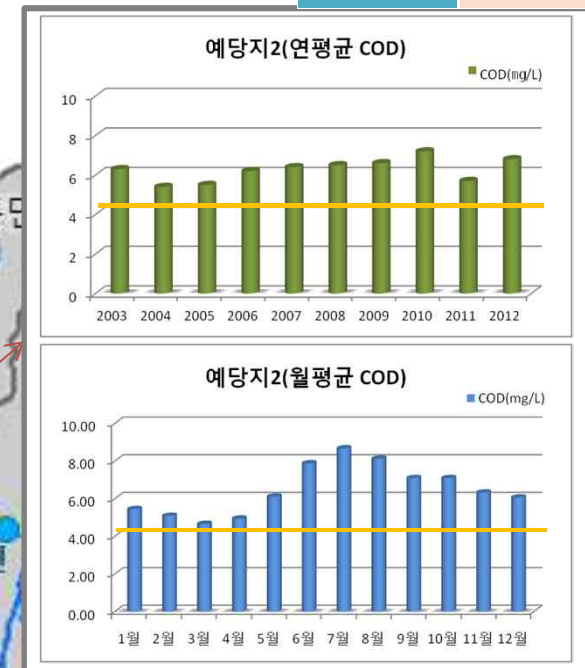
수질기준 : 표등급

호내 측정망 (환경부)

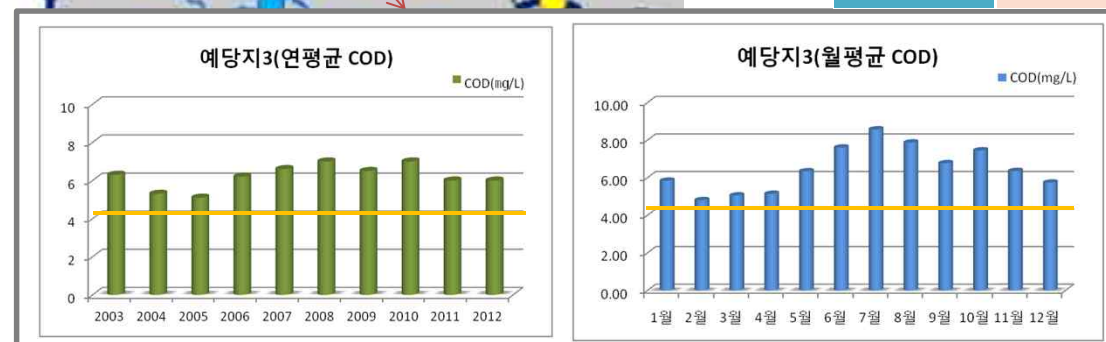
예당지1 6.2



예당지2 6.3



예당지3 6.2



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

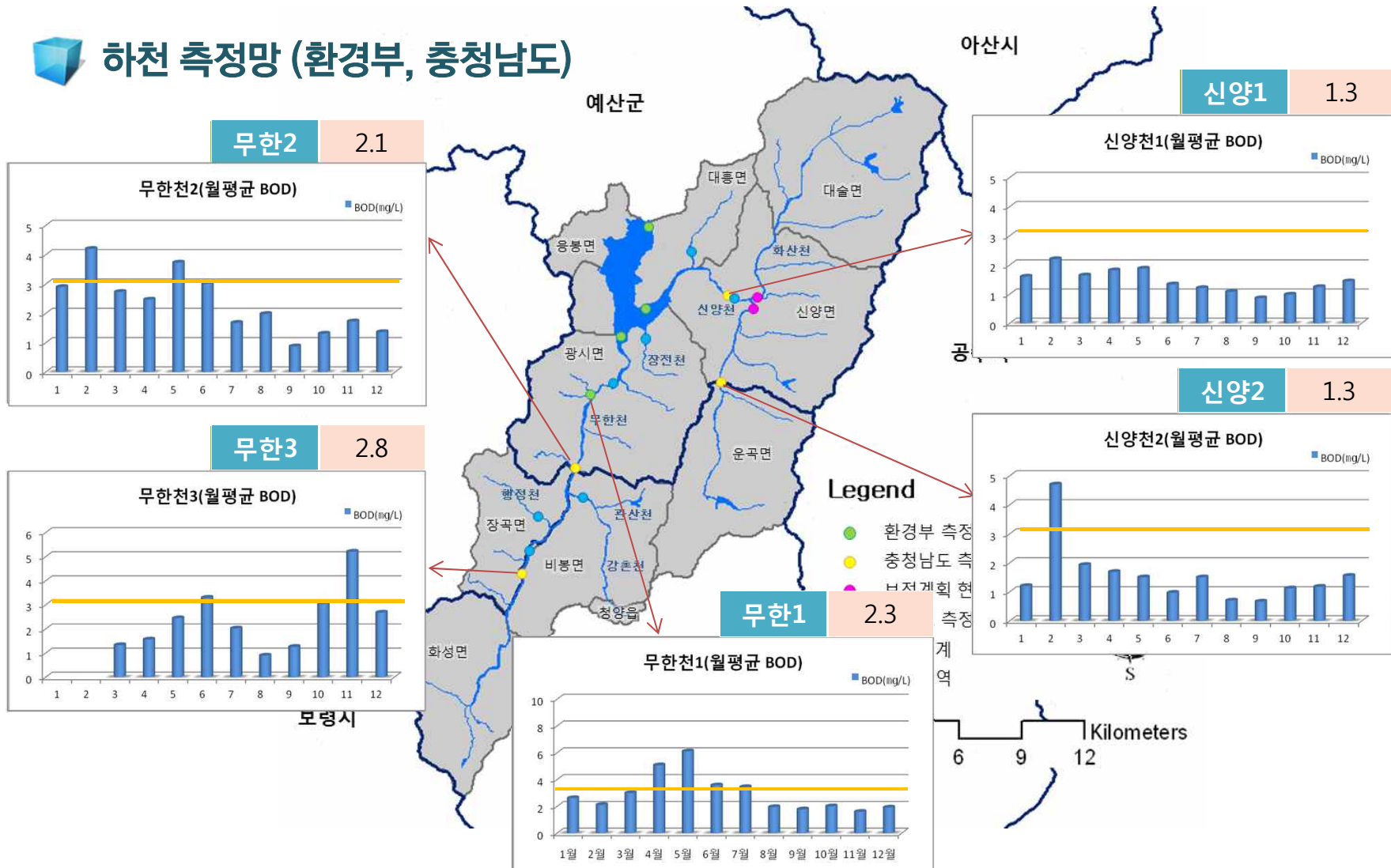
03_3 수질 및 유량 : 조사결과

하천 BOD
(3.0mg/L이하)

하천 T-P
(0.1mg/L이하)

수질기준 : II등급

하천 측정망 (환경부, 충청남도)



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

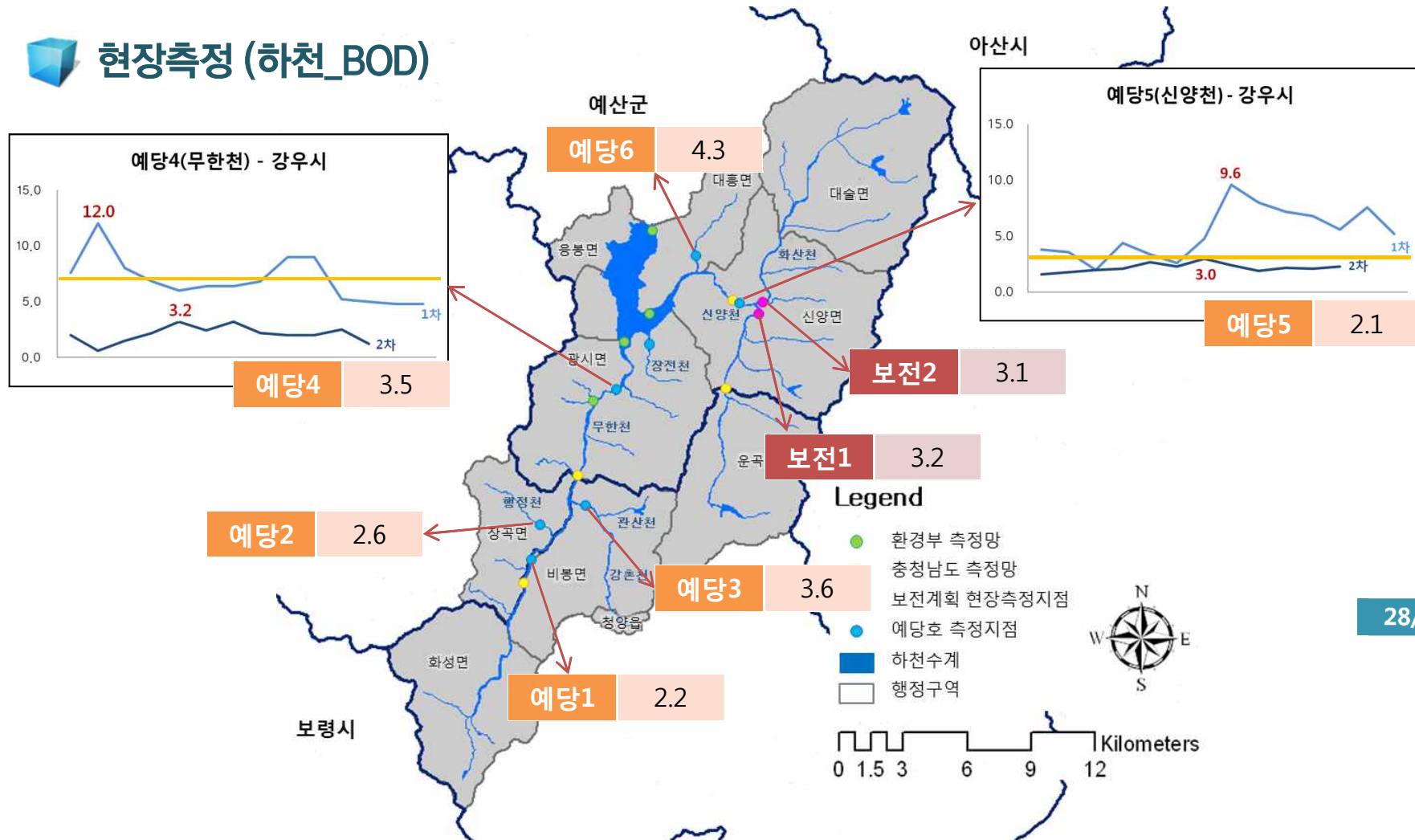
03_3 수질 및 유량 : 조사결과

수질기준 : 표등급

하천 BOD
(3.0mg/L이하)

비강우

현장측정 (하천_BOD)



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

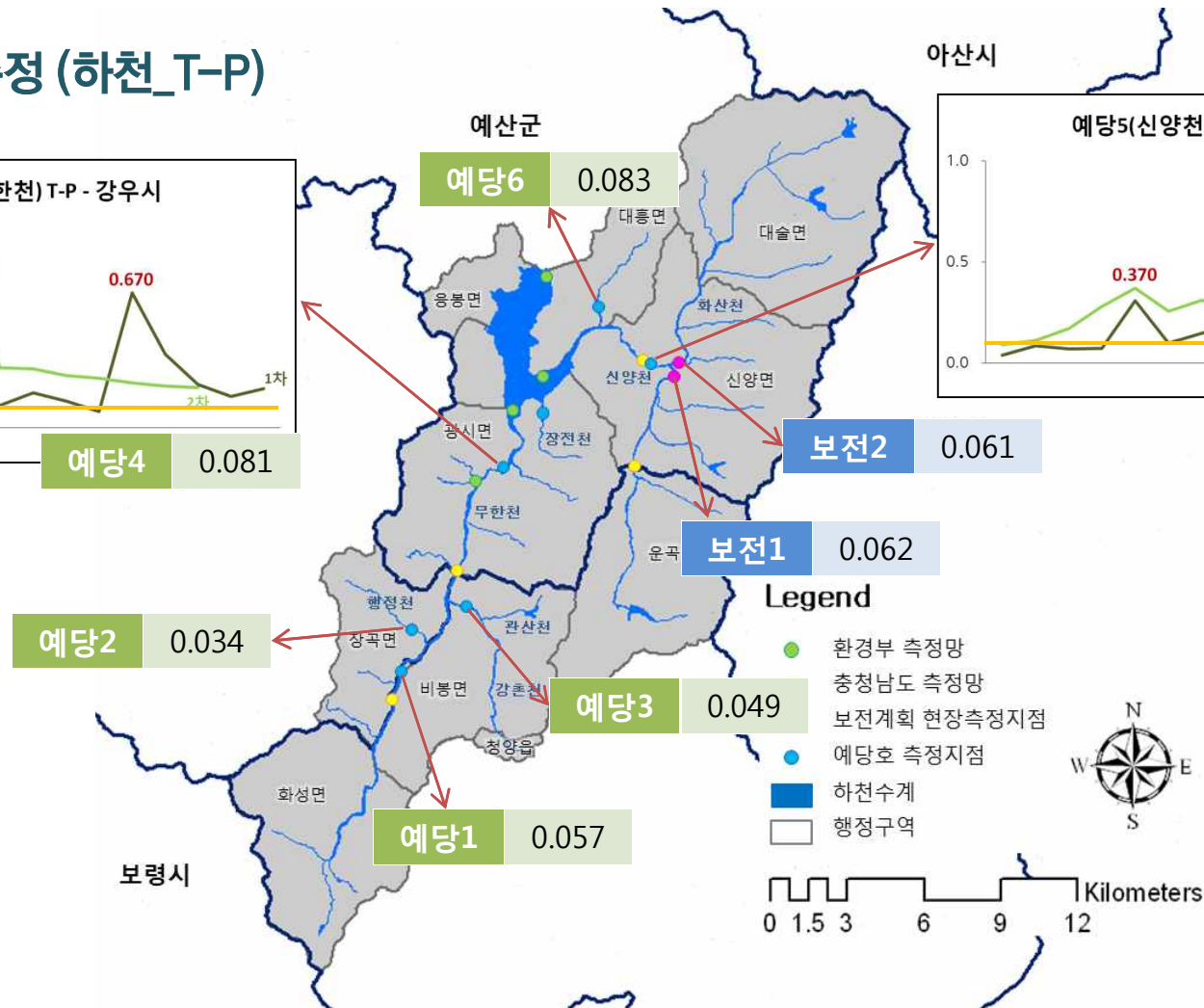
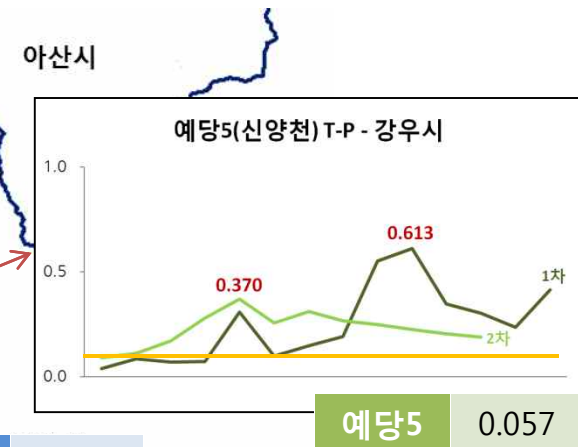
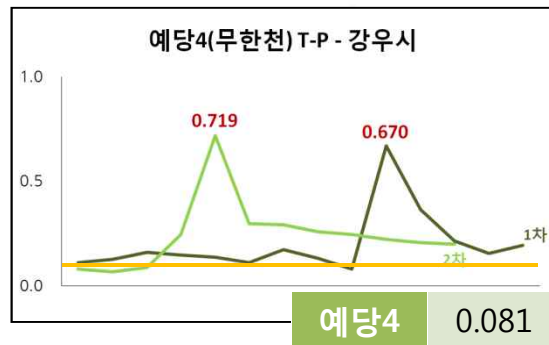
03_3 수질 및 유량 : 조사결과

수질기준 : 표등급

하천 T-P
(0.1mg/L이하)

비강우

현장측정 (하천_T-P)



03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

03_4 퇴적물 : 조사방법 및 지점

● 조사지점

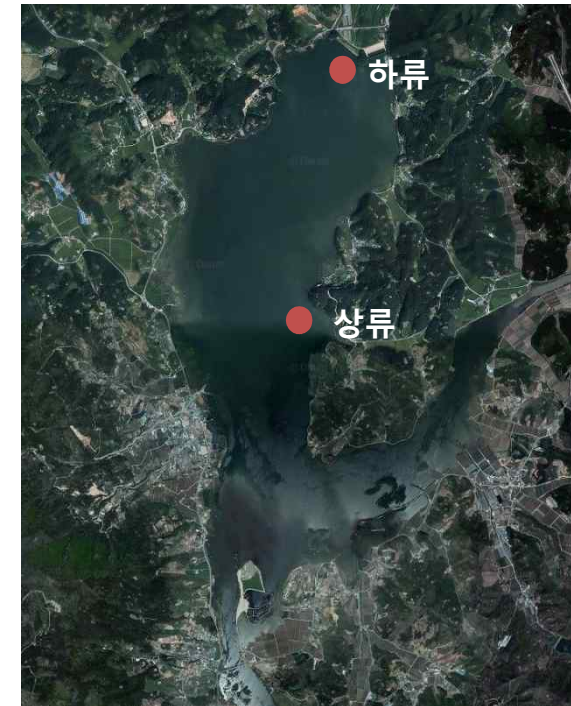
- 예당저수지 호내 2개 지점(상류, 하류)

● 분석항목

- T-N, T-P, COD, VS, Cd, Cu, As, Hg, Pb, Cr6

● 조사 및 분석방법

- 퇴적물 채취: 현장에서 그랩형 샘플러로 채취
- 퇴적물 분석: 시료 운반 후 실험실에서 분석



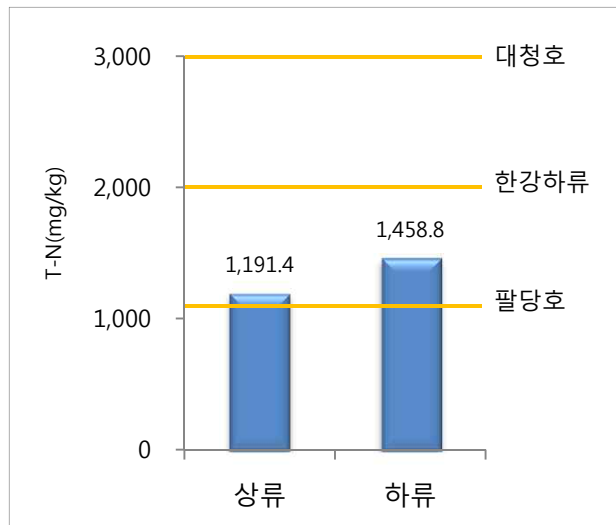
[퇴적물 조사지점]



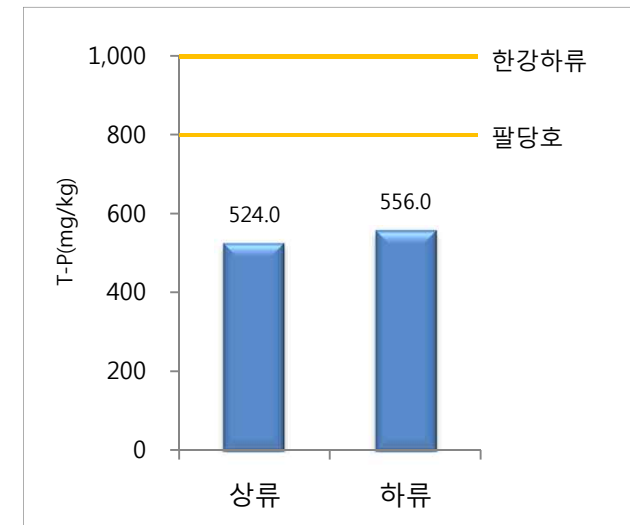
[퇴적물 조사]

03. 수질 및 유량, 퇴적물 조사

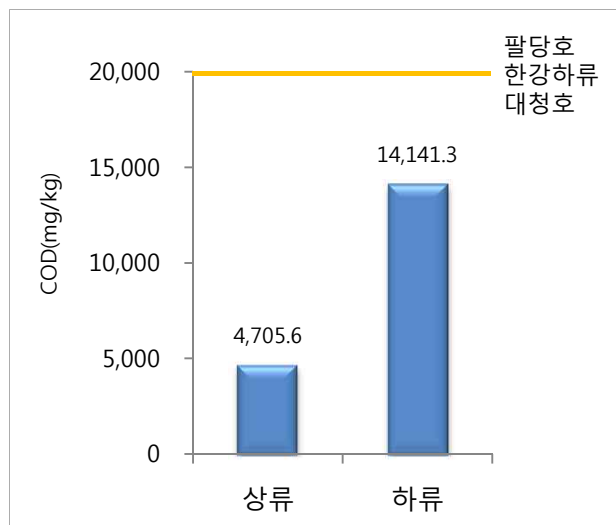
03_4 퇴적물 : 조사결과



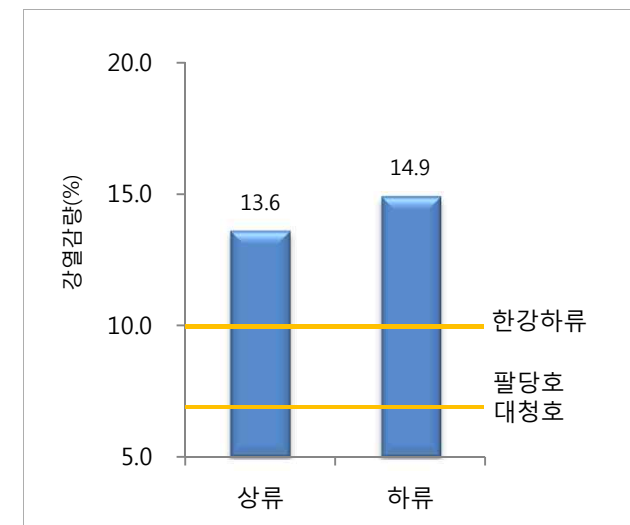
[T-N]



[T-P]



[COD]



[강열감량]

04

오염원 및 배출특성 분석

04_1 유역의 행정구역 점유 현황

04_2 오염원 및 환경기초시설

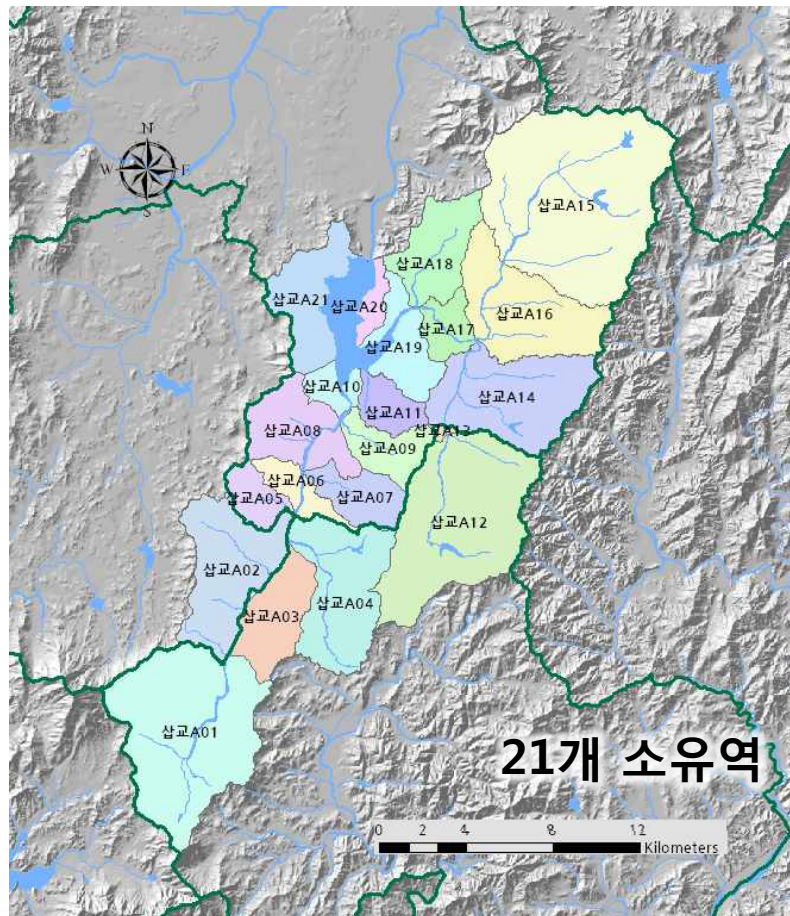
04_3 오염부하량

04_4 오염원별 부하비율

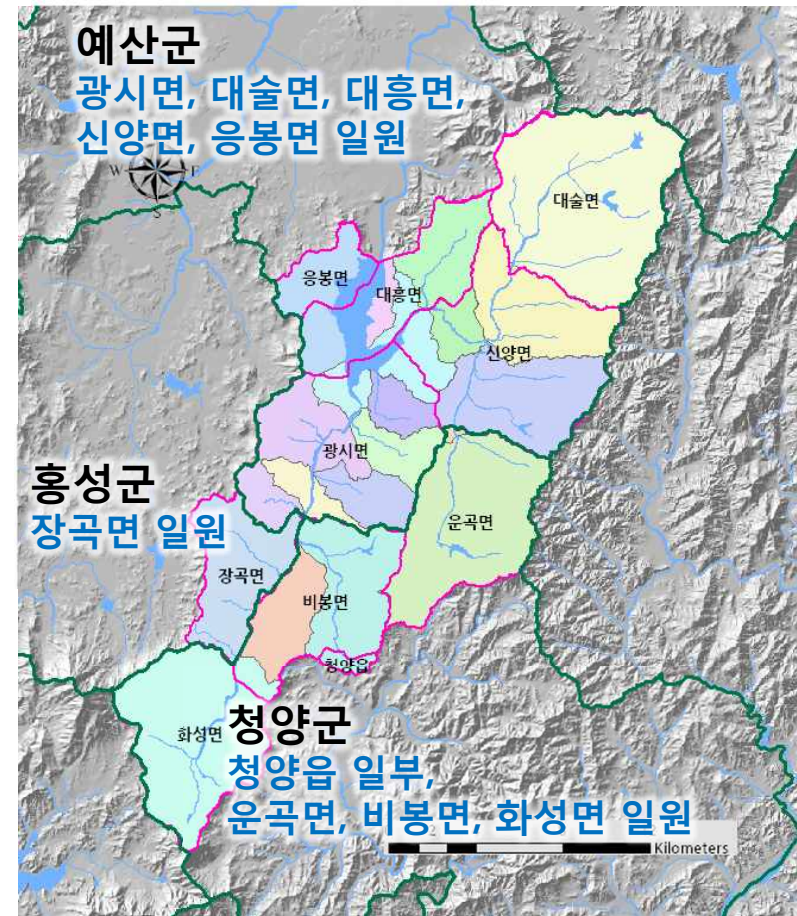
04_5 유달부하량 및 유달률 산정

04. 오염원 및 배출특성 분석

04_1 유역의 행정구역 점유 현황



[소유역 현황]

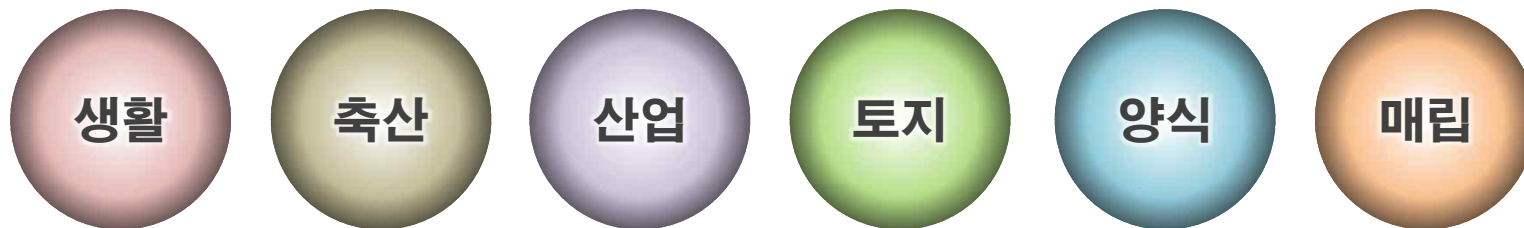


[유역내 행정구역 현황]

04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사방법

오염원조사



- 군 통계연보, 환경부 통계 및 전국오염원조사 자료 활용
- 각 소유역별, 행정구역별 오염원 및 분포 특성 분석

환경기초시설 조사

- 해당수계 및 인접수계의 기초시설 분포 및 배출특성 조사

공공하수처리시설

분뇨처리시설

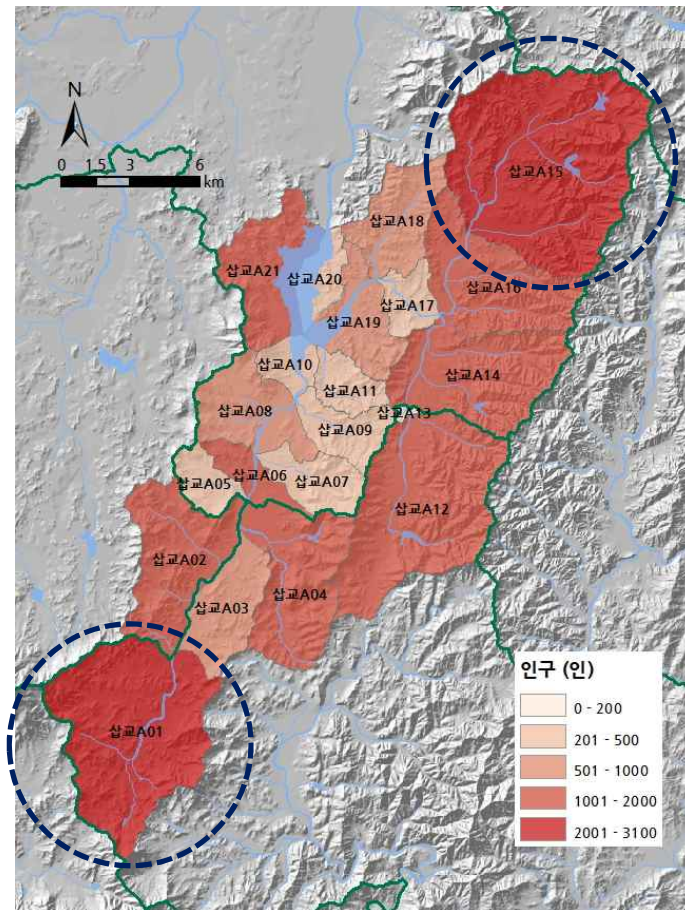
가축분뇨처리시설

폐수종말처리시설

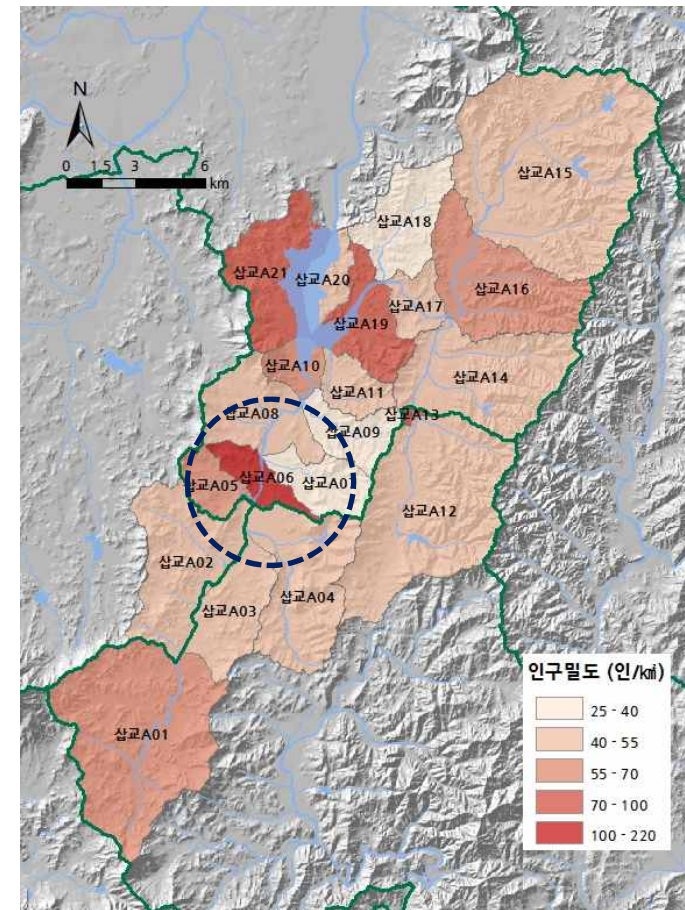
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사결과 및 특성분석 (1)

● 생활계 오염원 현황 : 인구현황



[인구현황]

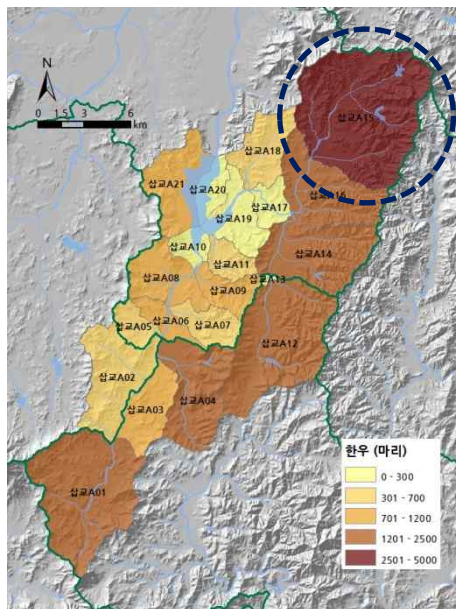


[인구밀도 현황]

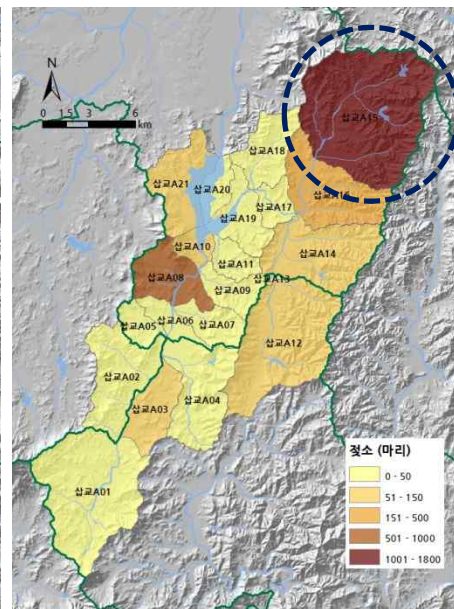
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사결과 및 특성분석 (2)

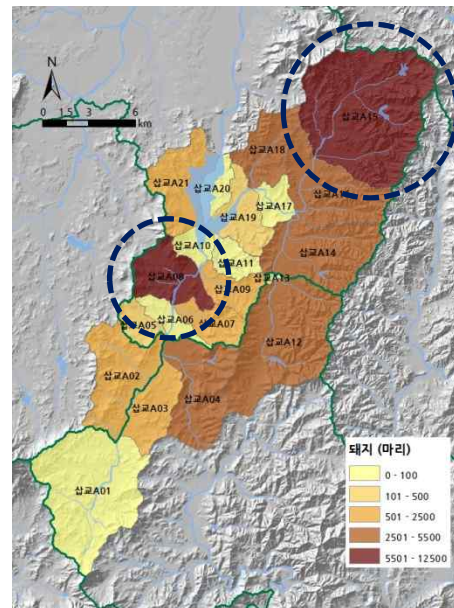
● 축산계 오염원 현황 : 축산현황



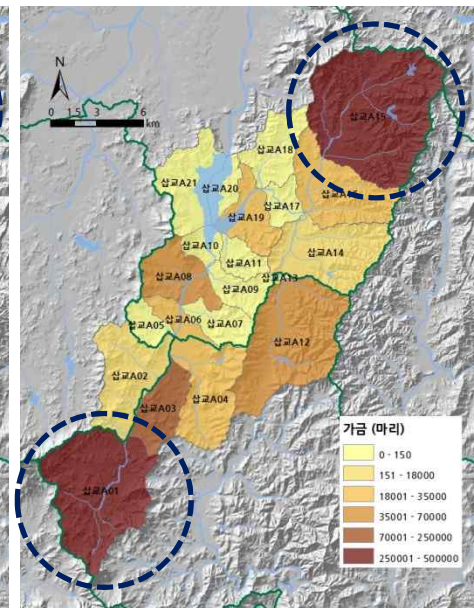
[한우]



[젖소]



[돼지]

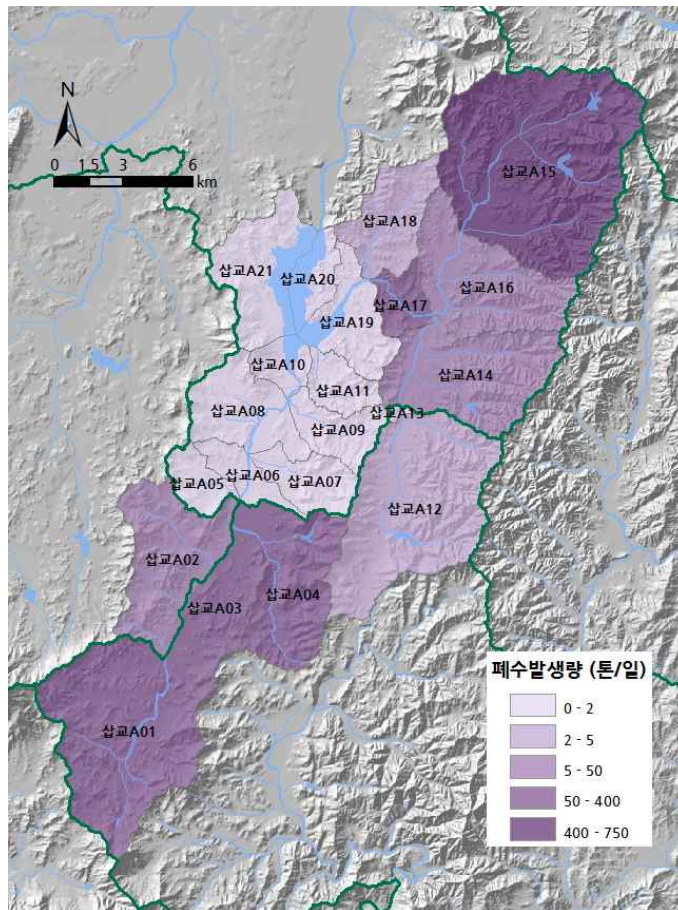


[가금]

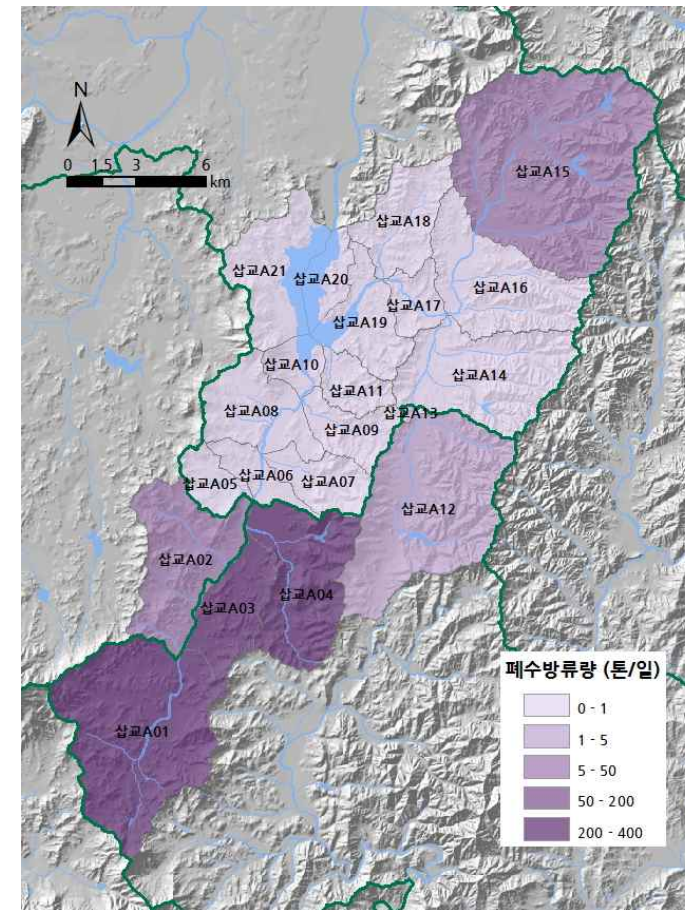
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사결과 및 특성분석 (3)

● 산업계 오염원 현황 : 폐수배출 현황



[폐수 발생량]

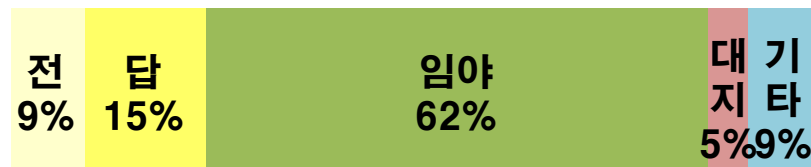


[폐수 방류량]

04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사결과 및 특성분석 (4)

토지계 오염원 현황 : 토지이용현황



양식장 현황



매립시설 현황

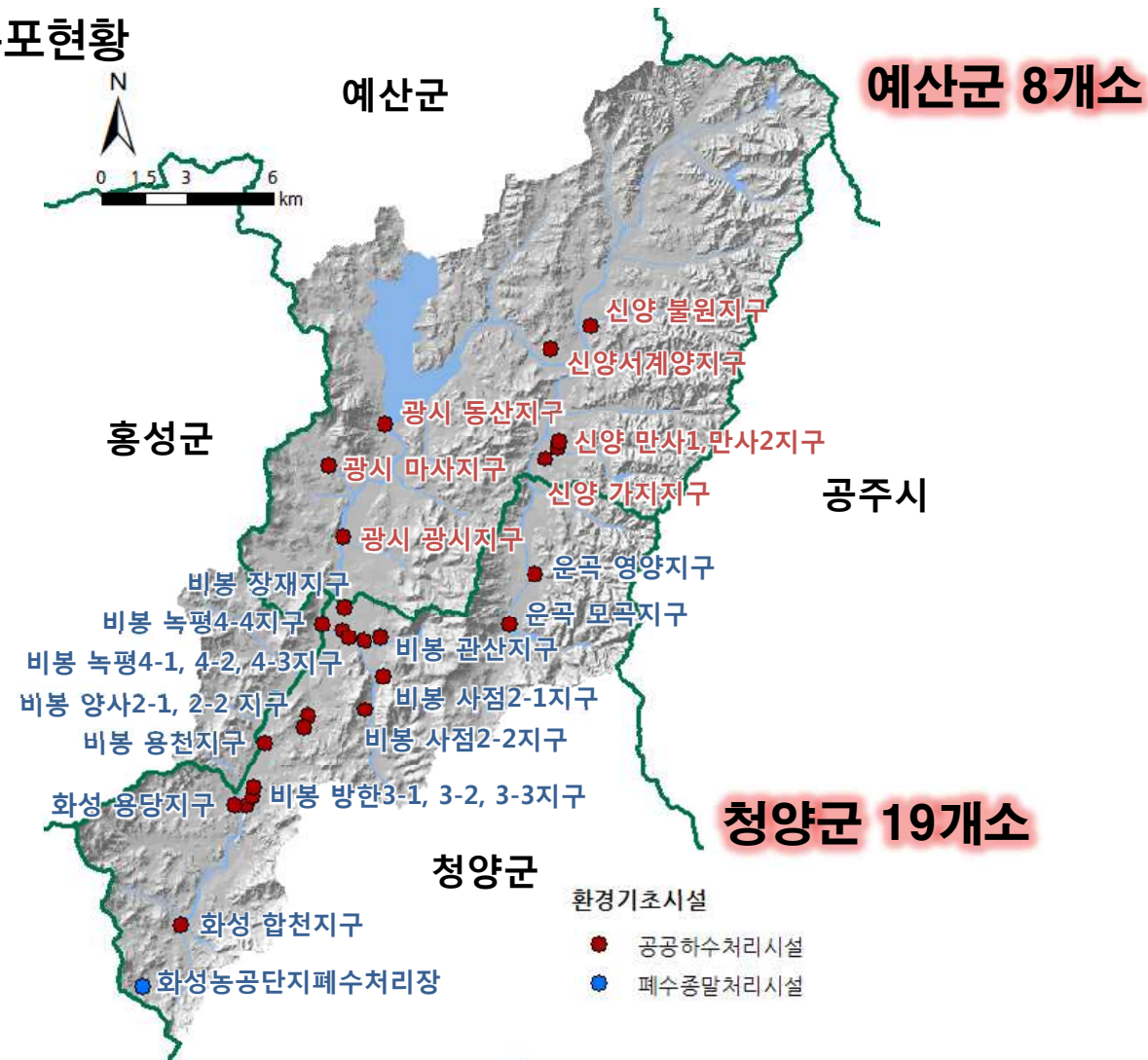
예산군생활폐기물 위생매립장(예산군 대흥면 대울리)



04. 오염원 및 배출특성 분석

04_2 오염원 및 환경기초시설 : 조사결과 및 특성분석 (5)

● 환경기초시설 분포현황



04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정방법

발생 및 배출부하량 산정

- 오염원 조사자료를 바탕으로 배출원별, 행정구역별 오염물질 발생부하량과 배출부하량 특성분석
 - 수계오염총량관리기술지침(2008)에 따라 산정

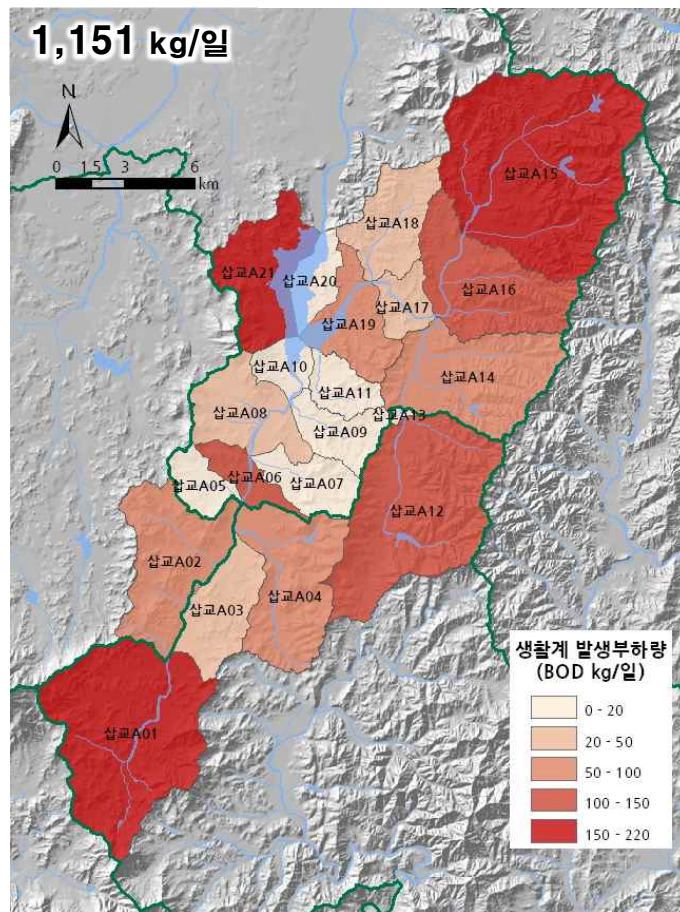
특성분석

- 오염원 조사자료와 발생부하량, 배출부하량 산정 자료를 토대로 유역의 배출분포 특성을 분석
- 오염원인을 진단하는 근거자료로 활용

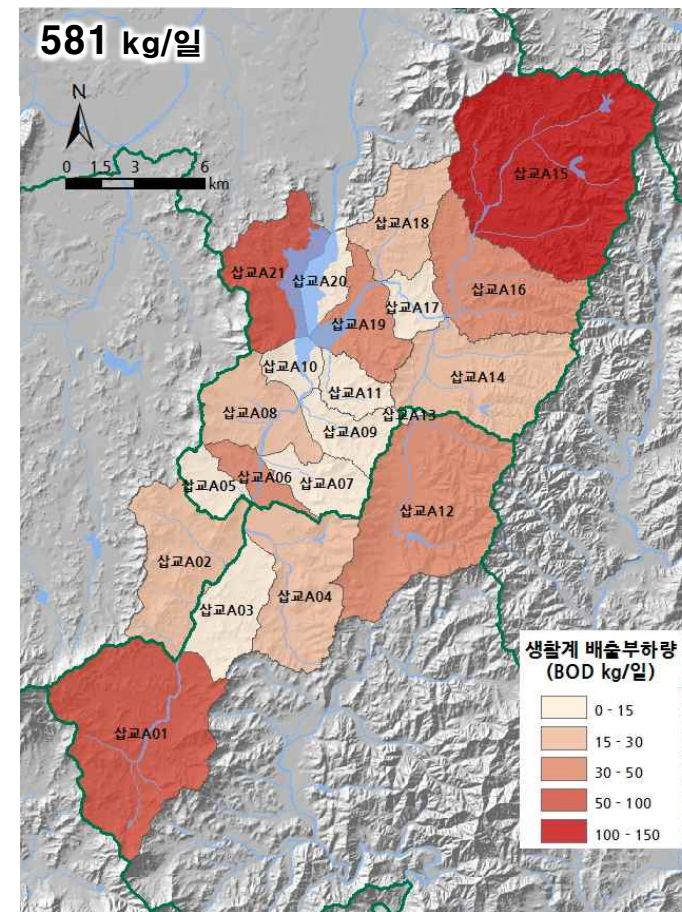
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD₁)

● 생활계 BOD 발생 및 배출부하량



[생활계 BOD 발생부하량]

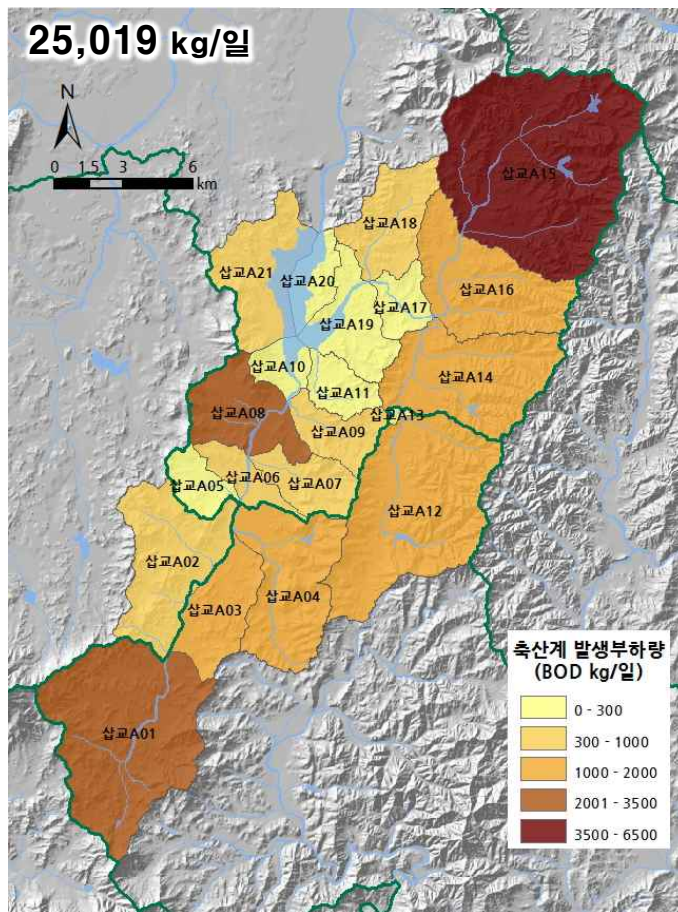


[생활계 BOD 배출부하량]

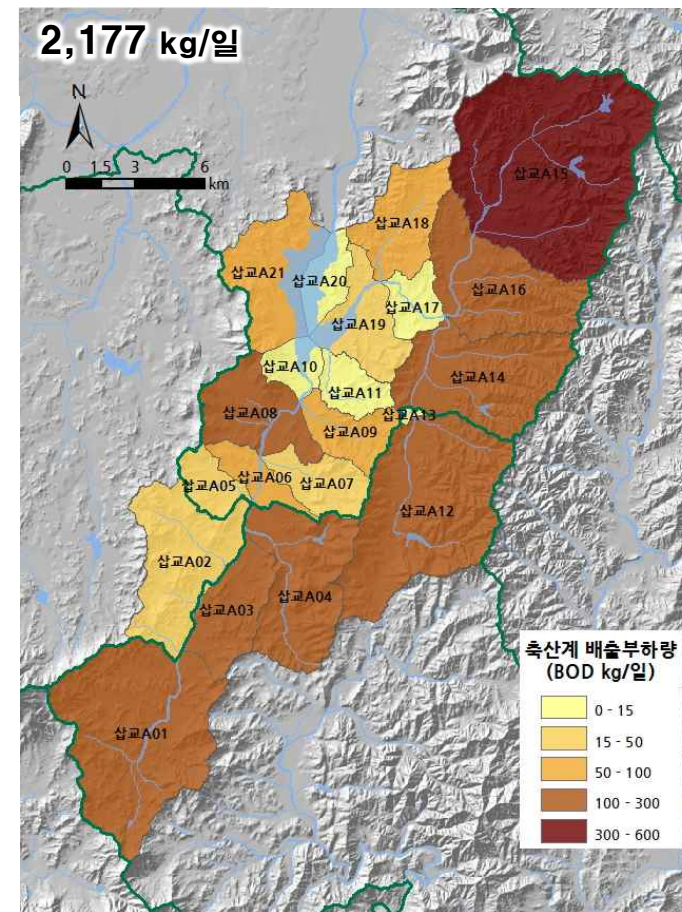
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD_2)

● 축산계 BOD 발생 및 배출부하량



[축산계 BOD 발생부하량]

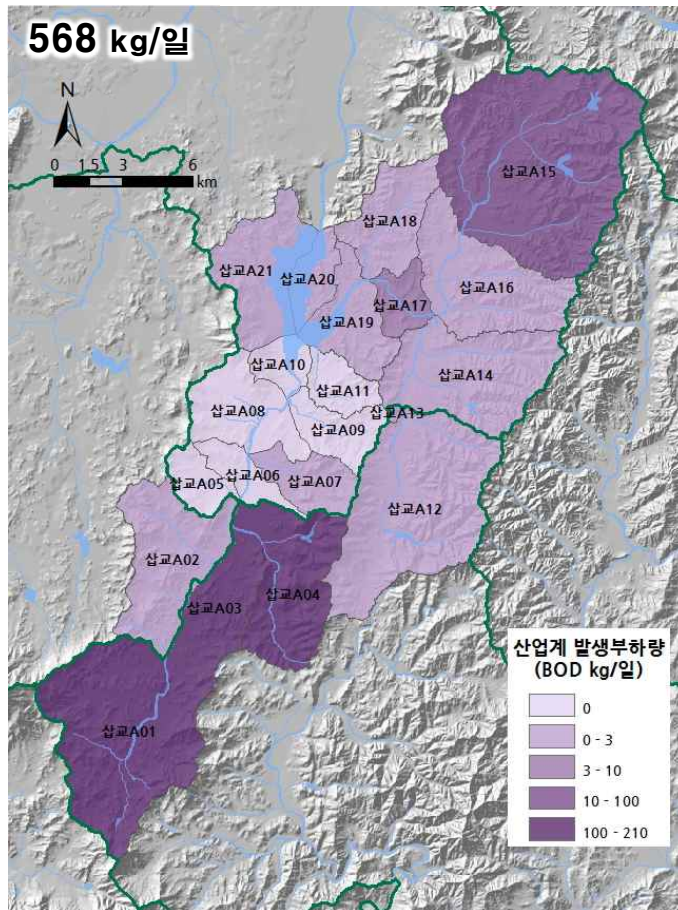


[축산계 BOD 배출부하량]

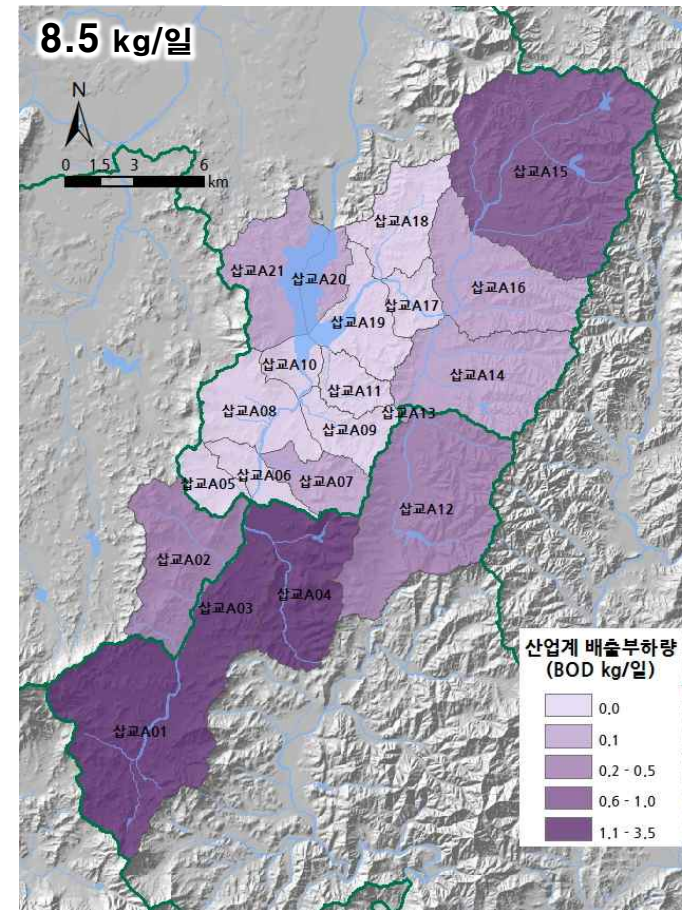
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD_3)

● 산업계 BOD 발생 및 배출부하량



[산업계 BOD 발생부하량]

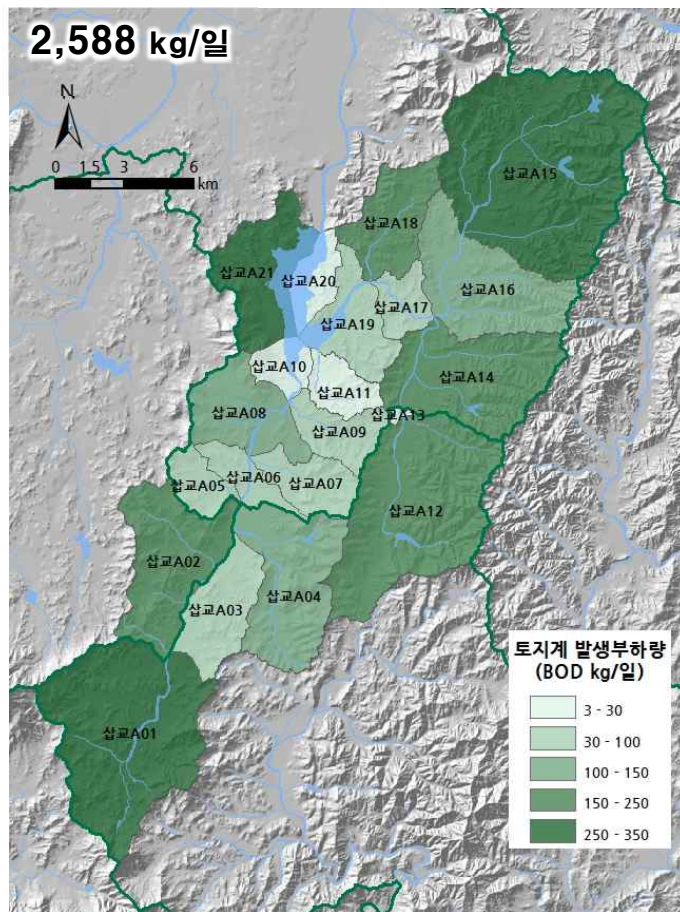


[산업계 BOD 배출부하량]

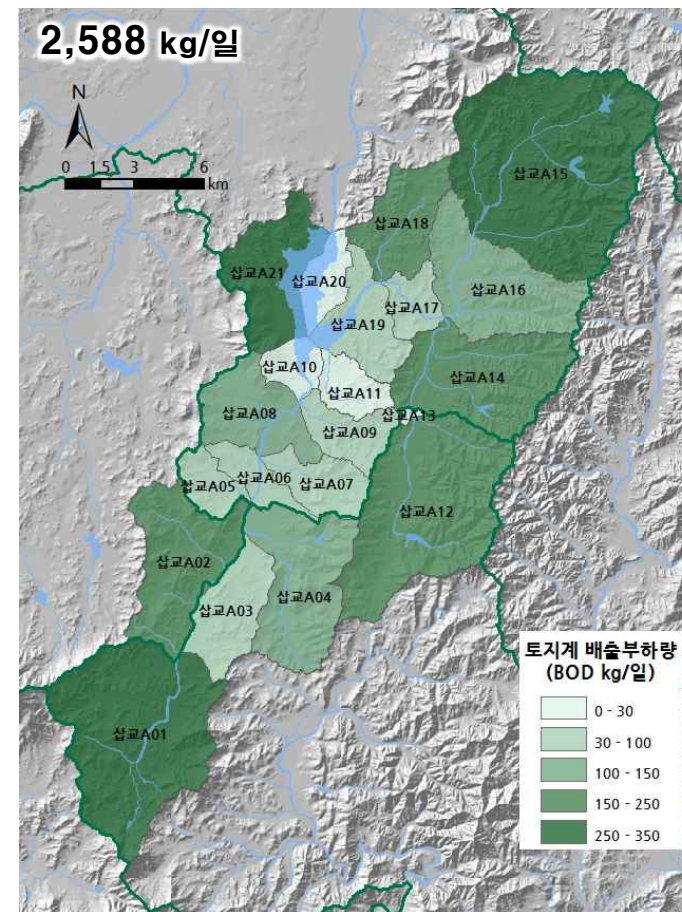
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD_4)

● 토지계 BOD 발생 및 배출부하량



[토지계 BOD 발생부하량]

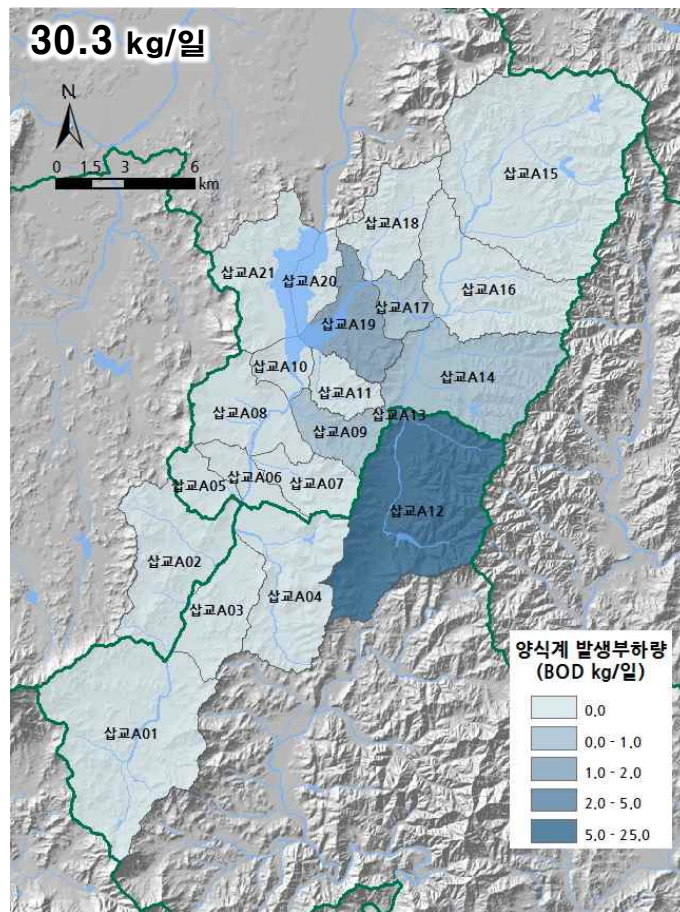


[토지계 BOD 배출부하량]

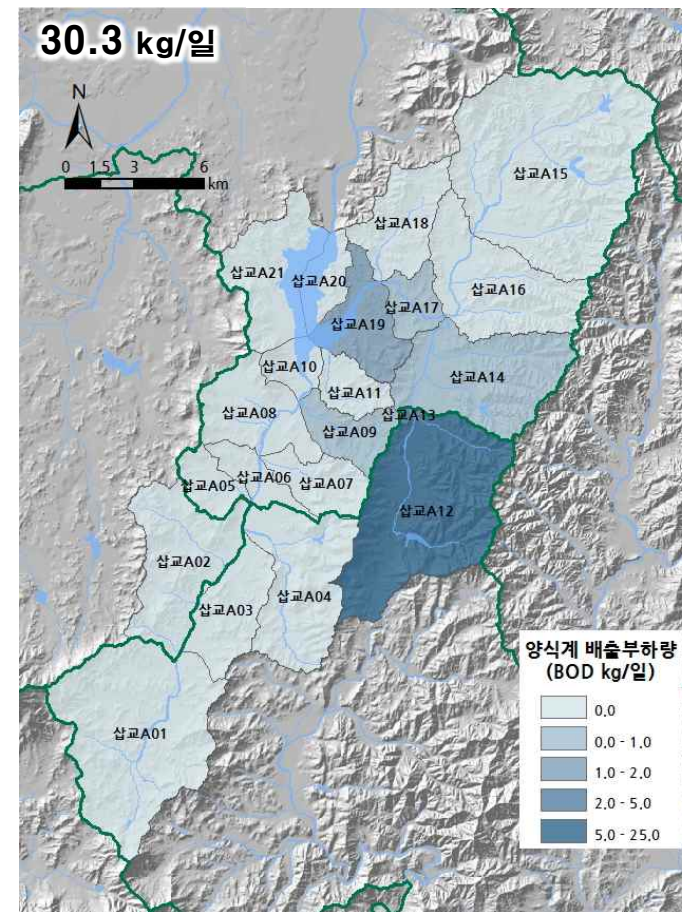
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD₅)

● 양식계 BOD 발생 및 배출부하량



[양식계 BOD 발생부하량]

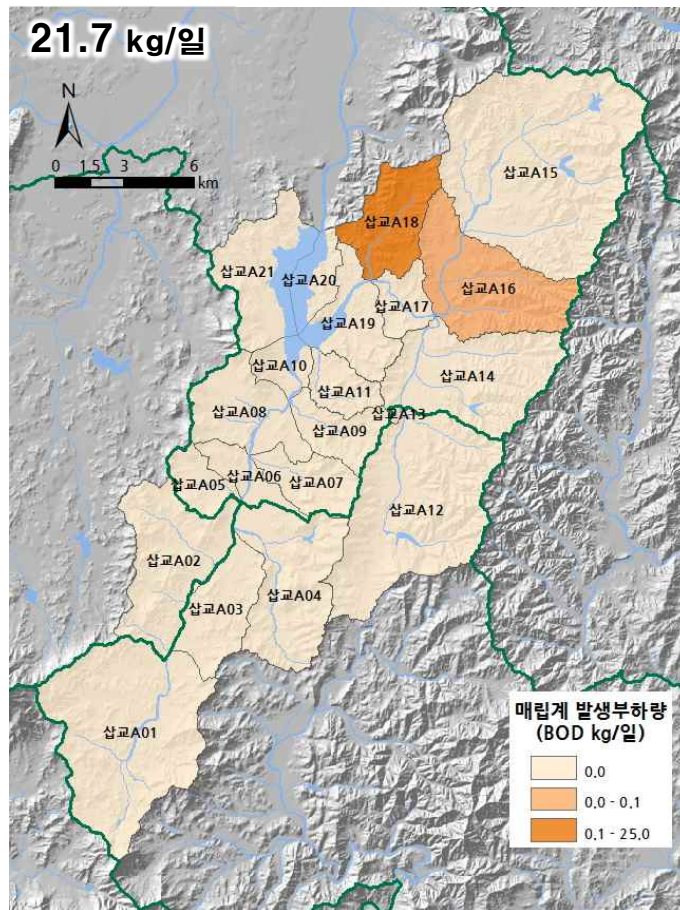


[양식계 BOD 배출부하량]

04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD₆)

● 매립계 BOD 발생 및 배출부하량



[매립계 BOD 발생부하량]

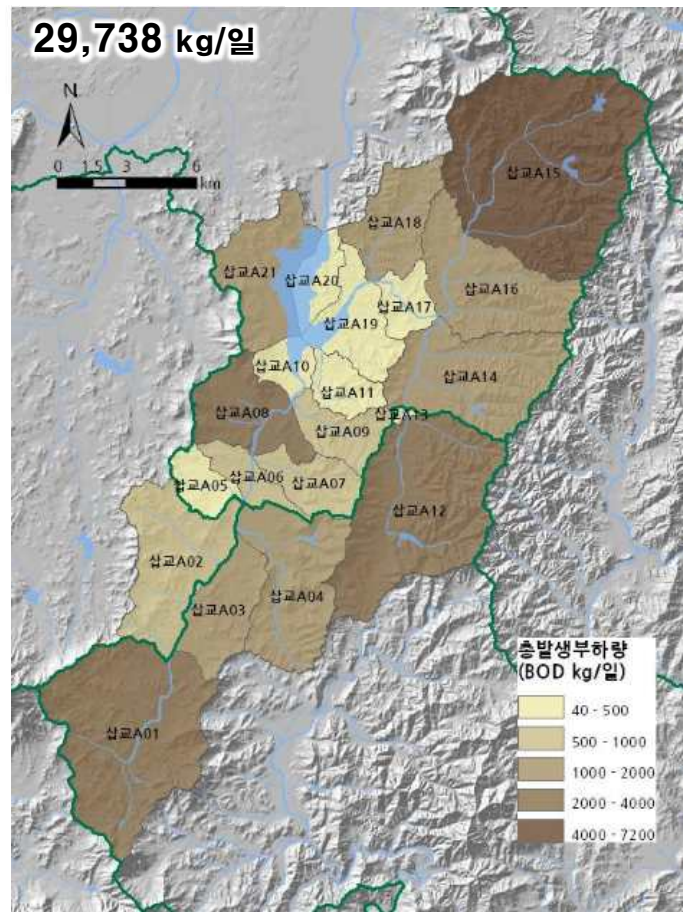


[매립계 BOD 배출부하량]

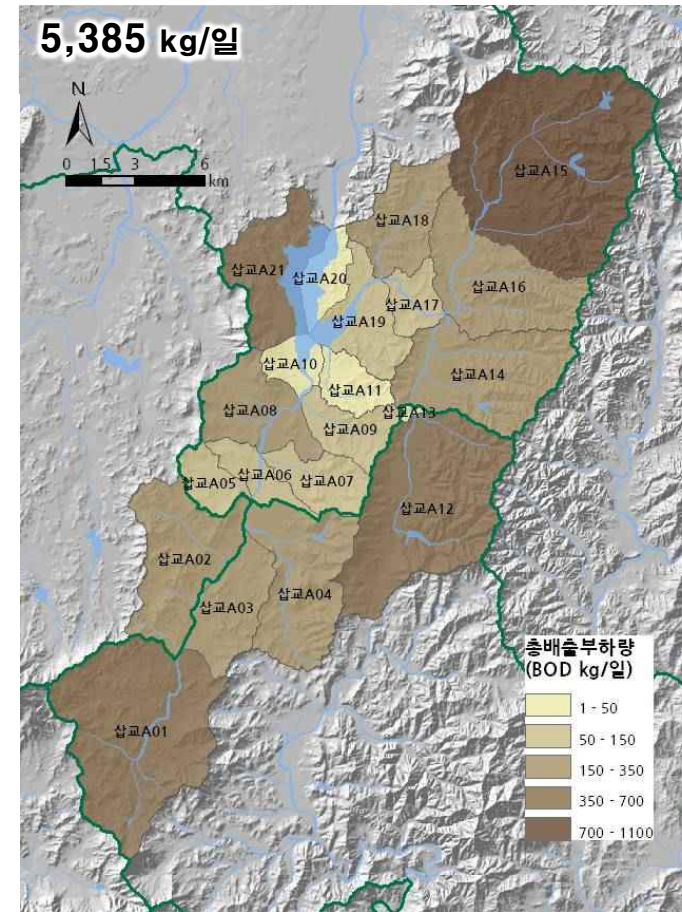
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_3 오염부하량 : 산정결과 및 발생 · 배출특성 분석 (BOD_7)

● 총 BOD 발생 및 배출부하량



[총 BOD 발생부하량]

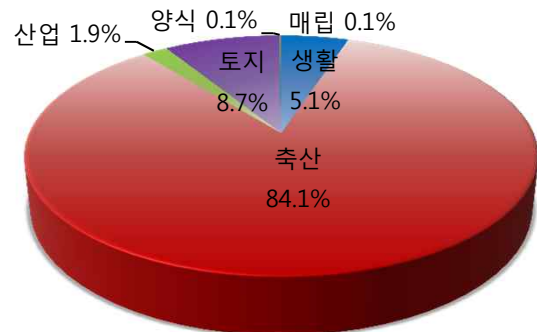


[총 BOD 배출부하량]

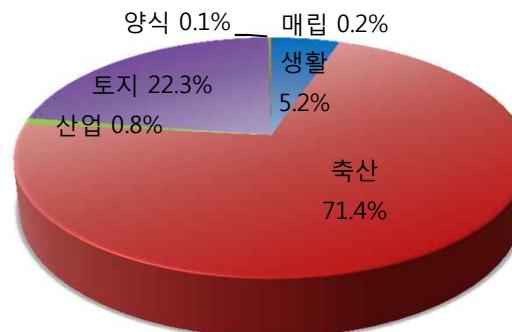
04. 오염원 및 배출특성 분석

04_4 오염원별 부하 비율

○ 오염원별 발생부하량 비율

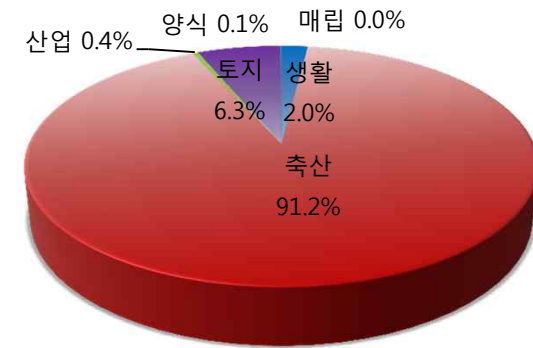


[BOD]



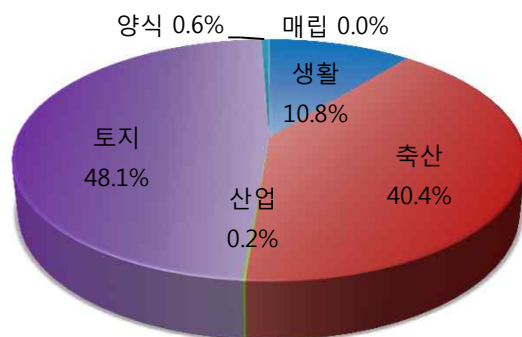
[T-N]

■ 생활 ■ 축산 ■ 산업 ■ 토지 ■ 양식 ■ 매립

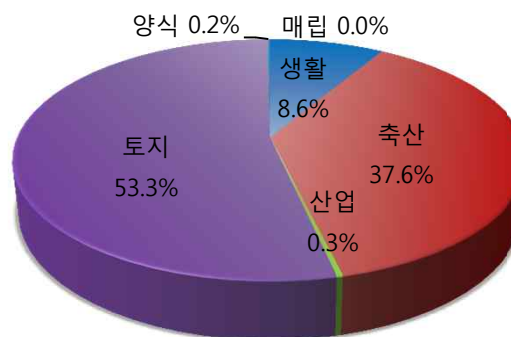


[T-P]

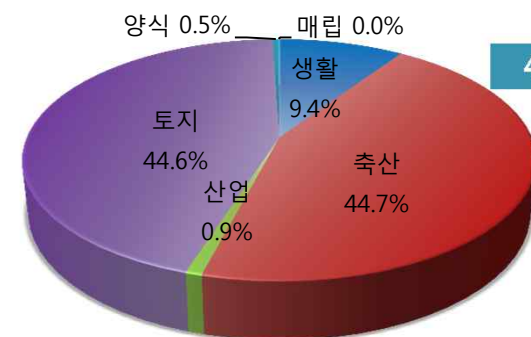
○ 오염원별 배출부하량 비율



[BOD]



[T-N]



[T-P]

04. 오염원 및 배출특성 분석

04_5 유달부하량 및 유달율 산정

유달부하량과 유달율

- 유역에서 배출된 오염물질이 자정작용을 거쳐 실제 하천에 유입되는 오염물질의 양과 그 비율

유달부하량 산정

- 비강우시 4회 측정자료를 이용하여 하천별 유달율 산정

구분	배출부하량			유달부하량			유달율		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
무한천	2,150.9	1,371.5	130.2	145.5	196.0	4.8	6.8%	14.3%	3.7%
신양천	2,057.3	1,348.8	127.3	119.5	232.2	4.1	5.8%	17.2%	3.2%

05

오염원 및 오염부하량 전망

05_1 오염원 전망

05_2 오염부하량 전망

05. 오염원 및 오염부하량 전망

05_1 오염원 전망 : 방법

- 과거 5년 추세에 근거



수학적 추계방법 사용

- 분산적 분포시 평균값 적용, 추세가 있는 경우 함수식을 적용

- 생활, 축산, 산업, 토지, 양식, 매립 등 오염원 그룹별 전망 실시

생활, 축산, 산업, 토지

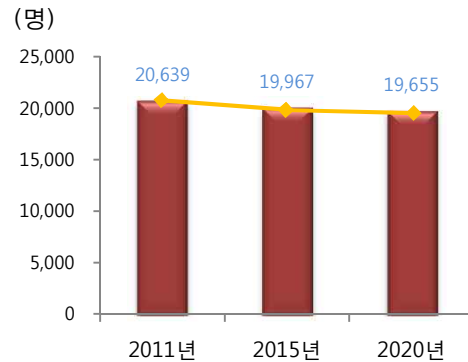
증감추세에 따라 함수식 적용

양식, 매립

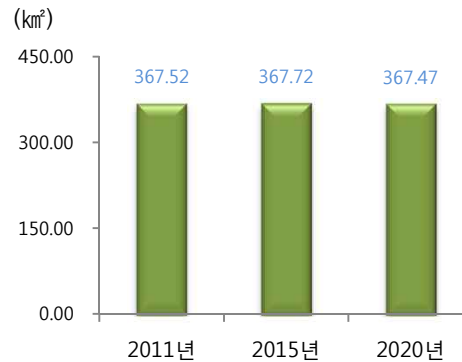
기준년도와 동일하게 전망

05. 오염원 및 오염부하량 전망

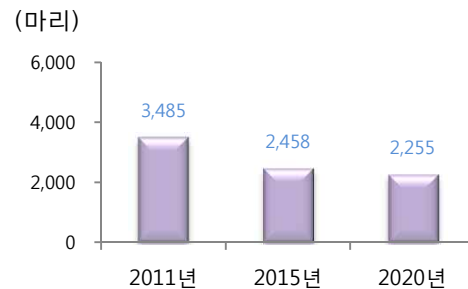
05_1 오염원 전망 : 전망결과



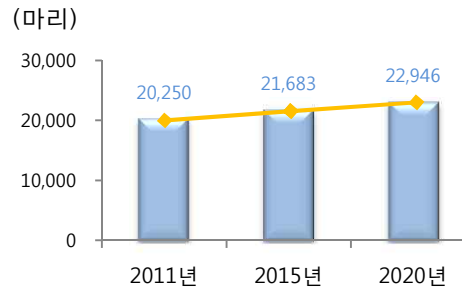
[인구]



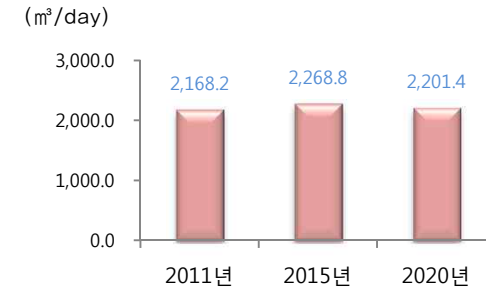
[토지]



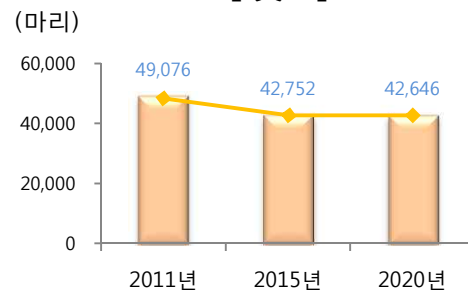
[젖소]



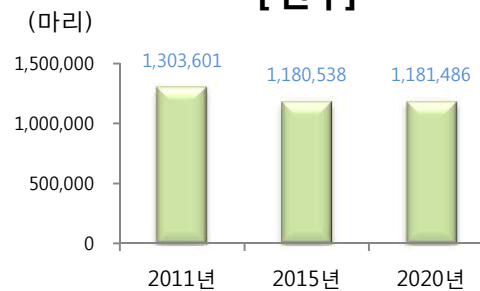
[한우]



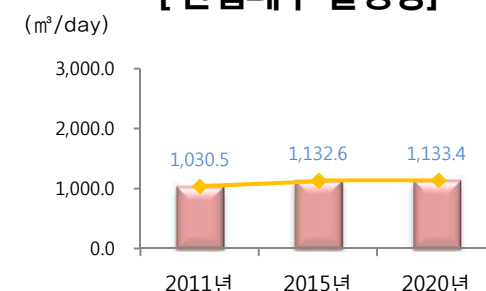
[산업폐수 발생량]



[돼지]



[가금]



[산업폐수 배출량]

05. 오염원 및 오염부하량 전망

05_2 오염부하량 전망 : 방법

● 개발 계획

- 2011년 이후 사업예정 혹은 준공 예정인 개발계획 고려



● 삭감계획

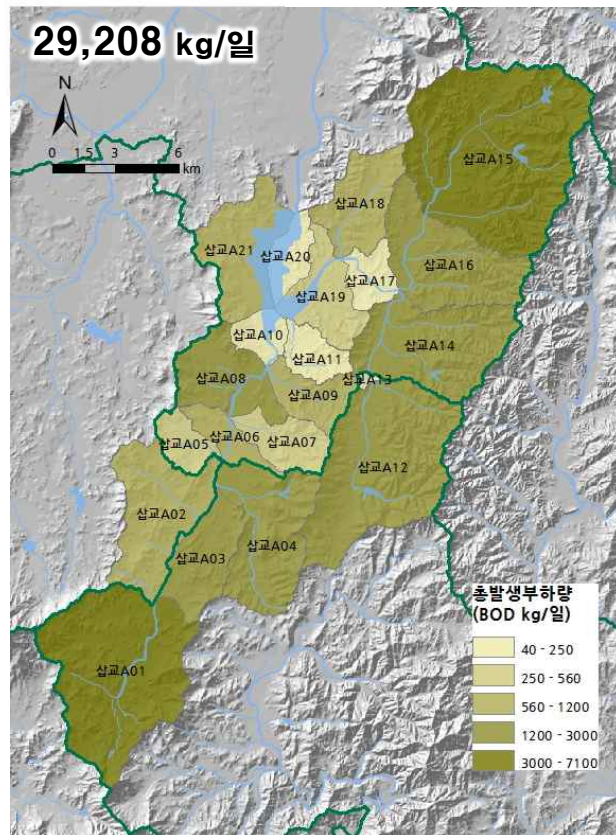
- 2011년 이후 신규 혹은 개량 사업예정인 마을하수도 계획 고려



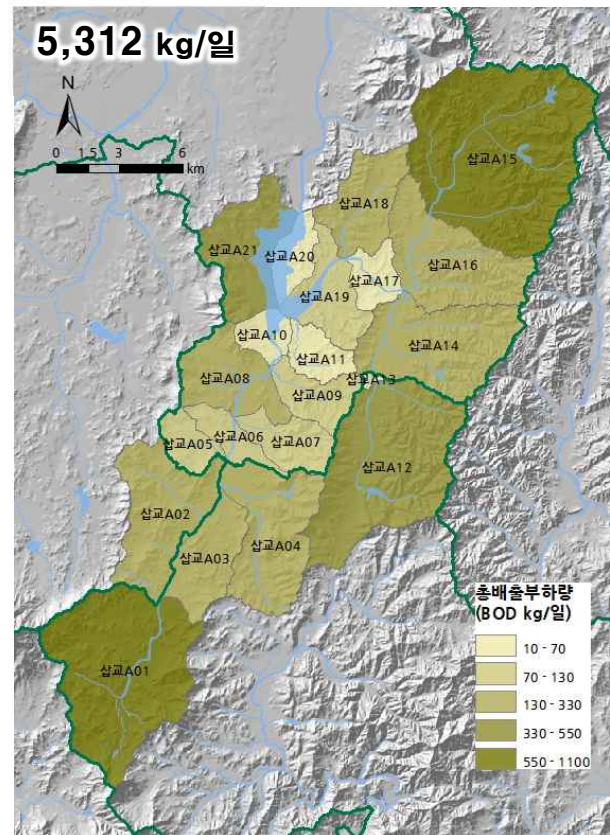
05. 오염원 및 오염부하량 전망

05_2 오염부하량 전망 : 결과 및 특성분석

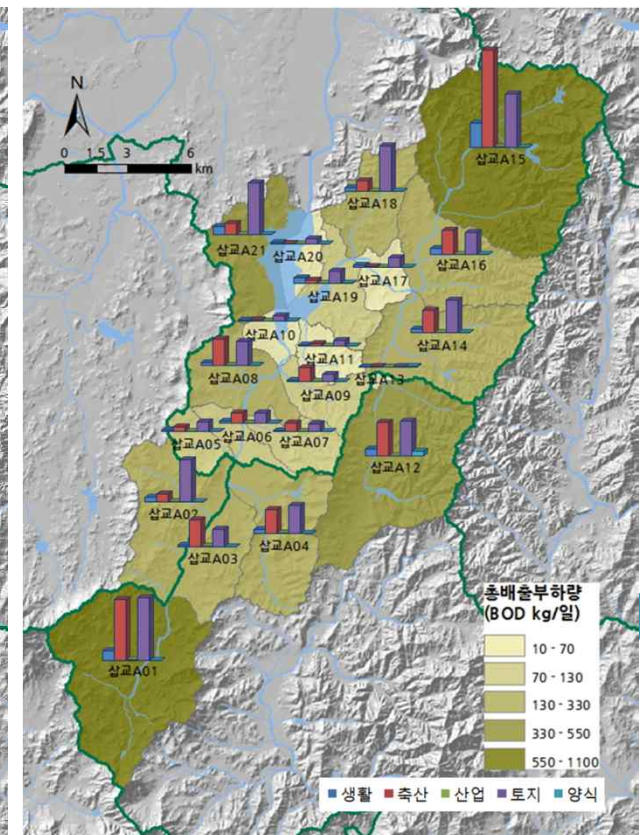
● 유역별 총오염부하량 전망(2015년)



[총 BOD 발생부하량]



[총 BOD 배출부하량]

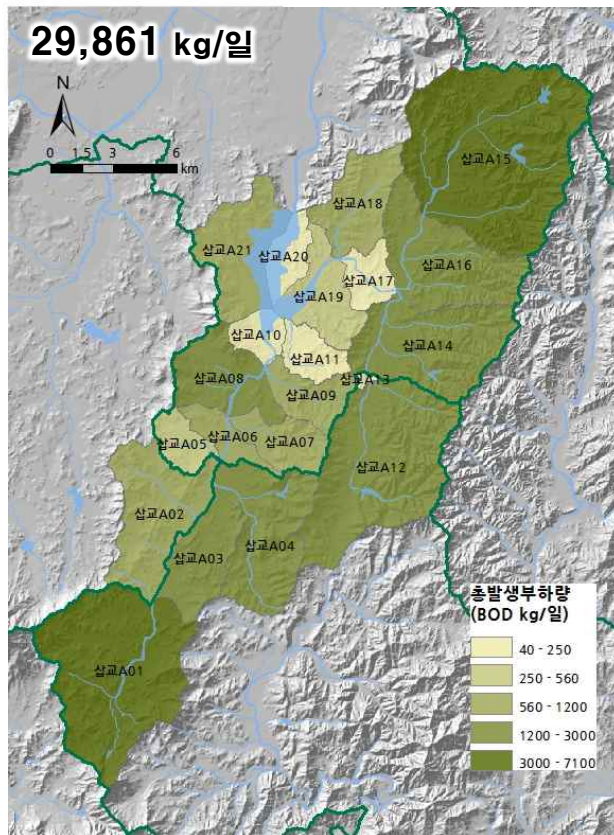


[배출부하 오염원별 비율]

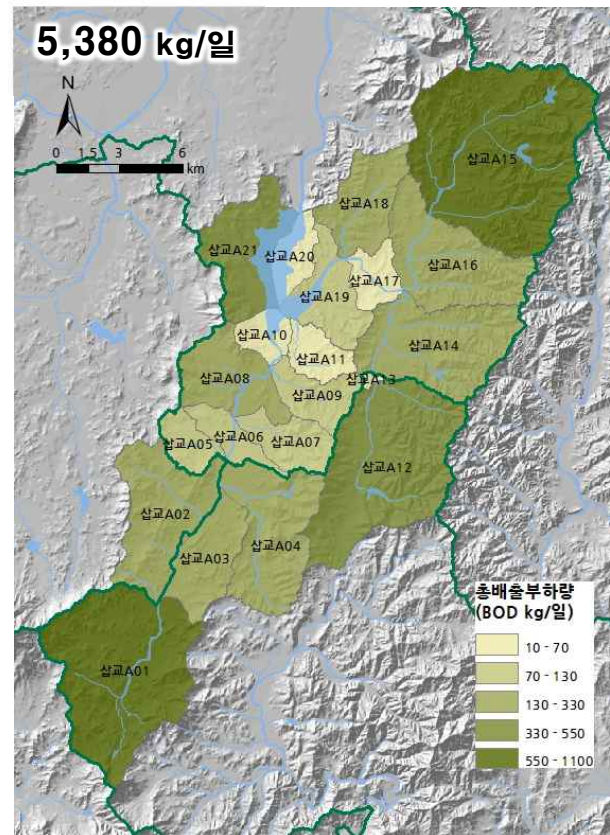
05. 오염원 및 오염부하량 전망

05_2 오염부하량 전망 : 결과 및 특성분석

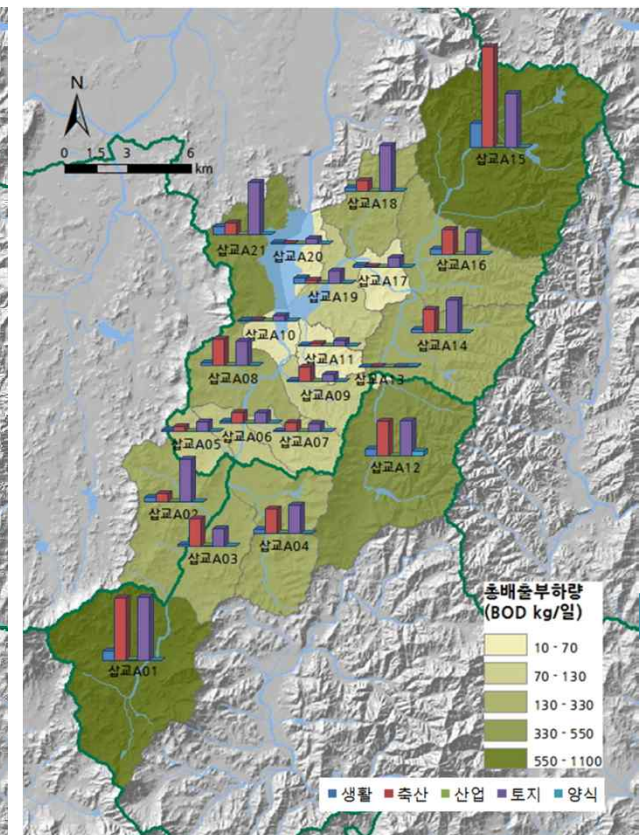
● 유역별 총오염부하량 전망(2020년)



[총 BOD 발생부하량]



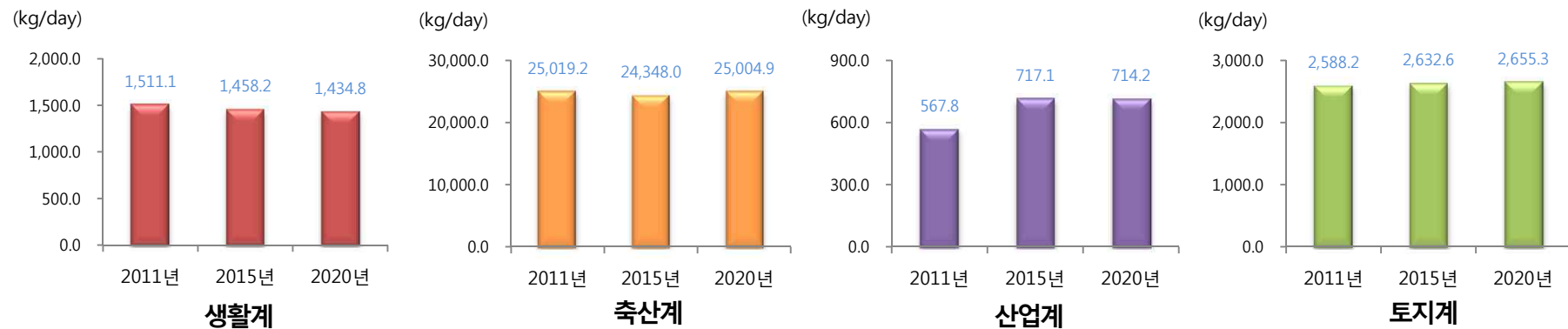
[총 BOD 배출부하량]



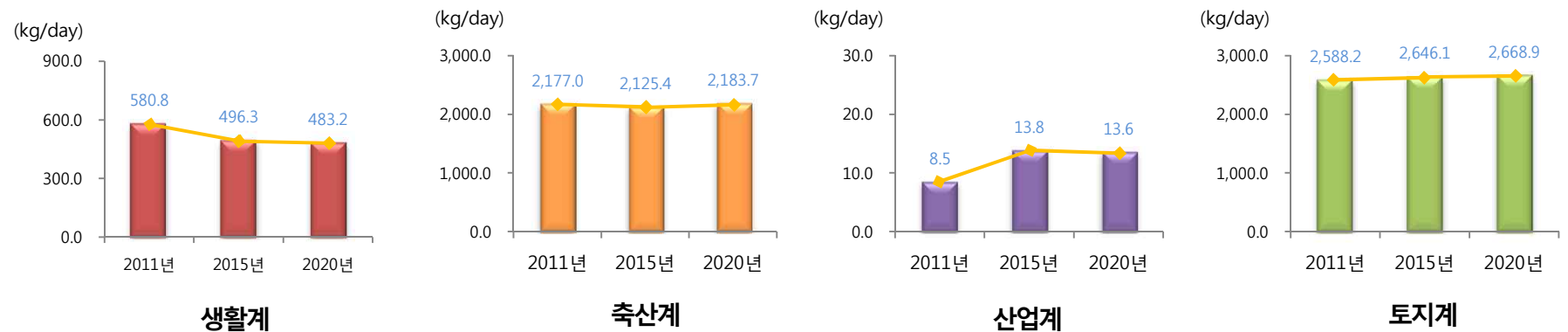
[배출부하 오염원별 비율]

05. 오염원 및 오염부하량 전망

05_2 오염부하량 전망 : 결과 및 특성분석



[총 BOD 발생부하량]



[총 BOD 배출부하량]

06

장래 수질변화 예측

06_1 저수지 수질모델의 선정

06_2 입력자료 구성

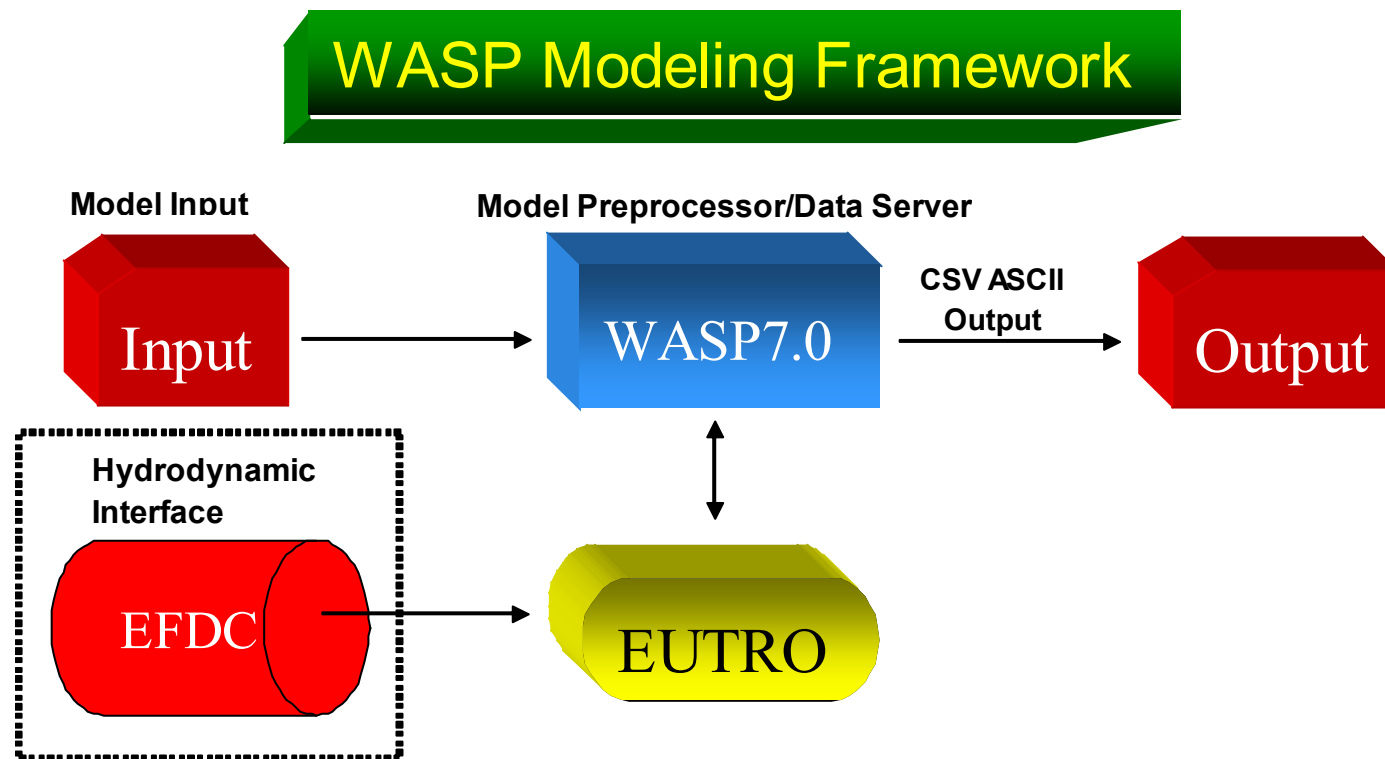
06_3 모델의 보정

06_4 장래 수질변화 예측

06. 장래 수질변화 예측

06_1 저수지 수질모델의 선정

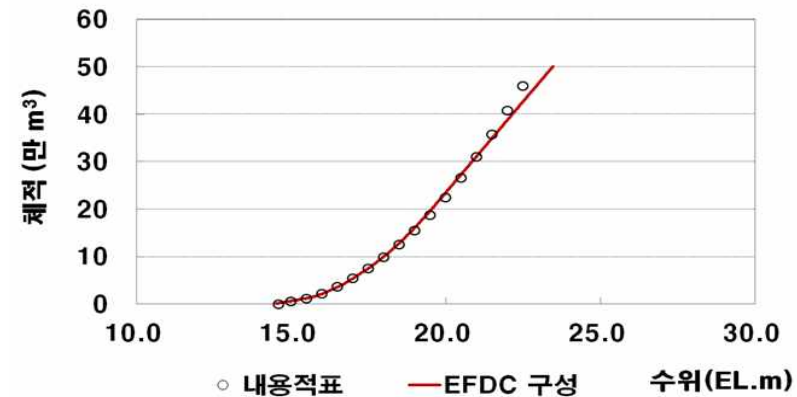
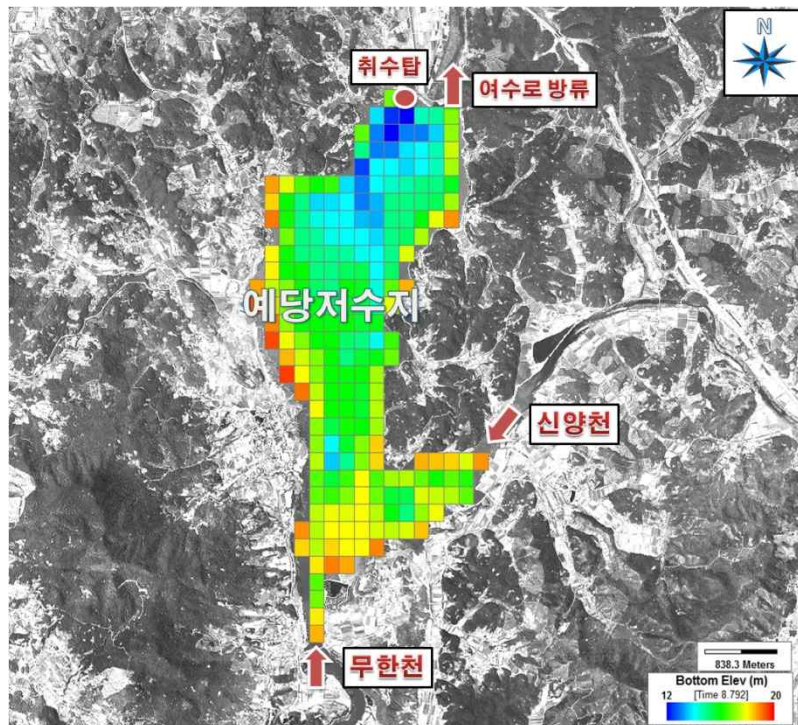
- 국내저수지 부영양화 수질예측에 활용도가 가장 높은 모델선정 : EFDC + WASP



06. 장래 수질변화 예측

06_2 입력자료 구성 : 모의격자 구성

- 실측 수치지도를 기반으로 모의격자 구성
 - 총 702개의 활성셀로 구성(수평 234개 x 수직 3개층)
- 내용적표와 EFDC 수위-체적곡선과 비교시 R^2 값이 0.996으로 신뢰성 높음

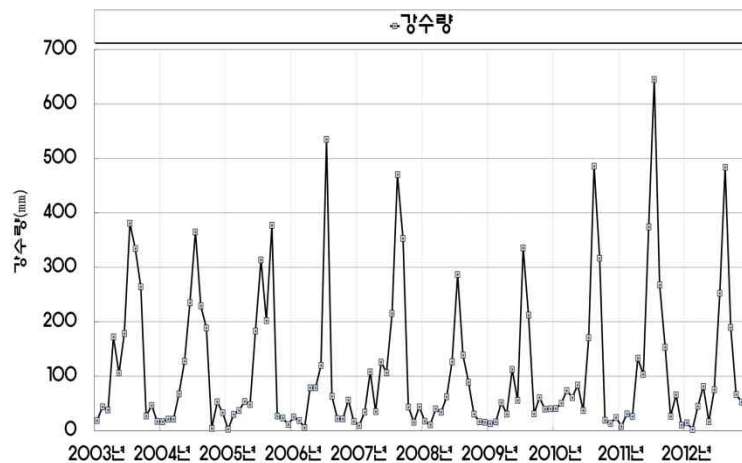


06. 장래 수질변화 예측

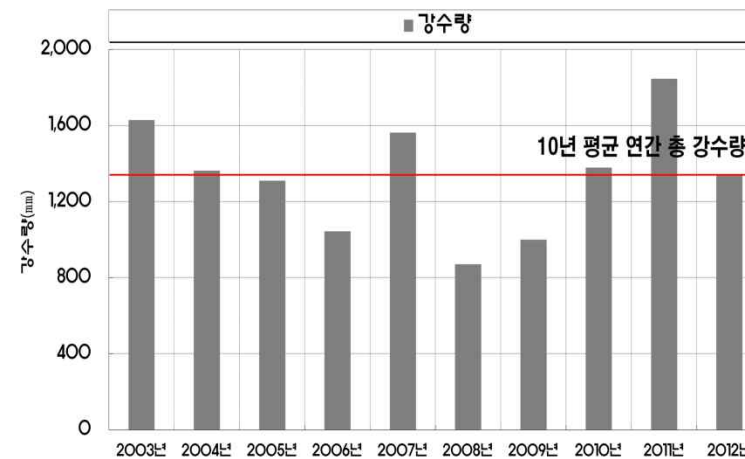
06_2 입력자료 구성 : 기준년도 구성

과거 10년간(2003년~2012년) 강수량 분석

- 10년 평균 연간 총 강수량 1,333.7mm
- 이와 유사한 최근 연도 2012년(1336.7mm)과 2010년(1,378.3mm)
- 2012년은 극심한 가뭄과 태풍으로 일반적인 상황을 나타내기에는 무리가 있음
- 2010년을 기준연도로 선정함



[과거 10년간 강수량]

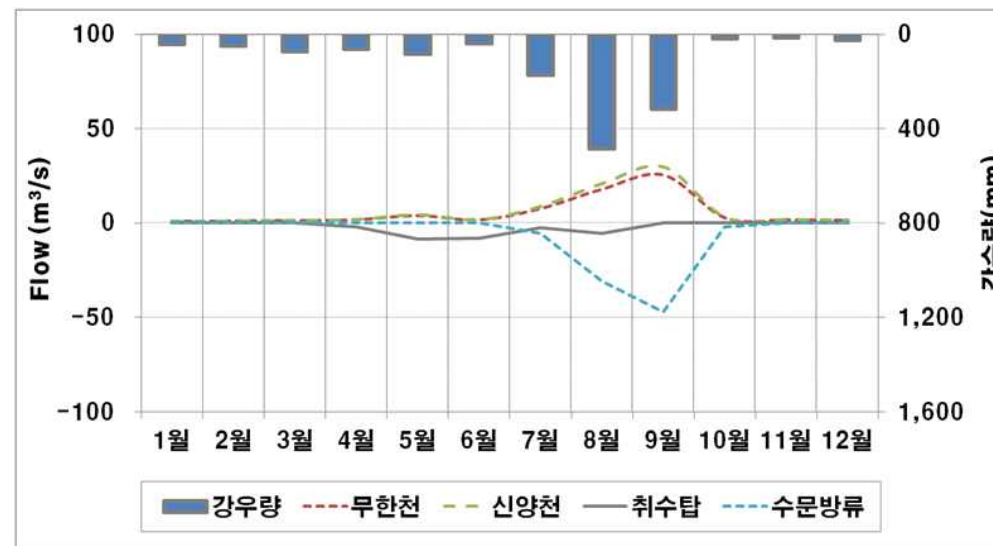


[과거 10년간 평균 강수량]

06. 장래 수질변화 예측

06_2 입력자료 구성 : 유 · 출입 유량

- 한국농어촌공사 예산지사 자료 활용
 - 농업용수 공급을 위한 취수탑 운영자료
 - 여름철 수위증가 시 월류 방지를 위한 수문방류 운영자료
- 총 유입량은 일별 수위변화와 내용적표 및 방류량 자료를 이용하여 산정
 - 유역면적비를 이용하여 무한천과 신양천으로 구분 적용



[예당저수지 유 · 출입유량]

06. 장래 수질변화 예측

06_2 입력자료 구성 : 유입수질

- 무한천은 예당저수지 유입부에 위치한 환경부 측정망 자료 활용
 - 예당지 3의 월별 측정자료 적용
- 신양천은 금회 측정자료를 기준으로 무한천과의 농도비 적용
 - 비강우시 4회, 강우시 2회 측정

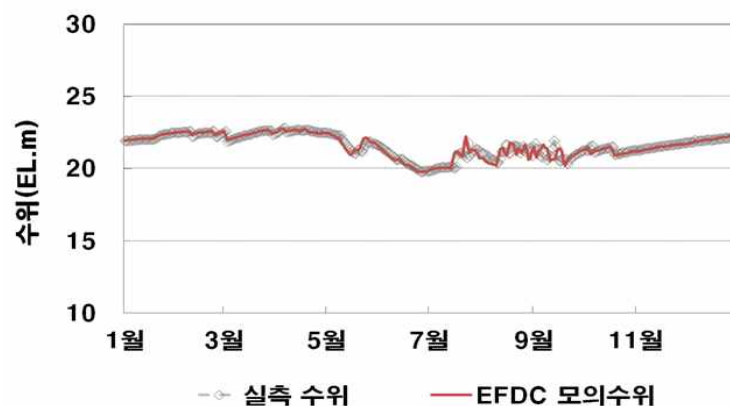
구 분	무한천			신양천		
	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
1월	1.7	0.878	0.085	1.1	0.885	0.073
2월	1.5	0.838	0.026	1.0	0.845	0.022
3월	1.5	1.328	0.024	1.0	1.339	0.021
4월	1.4	1.156	0.037	0.9	1.165	0.032
5월	1.2	1.289	0.085	0.8	1.300	0.073
6월	2.9	1.272	0.051	1.9	1.282	0.044
7월	3.3	0.995	0.078	2.2	1.003	0.067
8월	3.3	1.977	0.147	2.2	1.993	0.127
9월	2.3	2.150	0.177	1.5	2.168	0.153
10월	2.9	1.688	0.133	1.9	1.702	0.115
11월	1.7	1.314	0.070	1.1	1.325	0.060
12월	2.8	1.238	0.049	1.9	1.248	0.042

06. 장래 수질변화 예측

06_3 모델의 보정 : 수위 및 수온

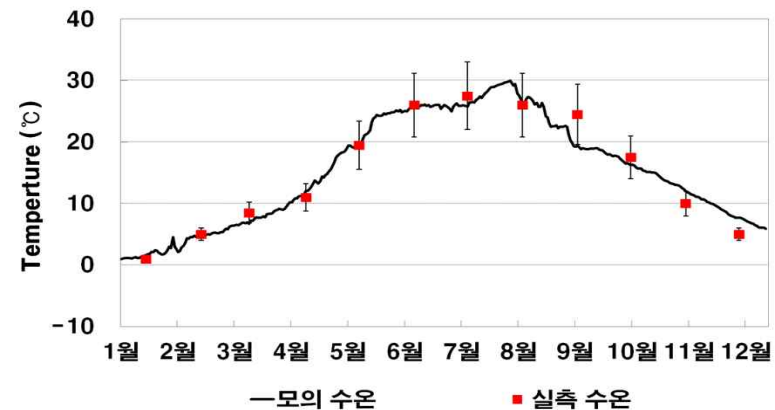
- 실측 수위 및 수온과 모델 모의 값을 비교하여 보정 실시
- 수위 및 수온 보정 결과 계절별 변화를 잘 반영하였으며, 실측 값과 유사한 경향을 나타내어 수질모델과 연동 가능할 것으로 판단됨

구분	실측 평균	모의 평균	RMSE
수위	21.61 EL.m	21.59 EL.m	0.258



[수위 보정]

구분	실측 평균	모의 평균	RMSE
수온	15.13 °C	14.77 °C	1.968

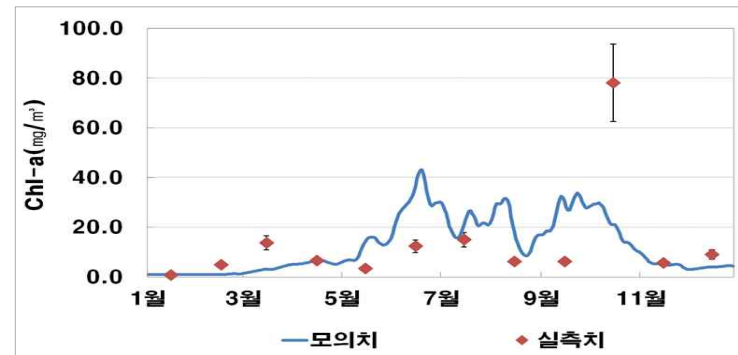
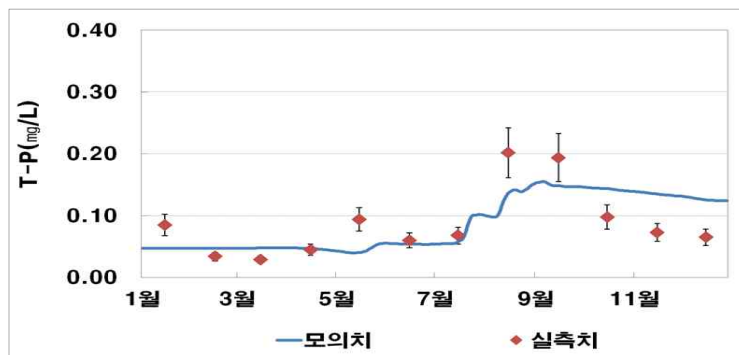
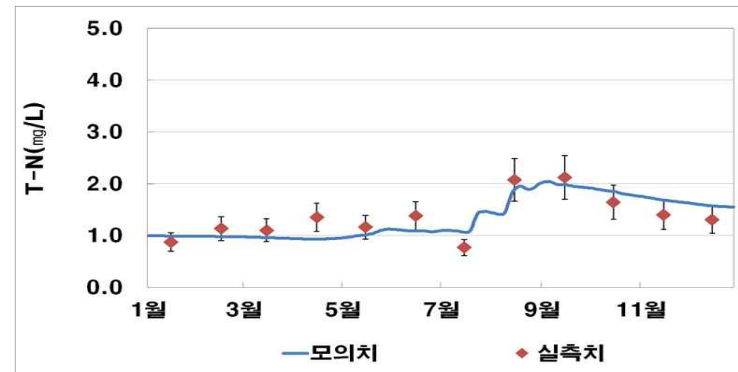
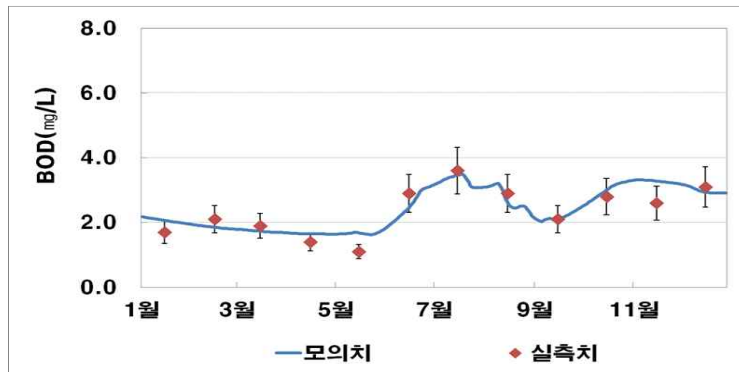


[수온 보정]

06. 장래 수질변화 예측

06_3 모델의 보정 : 수질

- 실측 수질과 모델 모의 값을 비교하여 보정 실시
- 수질 보정 결과 계절별 변화를 잘 반영하였으며, 실측 값과 유사한 경향을 나타내어 장래 수질의 상대적 예측이 가능할 것으로 판단됨



06. 장래 수질변화 예측

06_4 장래 수질변화 예측 : 모의 시나리오 구성

- ◉ 보정된 모델을 이용하여 연차별 수질변화 예측
- ◉ 2015년과 2020년의 자연적인 오염원 증감 및 삭감 고려
 - 인구, 축산, 토지이용 변화 및 마을단위 공공하수처리시설 신설 및 증설
- ◉ 비점오염원은 10년 평균 강우배출비를 적용하여 월별 배출부하량 적용
- ◉ 수질개선 사업에 의한 삭감부하량 고려
 - 점오염원 : 연중 일정하게 삭감
 - 비점오염원 : 강우배출비를 고려하여 월별 삭감

구분	1 월	2 월	3 월	4 월	5 월	6 월	7 월	8 월	9 월	10 월	11 월	12 월
강우배출비	0.156	0.254	0.364	0.622	0.805	1.376	3.264	2.510	1.773	0.334	0.289	0.184

06. 장래 수질변화 예측

06_4 장래 수질변화 예측 : 수질모의 결과

- COD 의 경우 장래 마을하수처리시설 신설 등의 점오염원 대책으로 농도 감소

■ 연평균 농도

현재
6.37 mg/L



2015년
6.04 mg/L

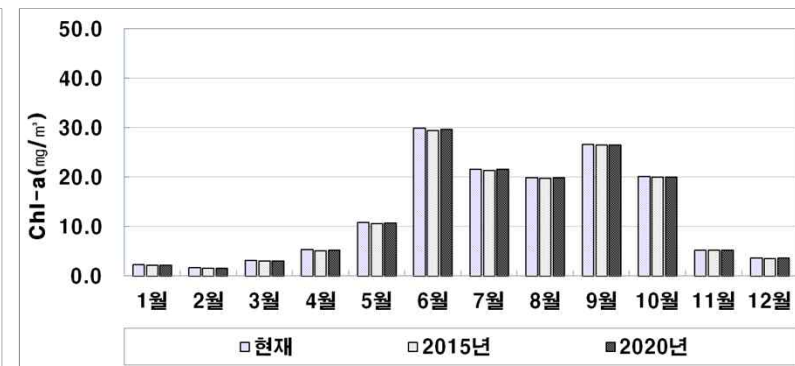
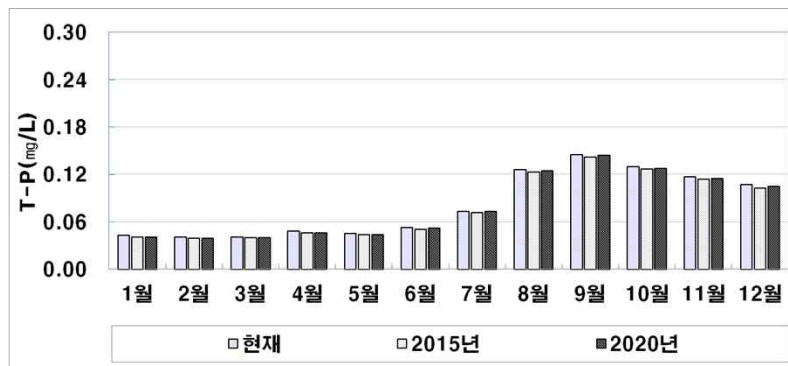
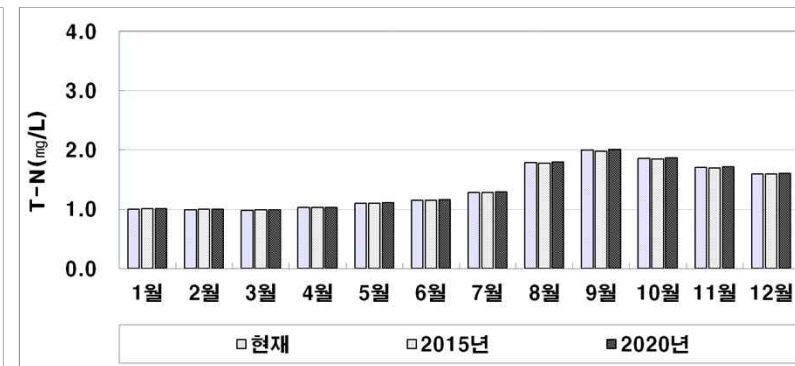
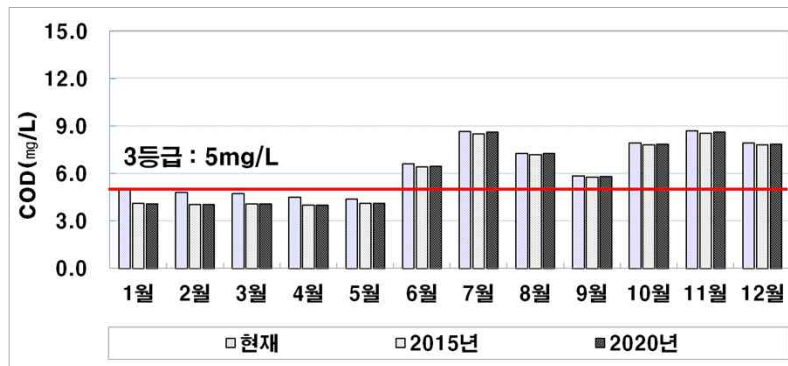


2020년
6.08 mg/L



추가대책
필요!!

- 3등급(COD 5.0mg/L 이하)을 만족하지는 못함



07

관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

07_2 중점관리 유역 도출

07_3 관리수질 설정

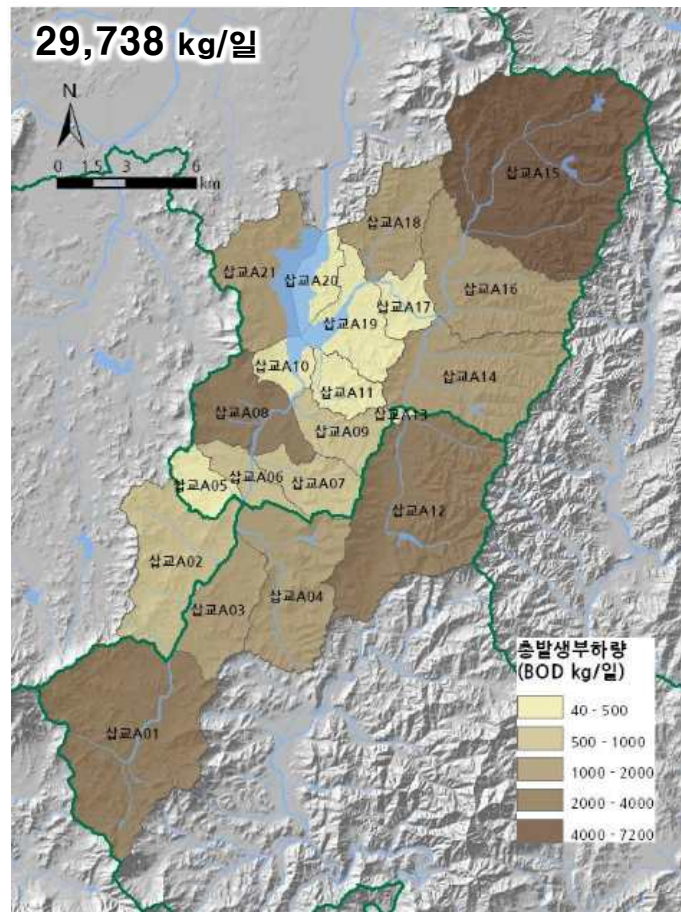
07_3 수질개선대책

07_4 수질저감에 따른 수질변화 예측

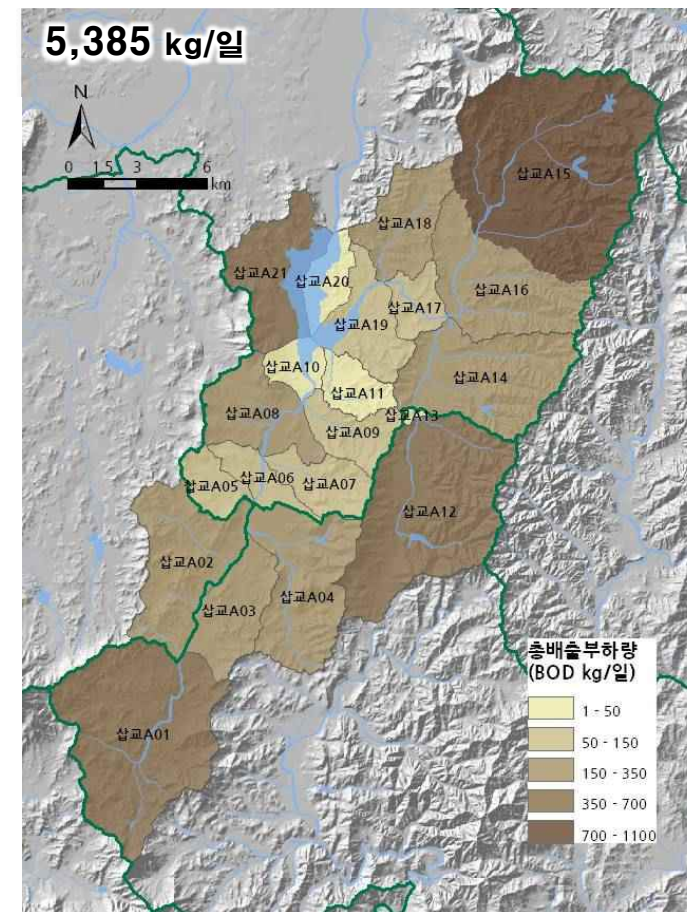
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 유역별 부하량 및 오염부하 비율



[총 BOD 발생부하량]

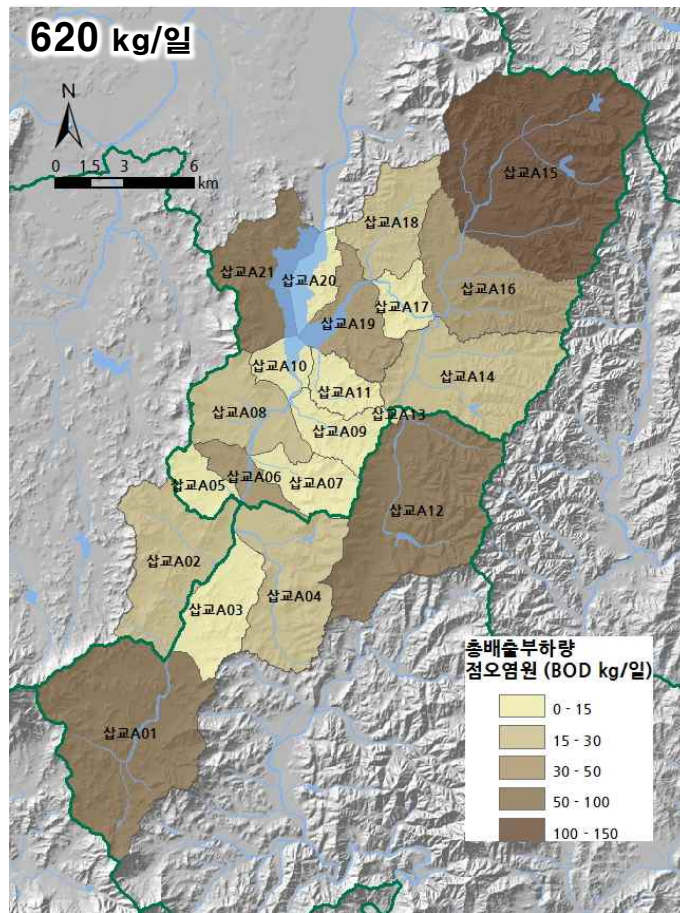


[총 BOD 배출부하량]

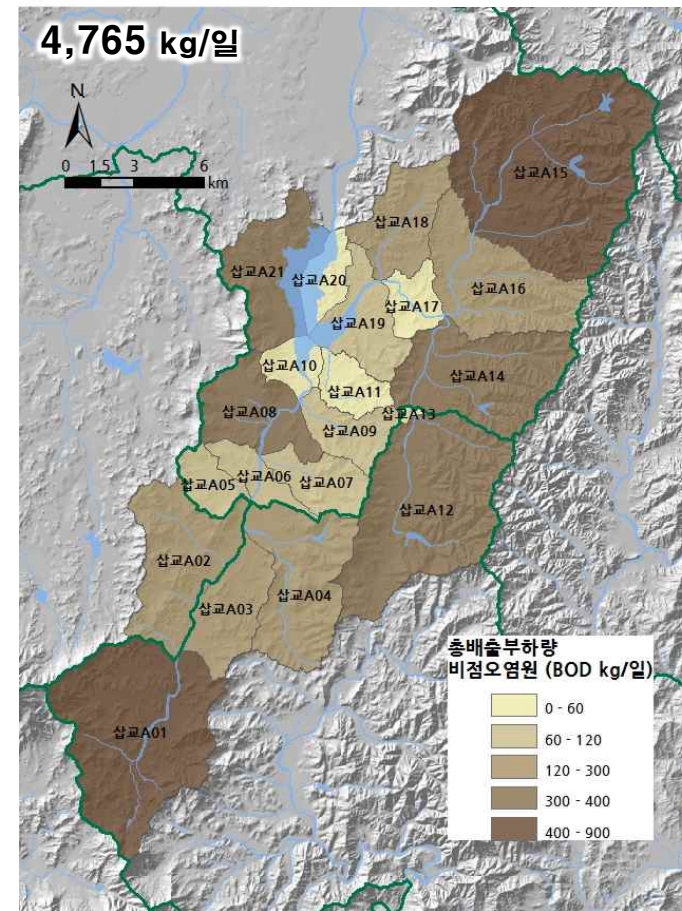
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 총 BOD 점 및 비점배출부하량



[총 BOD 점배출부하량]

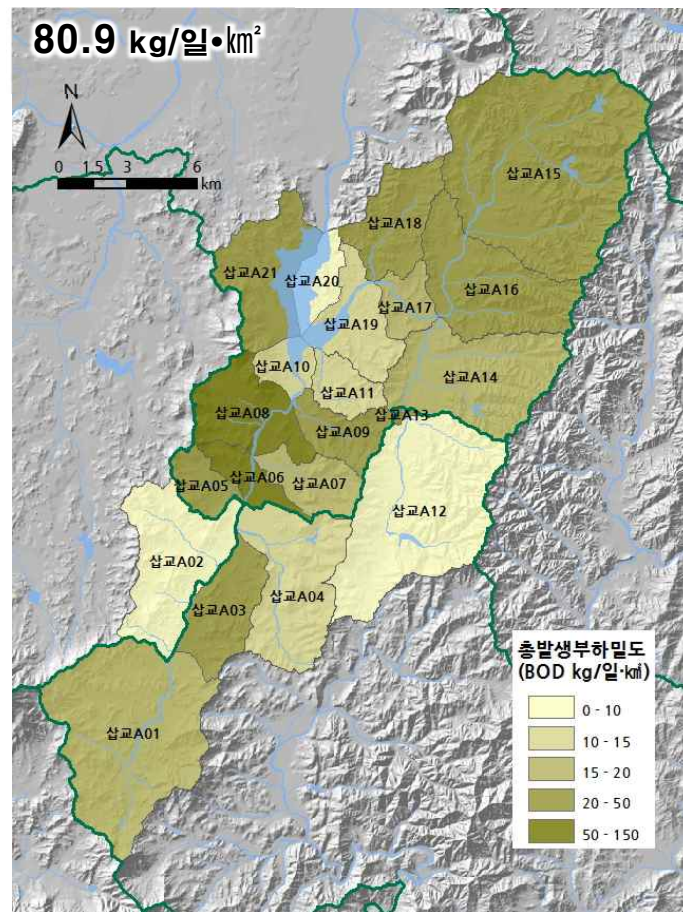


[총 BOD 비점배출부하량]

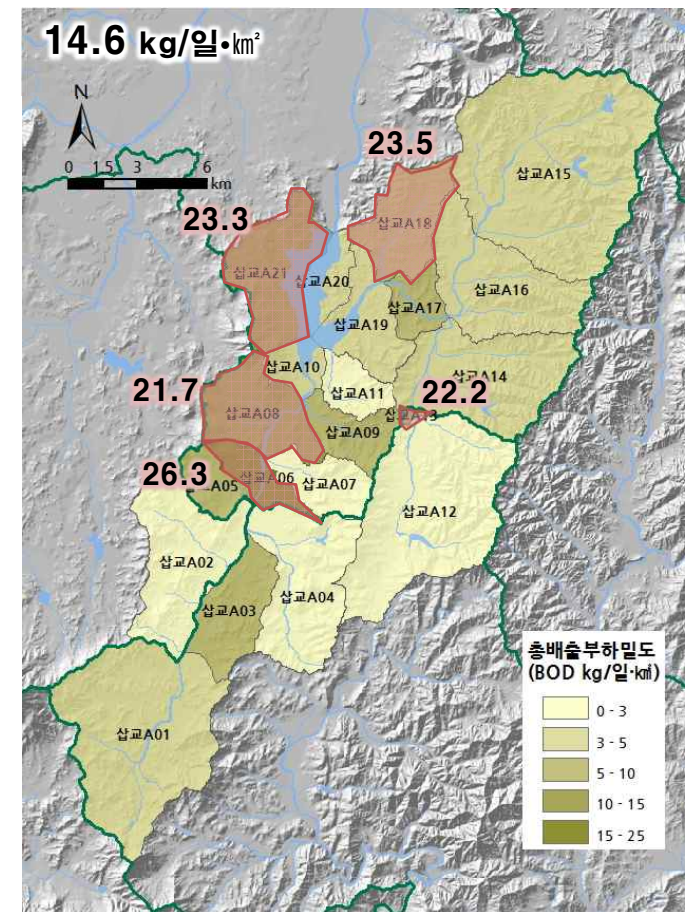
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 총 BOD 발생 및 배출부하밀도



[총 BOD 발생부하밀도]

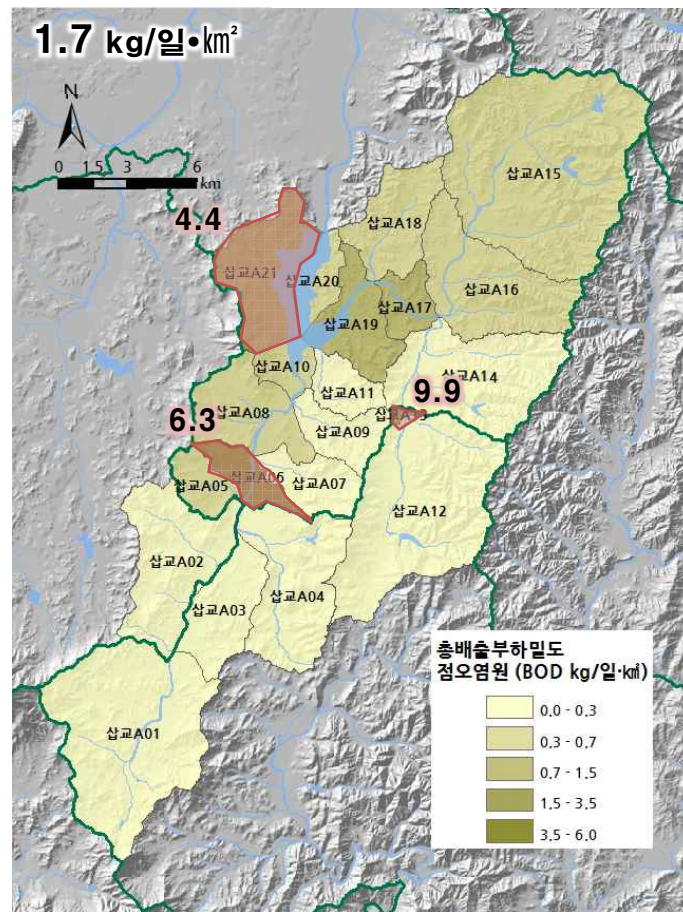


[총 BOD 배출부하밀도]

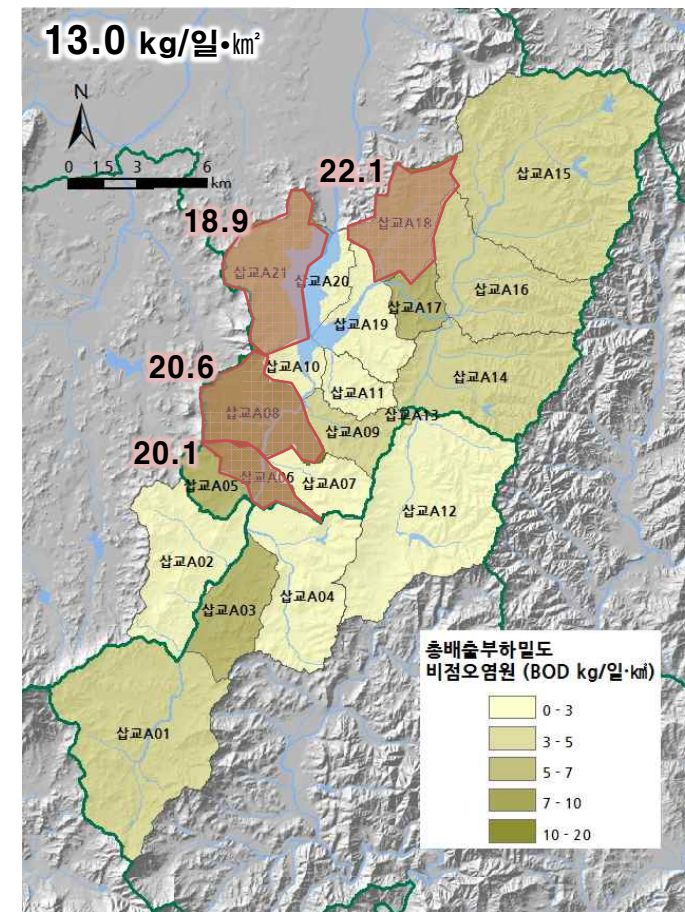
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 총 BOD 점 및 비점배출부하밀도



[총 BOD 점배출부하밀도]

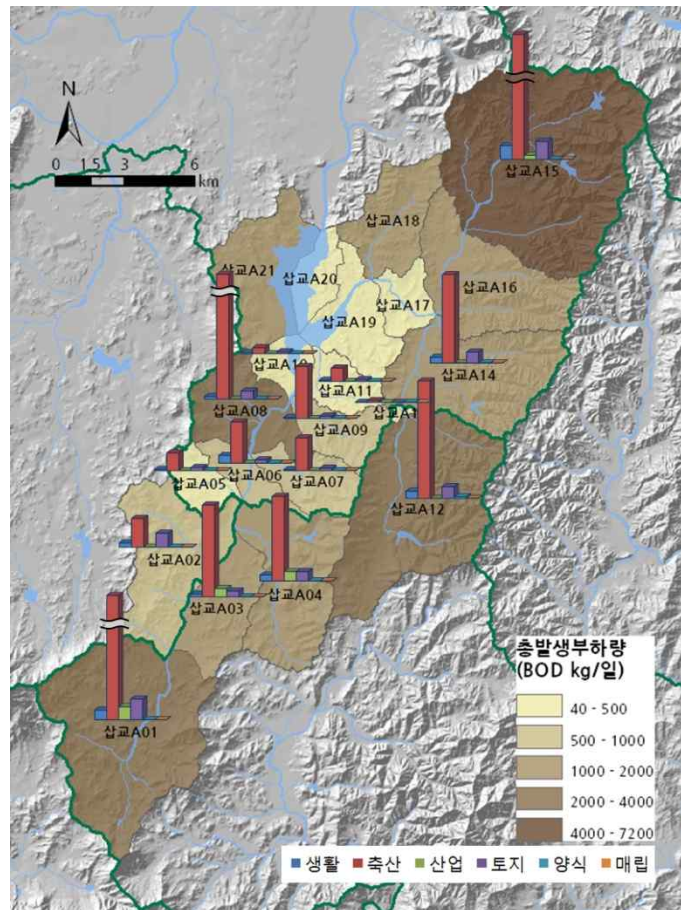


[총 BOD 비점배출부하밀도]

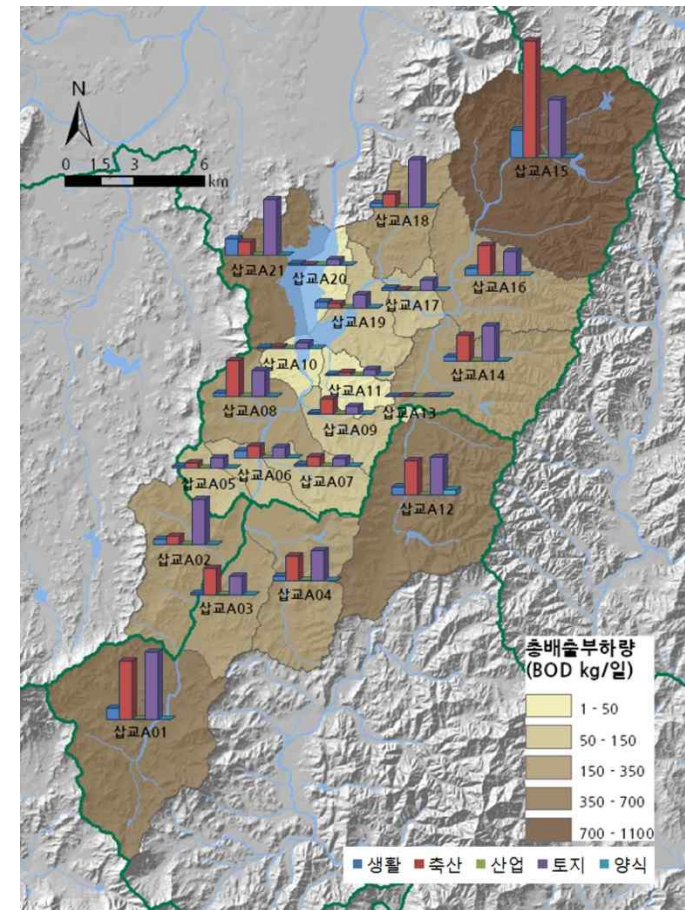
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 유역별 부하량 및 오염부하 비율



[오염원별 총 BOD 발생부하량]

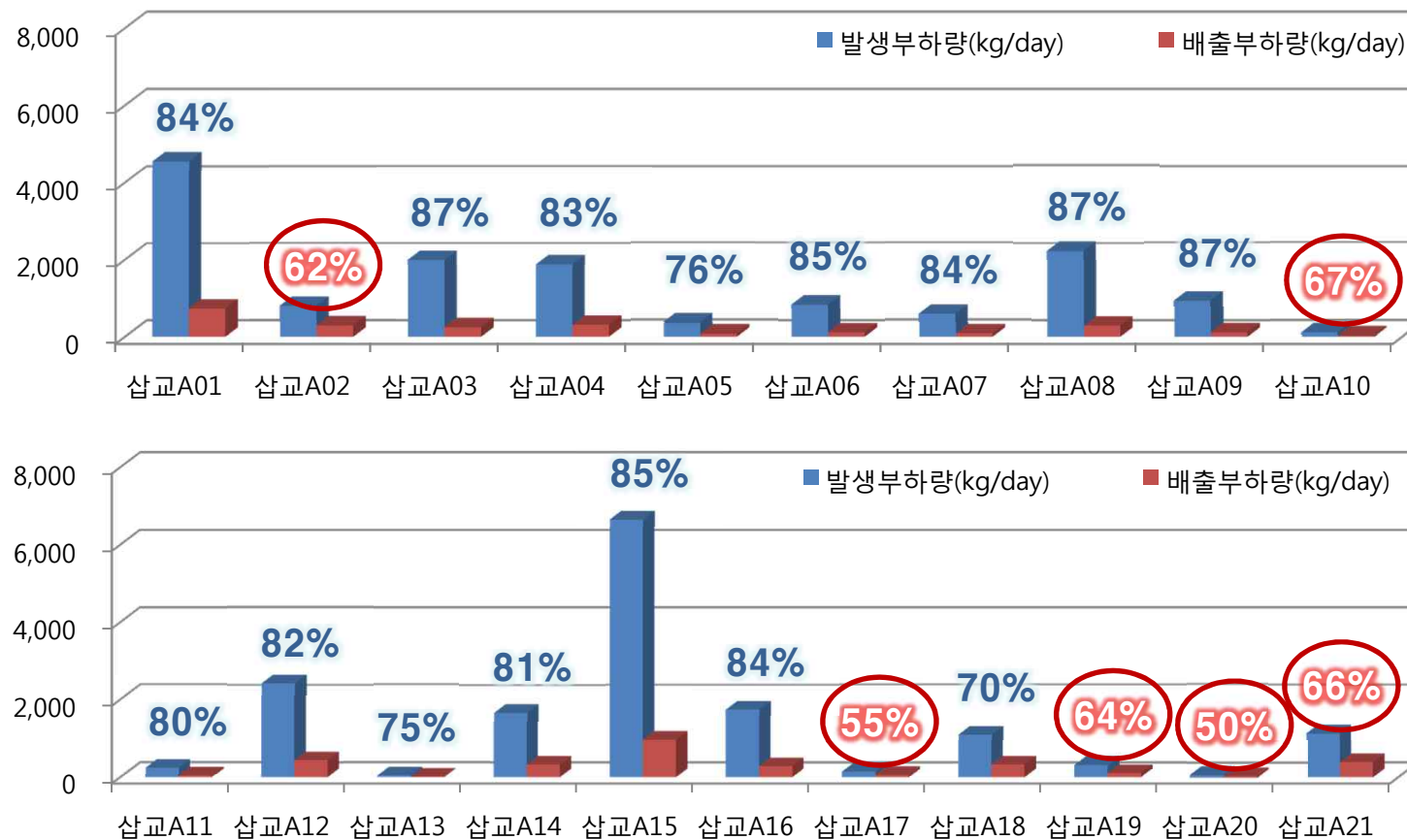


[오염원별 총 BOD 배출부하량]

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

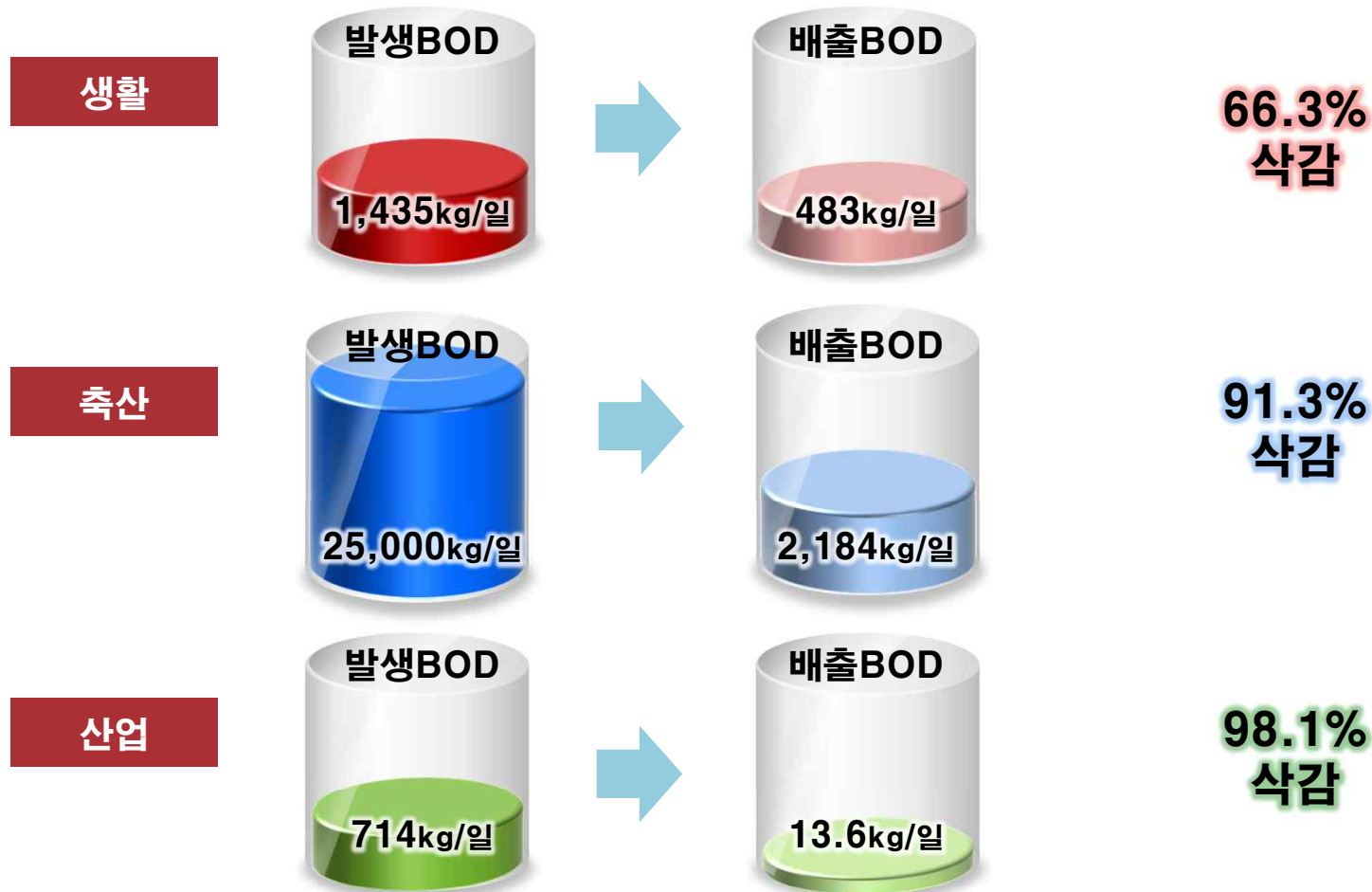
● 유역별 오염원 삭감 전망(2020년)



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

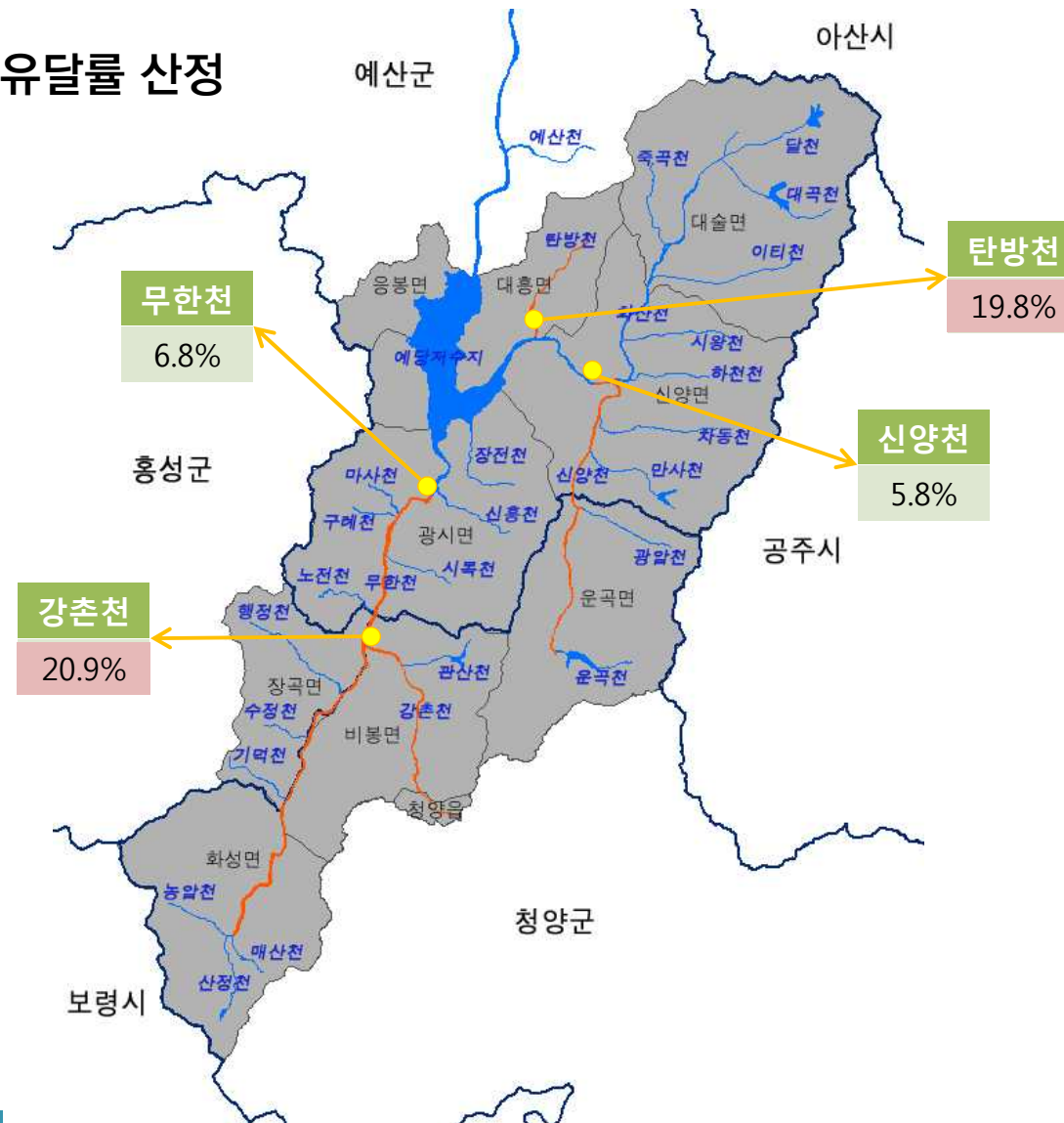
○ 오염원별 삭감 전망(2020년)



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_1 그룹별, 유역별 오염원인 분석 및 진단

● 유달부하량 및 유달률 산정



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_2 중점관리 구역 도출

- 각 구역별, 오염원별 발생부하량, 배출부하량, 삭감부하량, 삭감률, 유달률 등을 고려
- 각 구역별 오염원 그룹별 실제 구역 오염기여율 산정 후 중점관리 구역 도출
- 수질관리대책 시행시 수질개선 효과를 이끌어 낼 수 있는 지역을 우선으로 도출



[생활계 중점관리 구역]



[축산계 중점관리 구역]



[토지계 중점관리 구역]

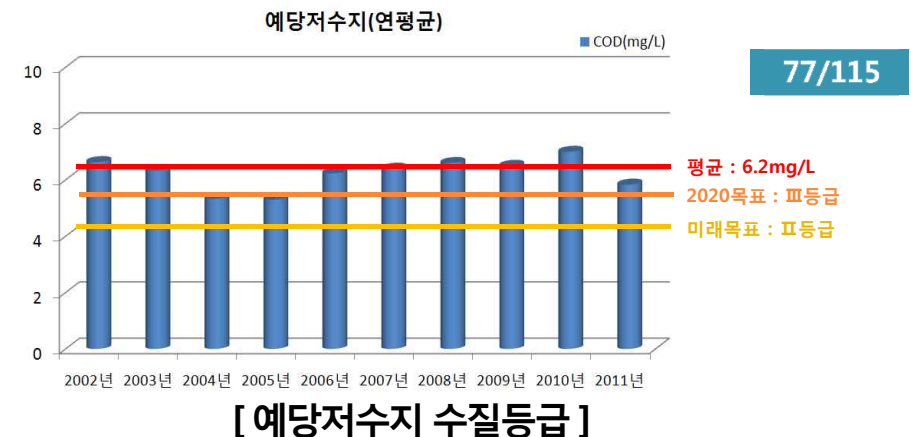
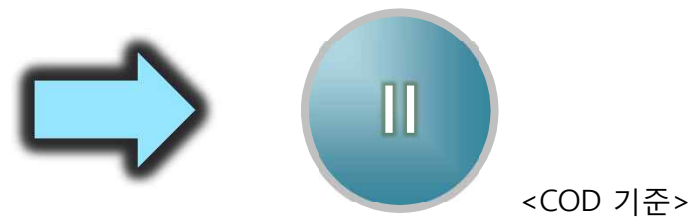
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_3 관리수질 설정

- 예당저수지 호내 및 주요 유입하천의 관리 목표수질을 설정
- 현실적으로 달성가능한 저수지 및 하천의 중장기 목표 제시
- 더불어 군의 비전을 내포한 선언적 미래목표 제시

<BOD₅, COD 기준>

목표	현재수준	2015년	2020년
예당저수지	IV	Ⅲ~Ⅳ	Ⅲ
무한천	Ⅲ	Ⅱ~Ⅲ	Ⅱ
신양천	Ⅱ	Ⅱ	I b



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책

유역 대책

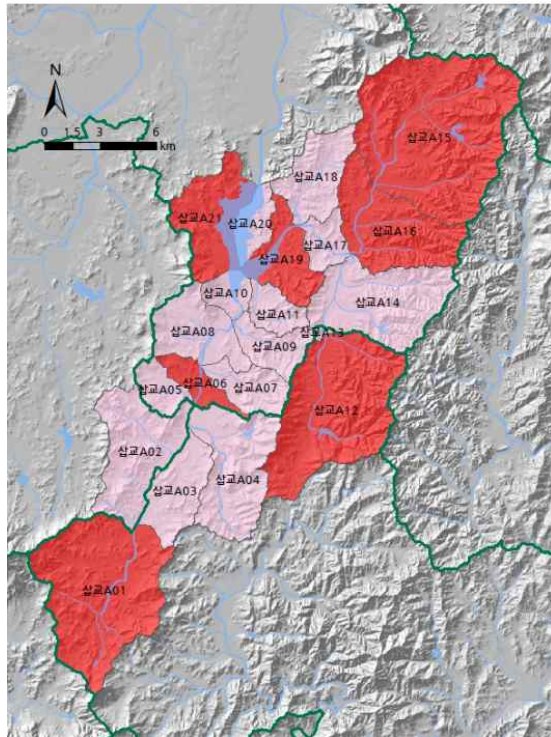
- ❖ 마을단위 공공하수처리시설 추가 설치
- ❖ 가축분뇨 공공처리시설 증설
- ❖ 호내 유입하천 수질정화 인공습지 조성
- ❖ 토지특성별 비점오염원 중점 관리
- ❖ 무한천 및 화산천 생태하천 조성
- ❖ 탄방천 식생수로 및 여과대 조성
- ❖ 생태농수로 및 논 저류지(둑방) 설치
- ❖ 호안 생태벨트 조성
- ❖ 유역내 도로 정기적 청소 실시

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

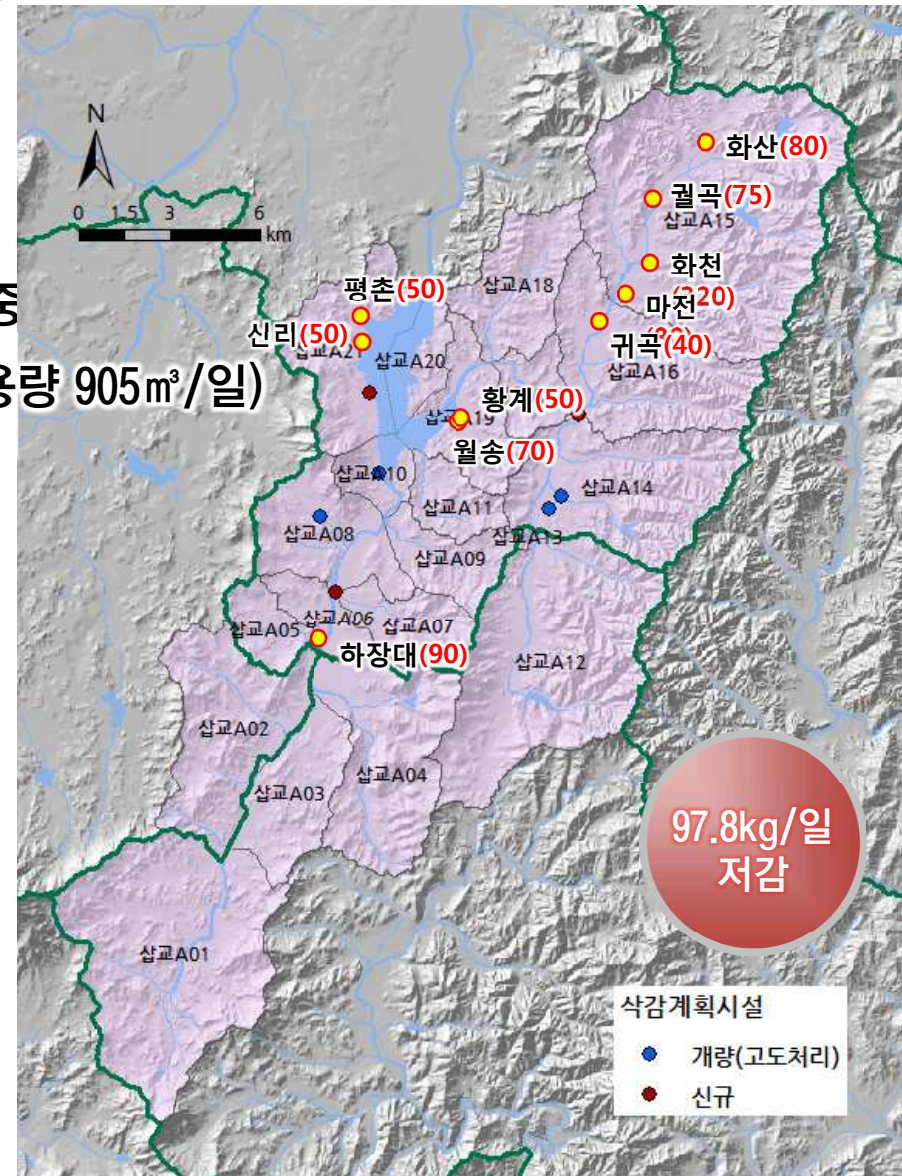
07_4 수질개선 대책_유역대책 1

마늘단위 공공하수처리시설 추가 설치

- 생활계 배출부하량 중점관리 대상유역을 중
- 5개 유역, 10개 시설 단계적 확충(총 시설용량 905m³/일)



[중점관리 유역]



[추가설치 제안]

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 2

가축분뇨 공공처리시설 증설

- 1단계 : 중점유역 우선처리(삽교A15, 삽교A08, 삽교A16, 삽교A14, 삽교A21)

- 청양군 해당유역 처리계획 배제(삽교A01, 삽교A12, 삽교A03)
- 예당호 연접지역을 고려하여 추가(삽교A21)

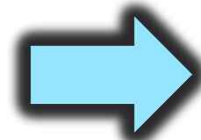
- 2단계 : 예당호 유역 중 예산군 지역

- 충청남도 가축분뇨관리 기본계획상 반영

- 2021년까지 350m³/일 증설
- 현재 환경부 승인신청 중

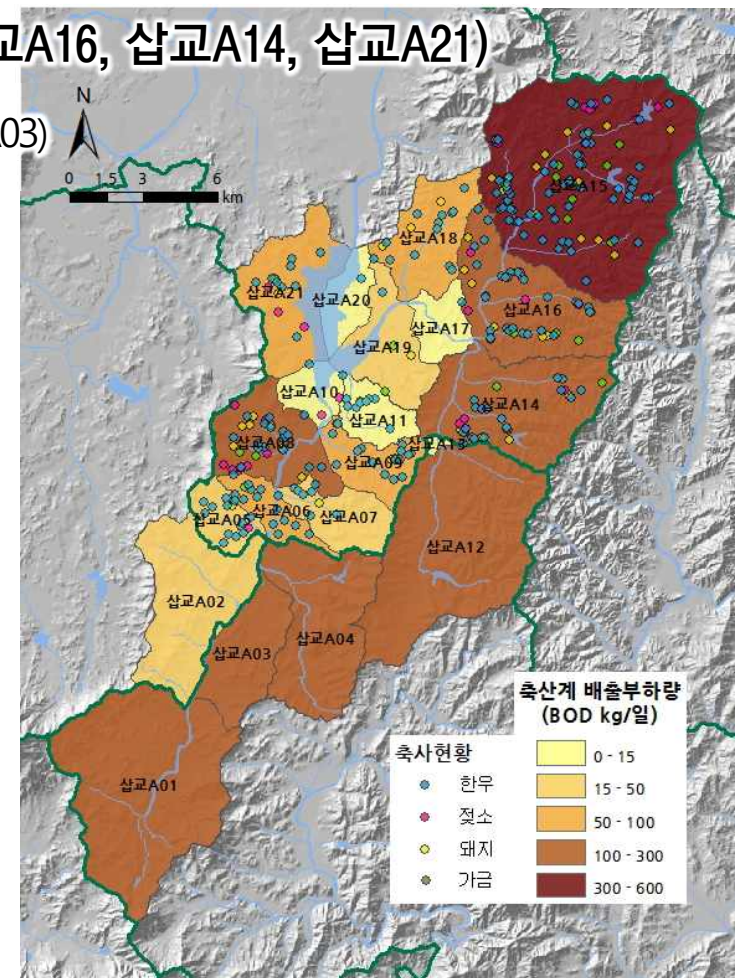
1단계

995kg/일
저감



2단계

1,290kg/일
저감



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 3

호내 유입하천 수질정화 인공습지 조성

- 비점오염물질 저감 및 호내 유입단계 정화시스템 도입을 위한 인공습지 조성 필요
- 각 하천 유역 전체 중 25%에 대하여 초기 강우 5mm를 처리하는 시설로 가정(유출율 58.44%)



- ✓ 무한천 말단에 설치
- ✓ 습지처리량 : 111,736(m³)
- ✓ 삭감량 : 88.4(kg/day)

- ✓ 신양천 말단에 설치
- ✓ 습지처리량 : 135,505(m³)
- ✓ 삭감량 : 55.9(kg/day)

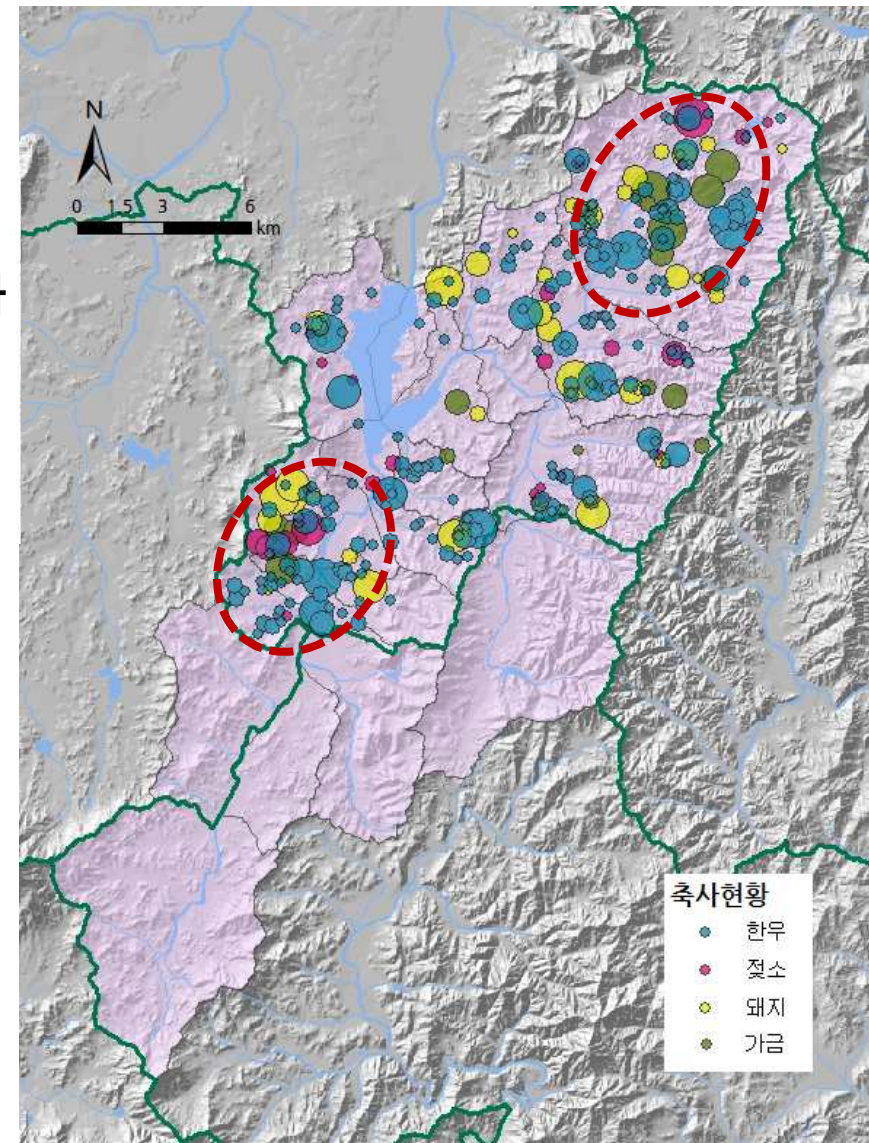


07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 4

토지특성별 비점오염원 중점 관리

- 예당저수지 유역조사 및 수질측정 결과
강우시 오염물질 배출부하 및 수질농도 증가
- 축산위치도와 연계한 축산시설 밀집지역,
생태민감지역을 대상으로 저류지 설치
- 중점관리 대상지역



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 5

화산천 생태하천 조성 사업

- 기 추진중인 고향의 강 사업과 연계하여 생태공간 조성 및 복원 사업 병행 필요
- 비점오염원에 의한 오염저감을 위해 습지 및 저류조 조성, 수변 식생식재 등 고려
- 주요 수질정화 습지 식물

개선효과가 검증된 정화식물



갈대



애기부들



줄



부레옥잠화



좀개구리밥



마름류



미나리

그외 정화식물



꽃창포



달뿌리풀



물억새



연꽃



검정말

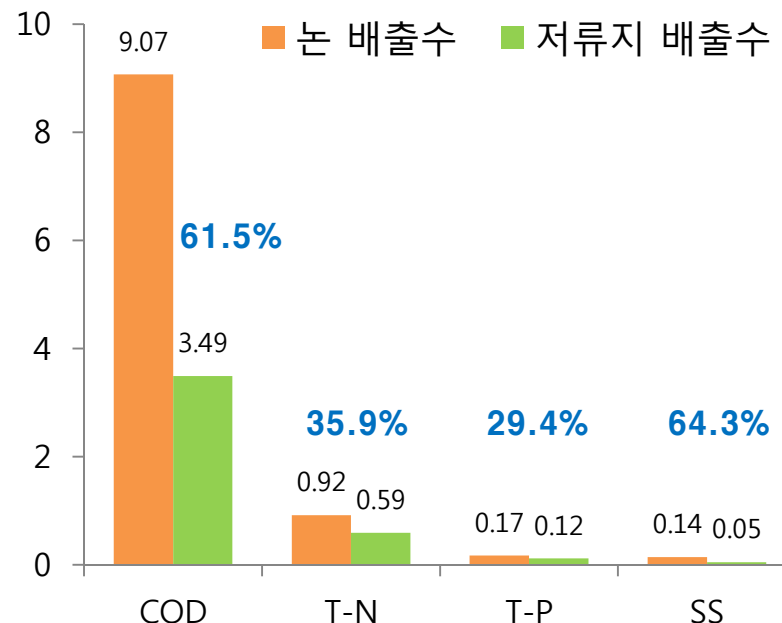
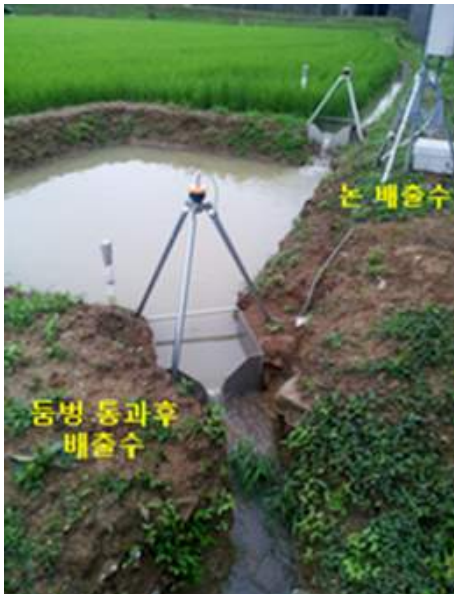
**정화효율
약 60%
(BOD 기준)**

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 8

농생태 수로 및 논 저류지(둑방) 설치

- 강우시 농약 및 비료잔류물 유출 저감, 농경지에 의한 비점오염부하 경감 필요
- 예당저수지 유입 농수로 하단부에 우선적으로 설치(무한천 유역 우선 실시)
- 논저류지 효과



논 1ha 당
0.02ha 필요

[비점오염 저감을 위한 저류지 설치] [강우시 저류지를 이용한 논 배출수 농도 저감효과]

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

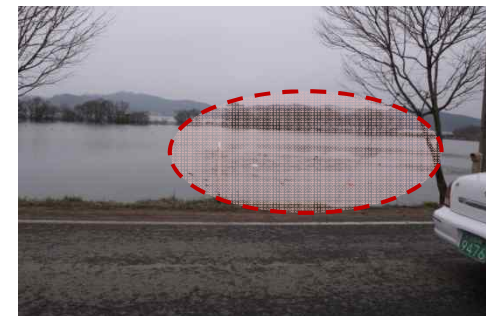
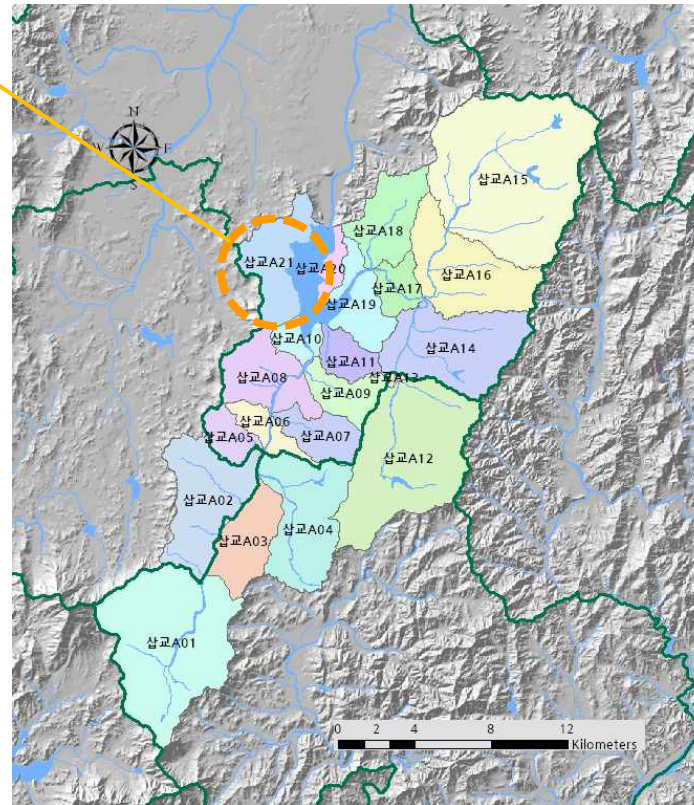
07_4 수질개선 대책_유역대책 9

호안 생태벨트 조성

● 호안 생태벨트 조성을 통한 호내 유입 비점오염부하 저감 및 경관 · 완충녹지 확보

- 호안 습지조성(농경지 전환), 호안 수생식물 벨트 조성, 4계절 무논 조성
- 개발제한 또는 인접토지 협약을 통한 친환경농법, 경관미를 높이는 작물 재배 등

호안 생태벨트 조성

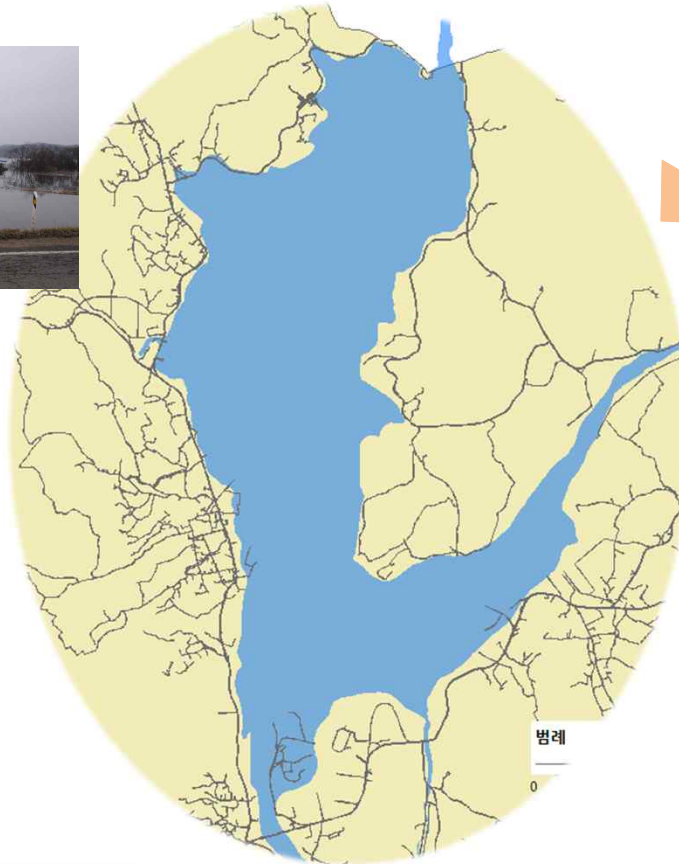


07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_유역대책 10

유역내 도로 정기적 청소 실시

- 응봉면, 대흥면을 중심으로 비점오염저감을 위한 도로청소 실시
 - 강우시 전 실시(5월경)



07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책

- ❖ 낚시 오염부하량 저감대책 마련
- ❖ 향후 호내 퇴적오염물 준설 검토

호내
대책

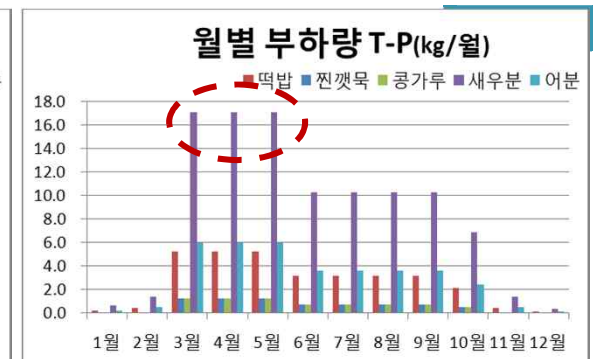
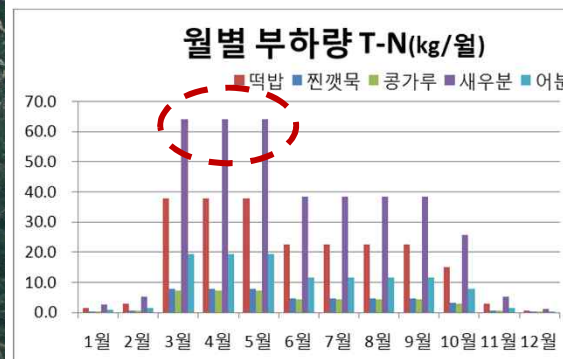
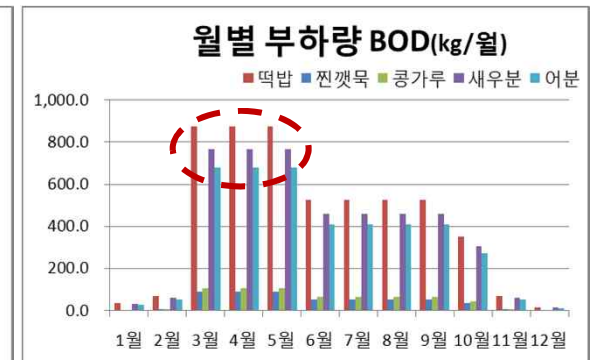
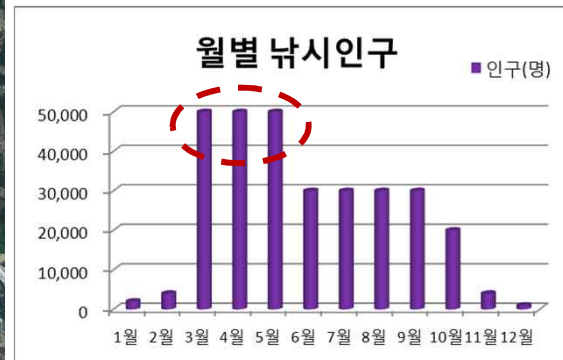
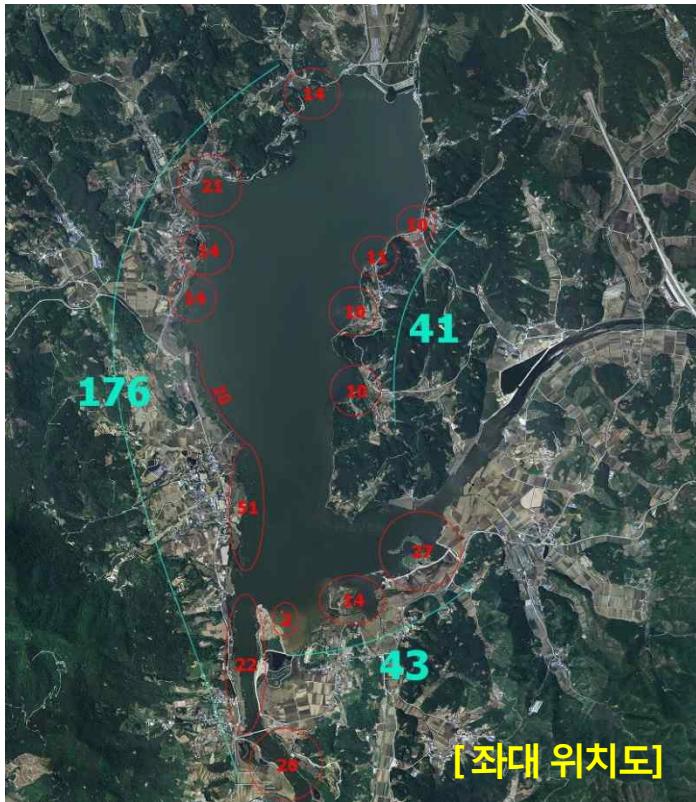
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_호내대책 1

■ 낚시 오염부하량 저감대책 마련

- 연간 낚시 인구 : **연간 약 285,000명**, 좌대수 : 약 260대 운영
- 낚시오염부하량 : BOD 기준 1,263 kg/월

40kg/일



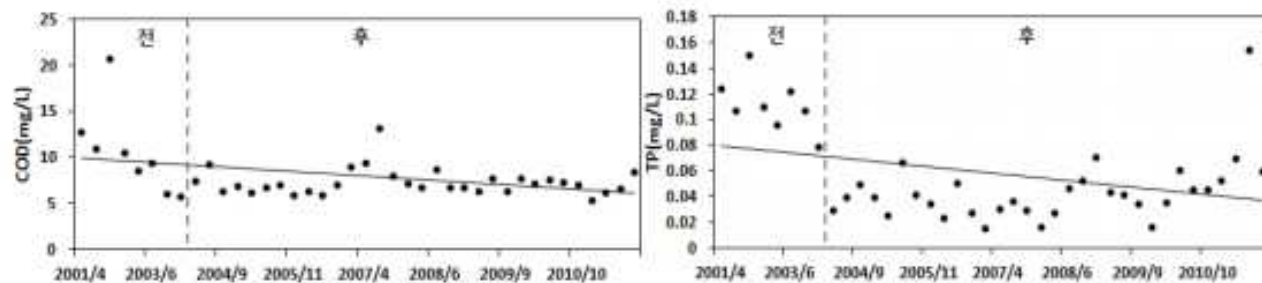
07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

07_4 수질개선 대책_호내대책 1

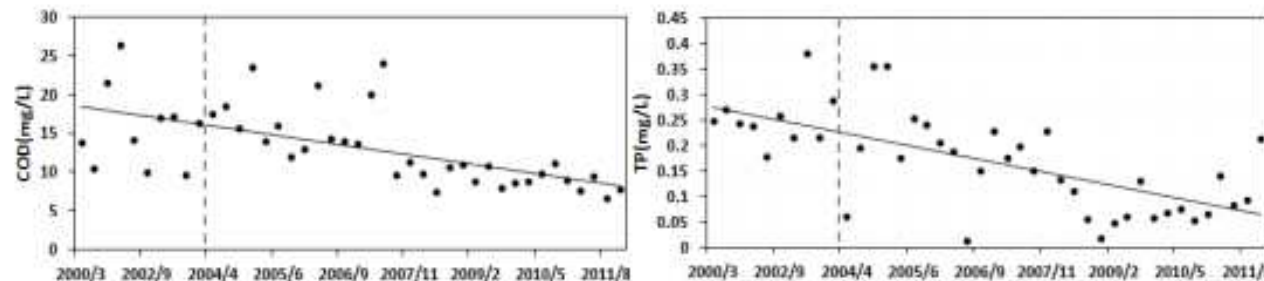
낚시 오염부하량 저감대책 마련

- 타 사례의 경우 낚시 금지구역 지정 전 · 후 수질 개선 효과 있는 것으로 판단
- 낚시 좌대비용 인상(수질개선기금 사용), 낚시 좌대수 감소방안, 낚시금지 기간 설정, 낚시제한구역 설정 등 각종 제도 개선 및 실천형 방안 고려 필요
 - 내수면 어업계, 한국농어촌공사 등과 협약추진 및 조례 검토, 친환경 떡밥 사용 권고, 주변 환경보전 실천운동 진행 등 협의 후 각종 저감 및 개선방안 추진 필요

보통저수지



왕송저수지



[낚시 금지구역 지정
전·후 수질변화]

07. 관리수질 설정 및 수질개선방안 마련

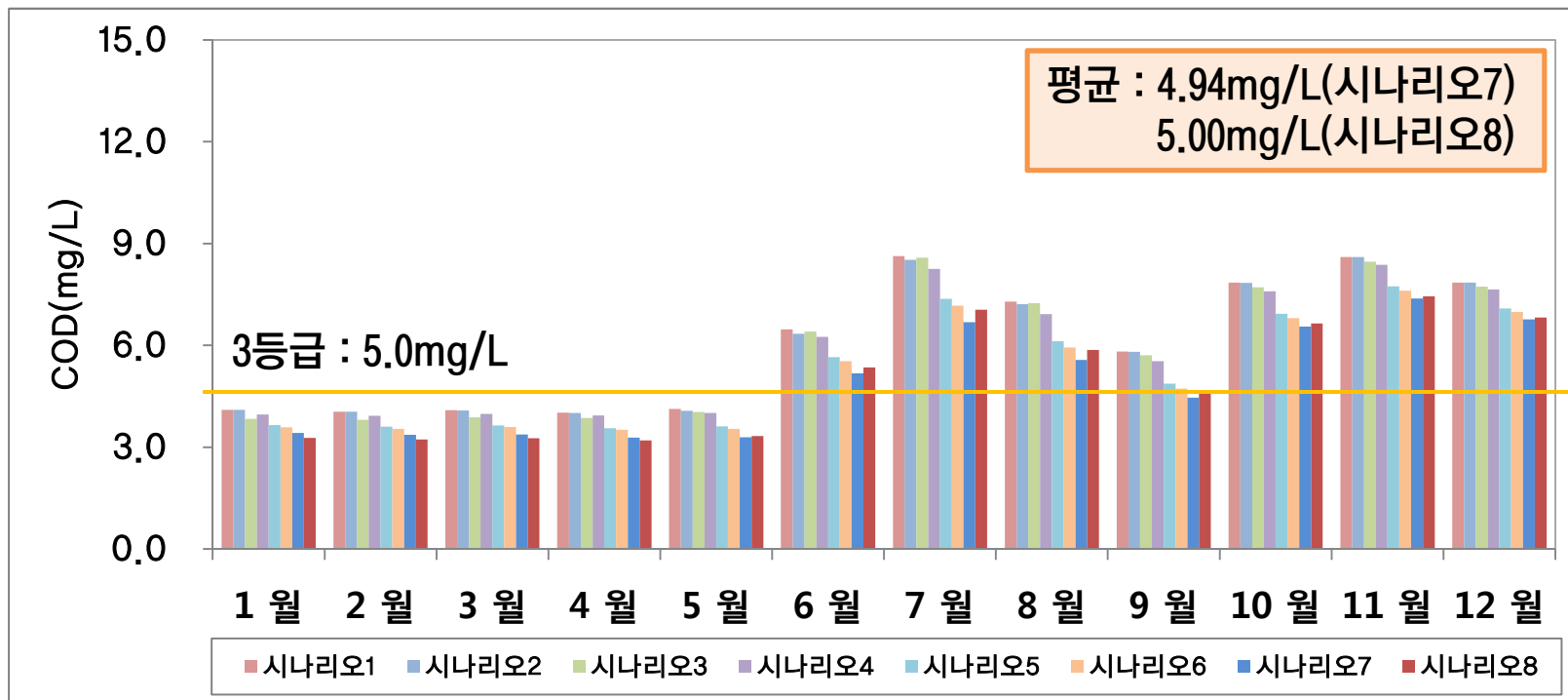
07_4 수질개선 대책_호내대책 2

향후 호내 퇴적오염물 준설 검토

- 호소 유입부에서 유출부로 갈수록 퇴적현상 심화
 - 대부분 항목의 경우 퇴적오니 제거기준 이하이나 TN 부하량(상류 1,191 mg/kg, 하류 1,458mg/kg)의 경우 팔당호 퇴적오니 제거기준(1,100mg/kg이상) 초과, 강열감량(상류 13.6%, 하류 14.9%)의 경우 팔당호, 한강하류 대청호 기준(7~10%) 초과
- 원인 : 지속적인 오염물 호내 퇴적, 강우시 오염물질 과다 유입, 낚시이용 등
- 검토방안 : 향후 중장기적으로 오염도가 높은 유출부를 중심으로 한 부분 퇴적오염물 준설 여부 판단 필요(진행 시 일부 구역만 진행 고려 가능)
 - 퇴적오니 준설 비용 : 1m³ 당 9,000원 (4대강 사업 준설비 기준)

07_5 주요 수질저감대책에 따른 수질변화 예측 : 수질모의 결과

- 낚시, 생활, 축산 오염원 저감 및 인공습지 설치 등의 저감대책으로 수질농도 감소
 - 비점오염원 저감대책으로 여름철 농도 감소가 크게 나타남
- COD의 경우 시나리오 7, 8에서 연평균 농도 Ⅲ등급(COD 5.0mg/L 이하) 만족



08

중장기적 유역관리 로드맵

08_1 비전 수립 및 추진체계

08_2 추진기반

08_3 추진조직

08_4 추진사업

08_5 추진기간

08_6 추진사업비

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_1 비전 수립 및 추진체계



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_2 추진기반 : 예당호 100년 계획 수립

개요

- 저수지 수질개선은 느리지만 꾸준히 실천할 필요성
- 100년을 내다보는 큰 비전을 설정하고 시설확충, 제도 개선, 역량증진 사업들을 제시
- 수질개선뿐만 아니라 예당호 수역의 환경복지 및 지역발전과 연계

추진방법

- 중간지원 조직을 구성하고 마을단위, 읍면단위의 수질개선 계획 작성을 지원
- 모니터링 자료 제공, 타 지역 사례 견학 지원, 수질 개선 계획 컨설팅당 제공 등
- 하향식 계획 작성이 아닌 상향식 계획 작성

사례: 아사자프로젝트 (일본 가스미가우라호)



湖と森と人とを結ぶ一霞ヶ浦・北浦再生事業-アサザプロジェクト100年計画



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_2 추진기반 : 예당호 수질개선 조례 제정

○ 개요

- 수질개선 100년 계획 수립, 기금 조성, 수질 개선협의체 구성, 예당호네트워크 지원, 중간 지원조직 구성 등의 내용을 담은 조례 제정

○ 추진방법

- 예산군 차원의 저수지 수질개선 조례 제정
- 청양군, 홍성군 및 충청도와 조례 내용을 사전 협의하여 실행력 담보

○ 사례: 경기도 중점관리저수지 관리 조례



경기도 중점관리저수지 관리 조례안

(권오진의원 대표발의)

의안 번호	848
----------	-----

발의연월일: 2012년 10월 24일

발 의 자: 권오진·김진경 의원

찬 성 자: 임채호 의원 등 31명

1. 제정이유

- 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」에 따라 중점관리저수지로 지정되는 저수지의 수질개선 및 관리에 필요한 사항을 규정하기 위한 것임

2. 주요내용

- 도지사는 중점관리저수지가 생활용수 및 관광·레저의 기능을 갖추도록 중점관리저수지 수질 관리계획을 수립하여야 함(안 제3조)
- 도지사는 중점관리저수지의 수질을 관리 개선하여야 하며, 수질개선 계획의 추진결과 및 수질오염방지의 활동실적 등을 매년 환경부장관에게 보고하여야 함(안 제4조)
- 도지사는 저수지의 오염방지를 위한 환경상태의 조사, 정기적 수질검사, 오염관측망 설치운영 등 오염방지를 위하여 재정지원 등 필요한 대책을 수립·시행하여야 함(안 제6조)

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_2 추진기반 : 예당호 기금 조성

○ 개요

- 수질개선을 위한 시설 확충, 제도개선, 역량증진 사업을 추진하기 위한 기금 조성

○ 추진방법

- 예산군 환경보전기금 조성 방안 (예당호 기금 내용 포함)
- 부담금, 후원, 기부, 출연 등을 통해 예당호 기금 독자 조성 방안
- 농업보조금 확대 시 일부를 농촌환경개선을 위한 예당호 기금으로 조성하는 방안

○ 사례: 환경보전기금, 수계관리기금, 일본 비와호 관리기금

비와호 관리기금 사업	
<ul style="list-style-type: none"> • 하수도 정비사업 • 분뇨처리시설 정비사업 • 상수도 정비사업 • 농업용 용배수시설 정비사업 • 조림사업 • 도시공원 또는 자연공원의 보호 및 이용을 위한 시설정비사업 	<ul style="list-style-type: none"> • 수자원의 보호배양 및 개발을 위한 사업 • 수산물 유통가공시설 정비사업 • 어항정비사업, 축산환경정비사업 • 농업집락 배수처리시설 정비사업 • 쓰레기처리시설 정비사업 • 호안 및 호저의 청소사업 • 유지관리비



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_3 추진조직 : 예당호 수질개선협의체

개요

- 예산군을 비롯한 예당호 유역의 3개 군과 군의회, 충남도, 한국농어촌공사, 금강유역청, 해당 읍면 등이 함께 참여하는 상시적인 협의체 구성

추진방법

- 예당호 100년계획 작성 및 실행을 점검, 수정
- 예당호의 비상상황에 대응하기 위한 위기대응체계 구축
- 예당호 기금 조성 시 기금 운용 관련 의사결정

사례: 기흥호 수질개선협의체, 안양천수질개선대책협의회



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_3 추진조직 : 예당호 네트워크

개요

- 주민, 농어민, 상인, 기업, 학생 등 민간이 주도하고 수질개선 교육 및 실천과 관련된 활동 담당

추진방법

- 예당호 상하류 하천마다 주민이 주도하는 하천네트워크 구성하고 연계
- 충남도에서 추진하고 있는 도랑살리기 운동과 연계, 예당호에 대한 관심 고취
- 권역별 또는 하천별 실무자 인건비 또는 활동비 일부를 지원하여 활동의 지속성 도모

사례: 고양시 하천네트워크



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_3 추진조직 : 예당호 중간지원조직

개요

- 행정에서 부서별로 흩어져 있던 저수지, 하천, 논, 삼림 등의 사업을 연결하고 조율
- 주민들의 자율적이고 자발적인 수질개선 활동을 지원
- 안정적인 조직, 예산, 프로그램을 바탕으로 수질개선 사업의 장기적 지속가능성을 담보

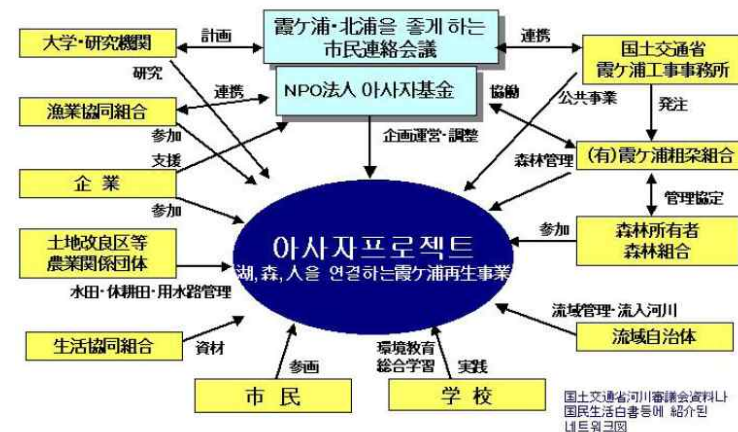
추진방법

- 마을만들기, 사회적경제, 도시재생 등의 분야에서 추진되는 중간지원조직을 선례로 추진
- 행정주도, 민간주도, 민관협력 등 적합한 형태를 검토 (초기 행정주도, 후기 민간주도 등)

사례: 일본 아사자기금



아사자프로젝트~市民에 의한 公共事業~



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 수질개선사업



- 마을단위 공공하수처리시설 설치
 - 연차별 우선유역을 대상으로 하수처리율 향상
- 가축분뇨 공공처리시설 증설
 - 단계별 순차적 증설 시행으로 소규모 농가 오염물질 배출 저감 등 유역오염부하 경감
 - 기타 가축분뇨 공동자원화시설 설치, 친환경광역단지 활용, 농가 내 고액분리, 액비살포 농경지 초지 확보, 액비 적정시비 교육 및 홍보 등 병행 실시
- 하천 유입부 수질정화 인공습지 조성
- 토지특성별, 중점유역 우선 비점오염원 관리 사업 시행
 - 축사위치도를 연계하여 저류지 및 습지 조성
 - 호안생태벨트 조성, 생태농수로 및 둠벙 설치, 도로 비점저감을 위한 노면청소 실시 등
- 생태하천 사업 실시, 하천 배후습지 보전 및 복원
 - 화산천 생태하천 조성사업
 - 탄방천 하천자정능력 회복을 위한 수변식생수로 및 저류지 설치
- 낚시 오염부하량 저감 대책 마련

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 조사 · 모니터링

- 저수지 유역관리시스템 구축
 - 오염원, 저수량, 용수이용량 등 유역 DB 구축
 - 각종 유역 통계 가이드라인 작성 및 교육을 통한 신뢰성 확보
- 수질 · 퇴적물 · 생태 모니터링
 - 정기적인 모니터링 (전문가)
 - 주민참여 수질모니터링 행사
- 생태 · 문화지도 제작
 - 모니터링 자료 활용
 - 인터넷, 스마트폰 활용 쌍방향 업데이트
- 예당호 및 하천 감시대 운영

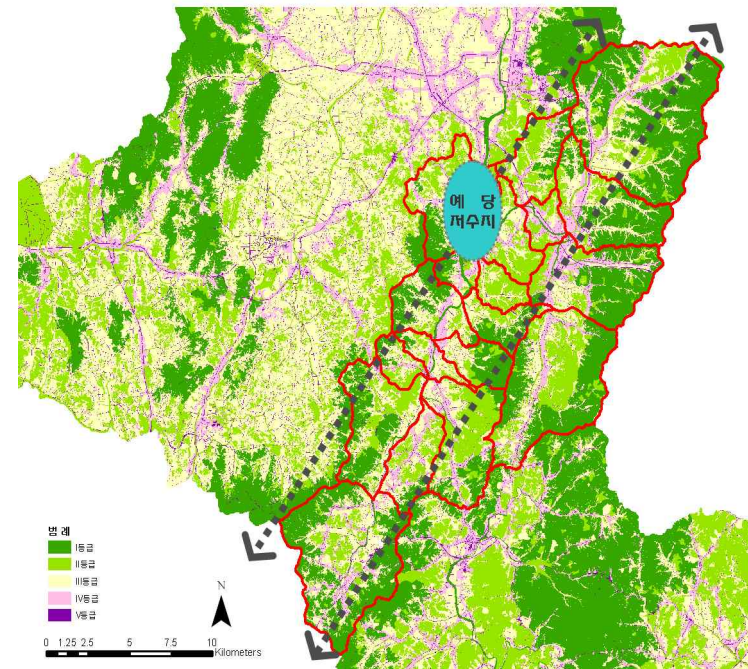


08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 생태공간 조성_유역

산림생태축 설정 및 관리

- 예당저수지 소유역의 비오톱 가치등급은 I 등급 산림이 연속적으로 분포
- 완충기능의 II등급 산림이 I 등급 산림의 생태적 가치를 지속
- 향후 개발계획 수립 시 II등급 산림에 대한 훼손 우려
- 예당저수지의 수질과 수량유지를 위하여 I · II등급 산림의 훼손을 최소화
- 향후 예당저수지 수변개발계획 수립 시, 주변 산림의 생태적 가치를 현재와 같이 유지



[예당저수지 유역 비오톱등급도]

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 생태공간 조성_수변

보전측면

- 서식지 기능 개선 사업
 - 구조적 다양성 확보, 은폐시설 확충, 수생식물대(군락) 조성 등
- 황새 습지 조성 사업
 - 습초지 조성(open water), 은폐 식재
- 보호지역 지정

이용측면

- 생태관광 시설 확충
 - 구조적 은폐소 및 관찰소(Observatory) 설치, 관찰로 조성, 안내판 설치
- 생태관광 역량 강화
 - 운영위(지역, 민, 관, 전문가 구성), 지역활동가 양성 등으로 지역자원의 지역경제 활성화 도모
- 조류 체험 공간 조성
 - 조류와 직접 접촉할 수 있는 공간 조성



[수조류의 휴식처이자 먹이처]



[은폐소 내부: 영국]

08. 중장기적 유역관리 로드맵



15

[다양한 조류 체험 공간]

08. 중장기적 유역관리 로드맵



[생태습지 이미지]



[조류 체험장 이미지]

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 환경교육 및 실천

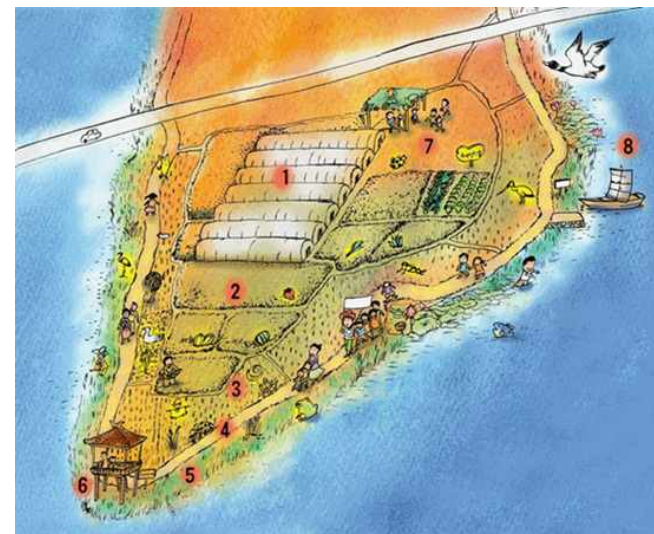
- 청소년 환경교육 활성화
 - 하천활동 동아리 활동 등 적극적인 실천 지원 (모니터링, 설문조사, 캠페인, 지도제작 등)
- 친환경농업 확산 운동
 - 자원순환농업 실천(농업기술센터 협력)
 - 도랑, 둑방살리기 사업 추진
- 기업 참여 생태하천 가꾸기
- 소유역별 간사 육성 및 재교육 프로그램
- 저수지 자율적 수질관리 협약



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 경제사업

- 예당호 친환경 농축산 브랜드 개발
 - 예당호 상하류 교류 프로그램 연계
 - 농민시장, 꾸러미, 직판장 등
- 예당호 생태문화 여행 프로그램 개발
 - 황새마을, 슬로시티와 연계
 - 농사체험, 음식체험, 문화체험, 환경교육 포함
- 예당호 주변지역 마을만들기
- 사회적기업, 협동조합, 마을기업 육성
 - 축산농가 저류조 설치 및 운영, EM 제조, 어분 비료 제작 등



08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_4 추진사업 : 제도개선 연구 및 건의



- 낚시 제한/금지/통제구역 지정에 대한 정부 지원 제도
 - 열악한 재정여건을 고려하여 수질개선 위한 낚시 제한/금지/통제구역 지정시 보상 위한 예산 지원
- 농업용 저수지 주변지역 주민지원 제도
 - 농업용 저수지 주변지역의 피해 및 수질개선 노력에 대한 보상을 위한 제도 마련 (담주변지역, 상수원 보호구역 주민지원제도 참고)
- 충남도 차원의 중점관리저수지 수질관리 조례, 계획, 매뉴얼 작성
 - 충남도 차원의 저수지 관리계획 수립을 건의하고 예당저수지 수질 개선 사업 지원 방안
- 예당호 수계 (자율적) 수질오염총량제 또는 물이용부담금제 도입
 - 예당호 수계 전체의 수질개선 사업을 위한 제도 검토(수질오염총량제, 물이용부담금제 등 참고)
- 예당호 주변지역 (습지)보호지역 지정 및 수변생태벨트 조성 (토지 매입)
 - 생태적으로 중요한 지역을 대상으로 검토
- 예당호 부유쓰레기 처리를 위한 비용 분담 방안

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_5 추진기간

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
기반조성	100년계획 작성								
	조례제정								
	기금조성								
추진조직구성	수질개선협의체								
	예당호네트워크								
	중간지원조직								
추진사업	수질개선사업								
	마을단위 공공하수처리시설 설치								
	가축분뇨 공공하수처리시설 증설								
	수질정화 인공습지 조성								
	축산밀집지역 저류지 설치								
	화산천 생태하천 조성사업								
	무한천 생태하천 조성사업								
	탄방천 식생수로 및 여과대 설치								
	논 저류지(둑병) 조성								
	호안 생태벨트 조성								
	도로청소								

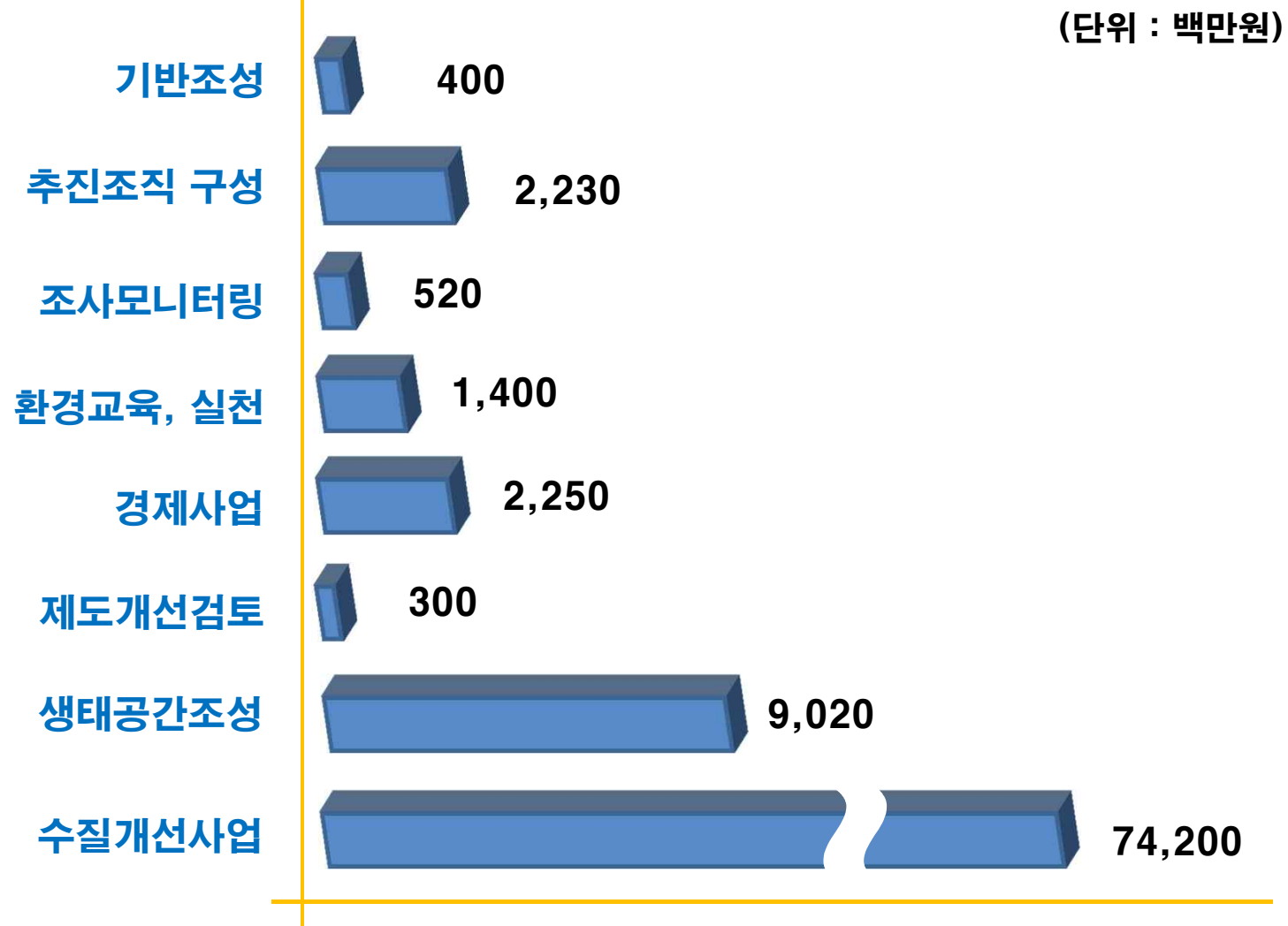
08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_5 추진기간

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
추진사업	조사모니터링								
	전문가조사								
	수질모니터링의 날								
	생태문화지도 제작								
	기타(감시대 운영 등)								
	환경교육, 실천								
	청소년 환경교육								
	친환경농업 확산								
	1사1하천								
	소유역별 간사 육성								
	기타								
	경제사업								
	예당호 브랜드 개발								
	인증프로그램 운영								
	생태여행프로그램 개발								
	예당호 마을만들기								
	협동조합/마을기업 육성								
	기타								
	제도개선검토								
	생태공간조성								
	서식지 기능 개선사업								
	황새습지 조성사업								
	보호지역 지정 및 관리								
	생태관광시설 확충								
	생태관광 역량강화								
	조류체험공간 조성								

08. 중장기적 유역관리 로드맵

08_6 추진사업비



A vibrant landscape featuring a lush green field in the foreground where three silhouetted figures are flying kites. In the middle ground, a calm lake reflects the sky, with a dense line of trees and a city skyline visible on the left. A bridge spans the lake on the right. The sky is filled with large, white, fluffy clouds against a bright blue background.

감사합니다

참고문헌

- 국립환경과학원 금강물환경연구소, 2006, 모형 Parameter 정보 DB화
- 국토교통부, 2012, 하천일람
- 광주광역시 상수도 사업본부, 2012, 동북호 수질개선 사업성과 평가모델 구축 용역
- 서산시, 2011, 천수만 생태관광 기본계획
- 송미영 외, 2012, 경기도 농업용수 수질현황 및 관리방안, 경기개발연구원
- 송미영, 2009, 왕송호소 수질개선 및 관리대안 연구
- 안승범, 최혜실, 2011, "논산지역 강변 문화관광 개발을 위한 스토리텔링 방법론 연구",
국제어문 제52집, 317-346쪽
- 여형범, 2013, "에코뮤지엄을 통한 충남 자연환경 보전 방안", 충남리포트 제78호.
- 예산군, 2010, 2020년 예산군 기본계획
- 예산군, 2012, 예산군통계연보
- 원치두, 2008, 무한천 유역의 경관 변화와 환경 문제 분석
- 의왕시·한국농어촌공사, 2009, 왕송저수지 수질개선사업 기본계획 수립
- 이기영 외, 2012, 경기도 비점오염물질 처리방안
- 장규상 외, 2011, 논 습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성연구, 한국농어촌공사
농어촌연구원
- 장남정 외, 2010, 새만금유역 농업비점오염원 관리를 위한 수질대책 우선지구 선정 및
협력체계 연구, 전북발전연구원
- 전남발전연구원, 2008, 자연정화방식에 의한 농업용저수지 수질개선
- 전북발전연구원, 2009, 새만금 수질개선을 위한 환경쟁점별 대응방안연구
- 지금중, 2011, 농촌 커뮤니티 활성화와 문화 활동: 제주도 가시리 마을 신문화공간 조
성사업 추진 사례를 중심으로, 로컬리티 인문학, 6, 311-339
- 최지용 외, 2006, 다목적 댐 저수지의 비점오염실태 및 친환경적 관리방안 연구
- 최지용 외, 2006, 유역관리를 통한 다목적댐 저수지의 효율적인 탁수관리 방안
- 최지용 외, 2007, 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과 및 개
- 충청남도, 2012, 지속가능한 금강의 미래발전을 위한 금강비전
- 한국관광공사, 2011, 부울경 Blue Belt 공정관광상품 개발
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2004, 저수지 준설회경기준 정립 및 준설토 활용방안 연
구

- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2008, 농업용수 수질개선대책 추진체계 정립 및 대안 평가기법 연구
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2008, 수질오염총량제 시행에 따른 농업용저수지 수질 관리기법 연구
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2009, 농업용저수지 유형별 수질예측모델 적용방안 연구
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2011, 농촌용수 종합시험지구 운영(수질)
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2011, 인공지능 기법을 이용한 농업용저수지 수질지표 및 관리모델 개발
- 한국농어촌공사 농어촌연구원, 2011, 내수면 목장화 사업을 통한 어민소득증대 방안 연구
- 해양수산부, 2006, 낚시용 추 및 미끼 등의 환경유해성 조사·분석 연구
- 환경부, 2008, 통합유역관리 계획 수립을 위한 선진 사례 연구
- 환경부, 2010, 익산왕궁지역 가축분뇨관리 및 수질개선방안
- 환경부, 2011, 논습지 관리정책 방향 수립을 위한 연구
- 환경부, 2011, 새만금유역 2단계 수질개선종합대책
- 환경부, 2011, 생태하천 복원 가이드북: 생태계가 살아 숨쉬는 건강한 하천만들기
- 환경부, 2011, 지류·지천 수질·수생태계 개선계획 마련을 위한 연구
- 환경부, 2012, 새만금유역 가축오염원 관리방안 연구
- 환경부, 2012, 수질측정망 운영계획
- Apgar, J. Marian, James M. Ataria and Will J. Allen, 2011, "Managing beyond designations: supporting endogenous processes for nurturing biocultural development," *International Journal of Heritage Studies* 17(6), 555–570
- Borrelli, Nunzia and Peter Davis, 2012, "How Culture Shapes Nature: Reflections on Ecomuseum Practices," *Nature and Culture* 7(1), 31–47
- Corsane, G. et al., 2007, "Ecomuseum Evaluation: Experiences in Piemonte and Liguria, Italy," *International Journal of Heritage Studies*, 13:2, 101–116
- Davis, Peter, 2011, *ecomuseums: a sense of place (2nd edition)*, New York: Leicester University Press
- Maggi, Maurizio, 2009, "Ecomuseums in Italy. Concepts and practices," *MUSEOLOGIA E PATRIMÔNIO*, 2(1), 70–78
- Mose Ingo(ed.), 2007, Protected Areas and Regional Development in Europe: Towards a new model for the 21st Century, Ashgate e-book

참여 연구진

연구책임	· 연구총괄	오혜정	충남발전연구원 책임연구원
	· 연구간사	백승희	충남발전연구원 연구원
내부연구진	· 유역분석, 수질개선 대책	오혜정	충남발전연구원 책임연구원
	· 거버넌스, 교육, 제도, 예산	여형범	충남발전연구원 책임연구원
	· 야생동물관리, 생태공간	정옥식	충남발전연구원 책임연구원
	· 경관, 생태	사공정희	충남발전연구원 책임연구원
	· 디자인	권영현	충남발전연구원 선임연구위원
	· 생태, 일반현황	장하라	충남발전연구원 연구원
	· 오염원, 부하량, GIS	백승희	충남발전연구원 연구원
	· 인공습지	천서이	충남발전연구원 연구원
	· 자료수집	하동수	충남발전연구원 연구원
외부연구진	· 유역 조사·분석, 수질모델링	최재훈	(주)휴먼플래닛 대표
	· 유역 조사·분석, 수질모델링	황현동	(주)휴먼플래닛 차장
행정지원		이창희	환경과장
		전유진	환경관리 담당
		김창숙	환경관리 담당자
연구자문		김영우	늘푸른예산21 사무국장
		이경진	공주대학교 교수
		임경호	공주대학교 교수
		최홍규	예당내수면자율관리어업공동체위원장