금강유역 통합물관리 상호협력 및 발전방안 마련 공동세미나 자료집

일시 2022. 10. 19.(수), 15:00~17:30

장소 공주대학교 대학본부 1층 국제회의장

(사단법인) 대한환경공학회 대전세종충청지회

금강수계관리위원회

충남연구원 ChungNam Institute

대한환경공학회 대전세종충청지회 & 금강수계관리위원회 & 충남연구원
금강유역 통합물관리 상호협력 및 발전방안 마련 공동세미나

「금강유역 통합물관리 현재와 미래」

Ⅰ 추진배경

통합물관리 시대 금강유역 통합물관리의 본격적인 추진을 위해 대한환경공학회 대전세종충청지회, 금강수계관리위원회, 충남연구원 간 상호협력 및 발전방안을 마련하기 위해 공동세미나를 개최

Ⅱ 개 요

□ **일 시** : 2022년 10월 19일(수) 15:00~17:30
□ **장 소** : 공주대학교 대학본부 1층 국제회의장
□ **주 최** : 대한환경공학회 대전세종충청지회, 금강수계관리위원회, 충남연구원
□ **주 관** : 충남연구원
□ **주 제** : 금강유역 통합물관리 현재와 미래
□ **참 석** : 산학연(학회, 기관, 학교, 업계) 40명

Ⅲ 주요 내용

□ **개회식 및 세미나**

○ 개회 → 축사 → 세미나 → 종합토론 → 폐회
- 개 회 사 : 대한환경공학회 대전세종충청지회장
- 축 사 : 대한환경공학회장
- 주제발표 : 주제발표 4명
- 종합토론 : 전문가(좌장 및 토론) 5명

Ⅳ 일정계획

시 간			주 요 내 용	비 고
14:30~15:00		30분	■ 세미나 등록	안내 데스크
15:00~15:10		10분	■ 개회식	사회 : 김영일(충남연구원)
	15:00~15:05	5분	개회사	임경호 지회장
	15:05~15:10	5분	축 사	장암 대한환경공학회장
15:10~15:20		10분	■ 자리 정돈	
15:20~16:40		80분	■ 주제발표	사회 : 김영일(충남연구원)
	15:20~15:40	20분	발제1 금강수계 용수수급 전망 및 충남서부지역 가뭄대책 마련 연구	정수은 차장 (한국수자원공사)
	15:40~16:00	20분	발제2 용담호 소유역별 비점오염원관리 및 저감대책방안 수립 연구	곽동희 교수 (전북대학교)
	16:00~16:20	20분	발제3 물환경분야 관리 방향성 및 주요 추진전략	김이형 교수 (공주대학교)
	16:20~16:40	20분	발제4 기후변화에 따른 통합물관리 정책 방향	안종호 본부장 (한국환경연구원)
16:40~16:50		10분	■ Coffee Break & 자리 정돈	
16:50~17:30		40분	■ 종합토론 전항배 교수(충북대학교) 배병욱 교수(대전대학교) 최영균 교수(충남대학교) 김성표 교수(고려대학교) 이상진 수석연구위원(충남연구원)	좌장 : 전항배 교수 (충북대학교)
17:30~		-	■ 기념 촬영 및 폐회	

금강수계 용수 수급전망 및 충남서부지역 가뭄대책 마련 연구

한국수자원공사 정수은 차장

금강수계 용수수급 전망 및 충남서부지역 가뭄대책 마련 연구

2022. 10. 19.

K water 금강유역본부 정수은

발표 순서

1 용수수급 전망

2 충남서부 가뭄 및 물부족 현황

3 가뭄해소 추진방향 및 과제

Intro. 연 구 개 요

➢ (연구개요) 금강수계 용수수급 전망 및 충남서부지역 가뭄대책마련 연구

- (기간 및 금액) 2020.12 ~ 2021.12 (12개월), 128백만원, Kwater 금강유역본부(일부위탁 : 수자원학회)

- (과업내용)

금강수계 수원 및 물이용 체계 자료수집 및 기초현황 조사

- 금강수계 수원 시설 이용현황 및 용수 배분 현황 조사
- 금강수계 용수이용시설 관련 용수 수요 및 공급계획 조사
- 금강수계 하천유지유량 및 수문자료, 수질 관리체계 조사
- 금강수계 물이용 관련 요금체계 및 부과 현황 조사
- 금강수계 물이용 관련 의사결정 및 기술지원 체계 조사
- 금강수계 용수이용관련 위기대응체계 및 사례 분석

용수수급전망 및 용수공급계획

- 수원 시설 이용현황 및 용수 배분 현황
- 용수이용시설 관련 용수수요 및 공급계획

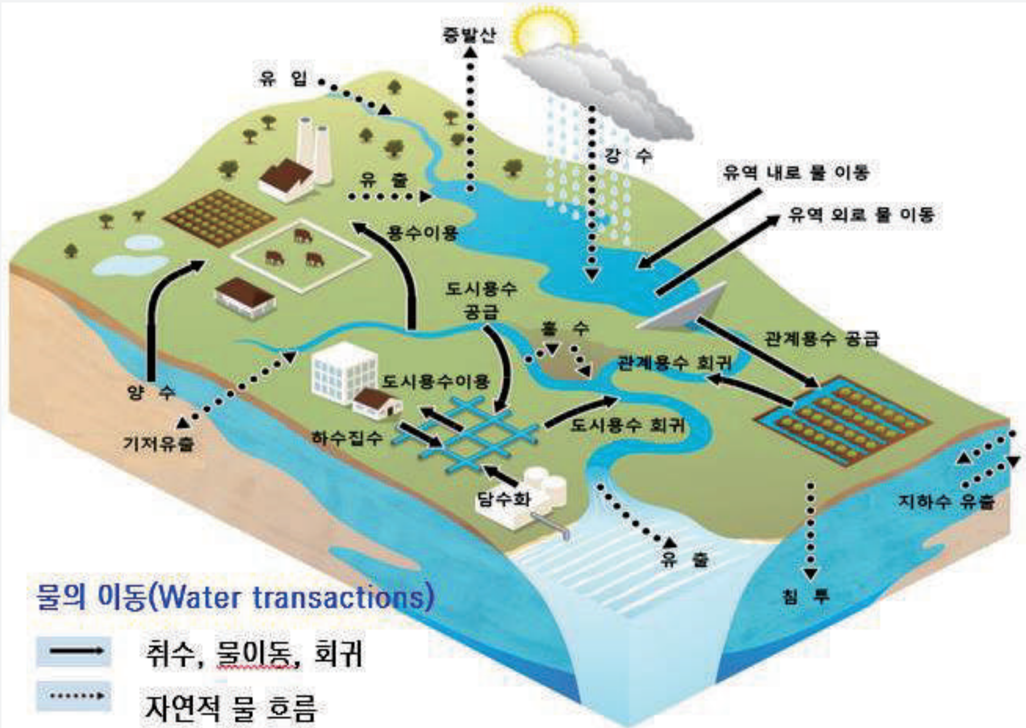
기후변화 대응 가뭄현황 및 중장기 대책 제시

- 충남서부지역 가뭄현황 및 문제점 도출, 선행연구사례 조사·검토
- 기후변화 대응에 필요한 중장기 대책 및 이행전략 도출 등

1. 용수수급 전망

➢ 물수급 분석 개요 : 정의

물 수급 전망은 하천유역의 미래 물 수요(생활·공업·농업용수 및 하천유지용수)를 예측한 후 유역내 공급가능한 수자원(하천수, 댐 및 저수지, 지하수 등)과의 균형 분석을 수행하는 과정



물 공급
1. 지표수(하천, 댐 등)
2. 지하수
3. 상수공급시스템
4. 농업공급시스템

물 수요
1. 생활용수
2. 공업용수
3. 농업용수
4. 하천유지용수 등

물 수지
1. 공급>수요=여유
2. 공급<수요=부족

1. 용수수급 전망

➢ 물수급 분석 개요 : 기준 및 절차

물 수급 네트워크 구성 ⟫ 물 수요량 산정 및 입력 ⟫ 물 공급량 분석 및 입력 ⟫ 물 수급 분석 ⟫ 물 부족량 산정

구 분	조 건
가 정	과거 52개년 기상조건을 목표연도에 재현 ('66.10~'18.9)
분석모형	MODSIM
시간단위	반순(5일)
공간단위	표준유역(금강 : 137개 / 전국 : 833개)
유량산정	유출해석 모형 활용(TANK)
수요패턴	(생공) 연중일정, (농업) 시기별 패턴
회 귀	(생공) 65% 회귀, (농업) 65% 순물소모방식(수요량의 35%)

* 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)에서의 물 수급 평가

수요처의 우선순위

전체 시스템의 수요공급은 생·공→농업→하천용수

상류 수요처가 하류 수요처보다 우선, 지류 수요처가 본류 수요처보다 우선 공급

실제 물이동 체계 구현

(생·공) 가뭄기초조사에서 조사된 수원-취수시설-이용지역(읍면동)을 바탕으로 물이동 체계 구축

(농업) 용수구역별로 수요처를 구성하고, 인근 표준유역 및 저수지에서 공급되도록 기본 공급체계를 구축

생·공, 농업용수 시간에 따른 이용 패턴

생활 및 공업용수는 연중 일정, 농업용수는 논용수, 밭용수 및 축산용수로 구분하여 각 항목별로 시간에 따른 이용 패턴 고려

생·공, 농업용수 회귀율 고려

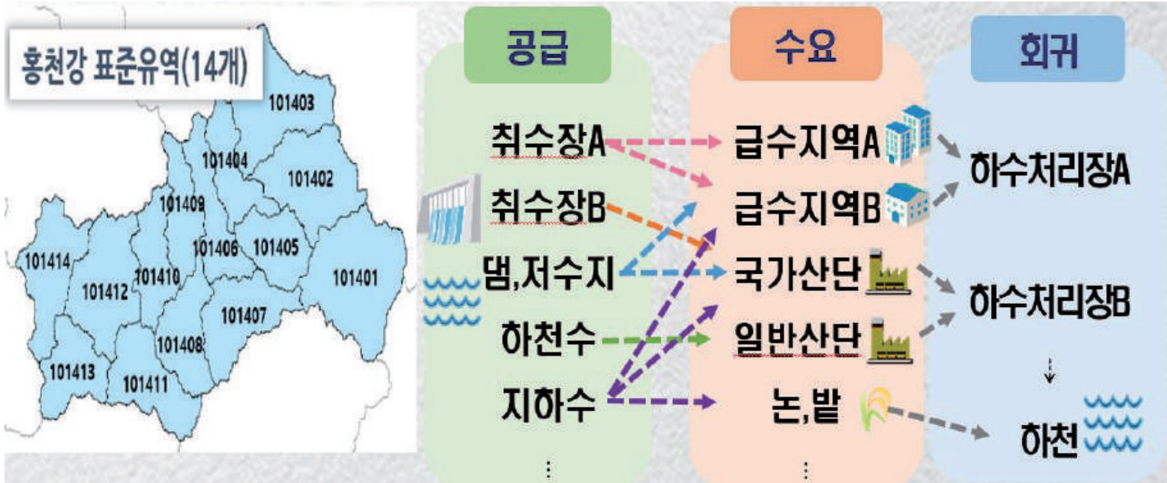
생활 및 공업용수는 수요량의 65% 회귀율 적용

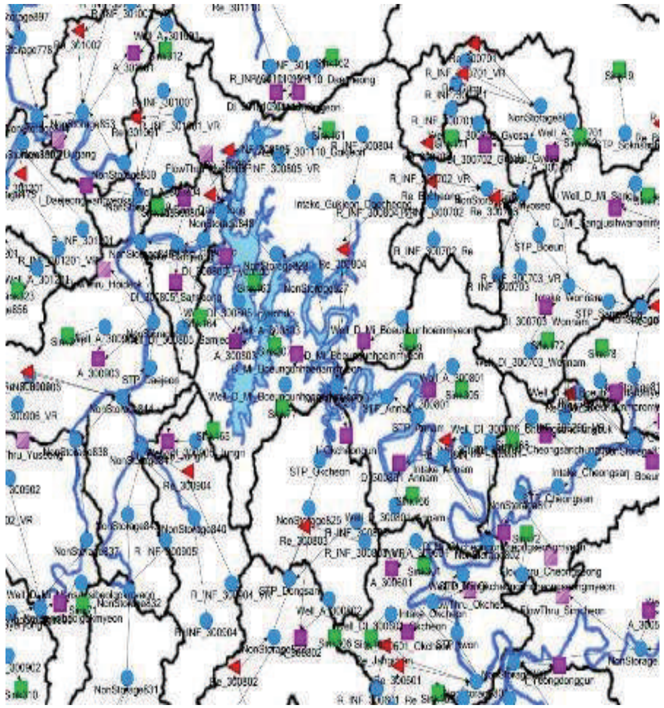
농업용수는 농업용수 반복이용 특성상 수요량의 65%를 순물소모량으로 고려

1. 용수수급 전망

➢ **물수급 분석 개요 : 네트워크 구축** 물 수급 전망 방법에 의한 물 수요-공급 네트워크의 모식도 구성

- **[물수급체계] 공급~수요처[소모] ~회귀 까지 용도별 물순환 체계 반영**
  - [생공] 읍면동별 수요량을 제1·2·3수원 취수지점에 맞춰 공급, 회귀
  - [농업] 용수구역단위로 배분하여 물수급(농저수지 구역분할) 반영





- **[모델구축] 물이용 체계[수원-취수-이용지역] 및 물 공급 시설 최대 반영**

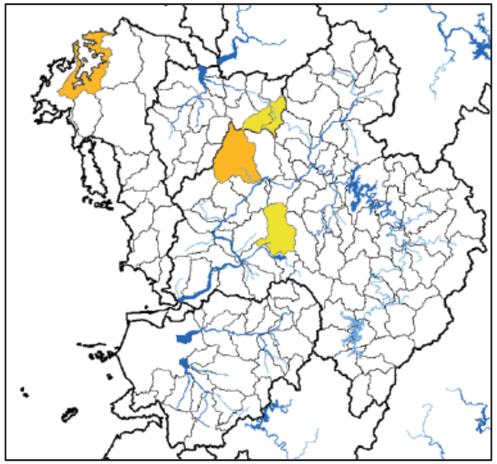
1. 용수수급 전망

➢ **물수급전망 결과 :** 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030) : 생활·공업·농업용수 결과

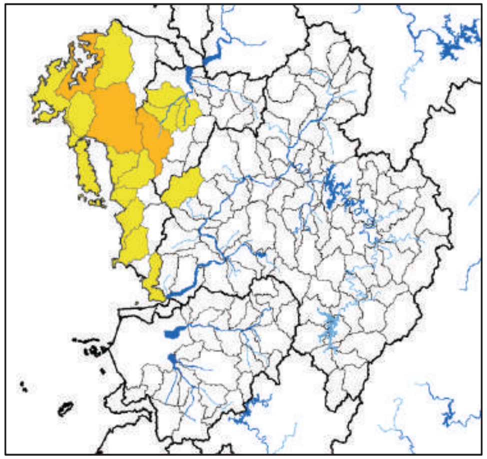
(최대 가뭄년도 : 2015년)

* 단위 : 백만m³/년

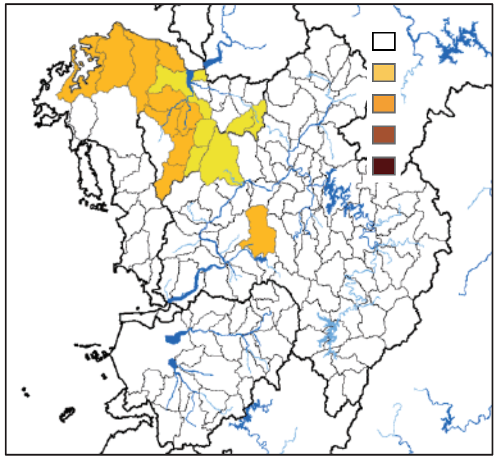
유역	10년빈도			25년빈도			과거최대가뭄		
표준유역	소계	생공	농업	소계	생공	농업	소계	생공	농업
물 부족량	7.89	-	7.89	11.15	7.86	3.29	27.7	0.07	27.64



10년빈도



25년빈도



최대가뭄년

2. 충남서부 가뭄 및 물부족 현황

기후변화 심화로 가뭄 지속, 충남서부 물사용 증가로 물부족 심화

- **(기후변화) ’13년 이후, 지속적인 강수 감소, 8년째 가뭄 지속** (가뭄 예경보제 이후 13회 경계이상 경보 발령, ’16~’21)
  - (보령댐 유입량) 설계량(125.7백만㎥) 대비 43~85% 수준으로 지속 감소 (’14년 57%, ’15년 48%, ’17년 49%, ’19년 43%)

- **(가뭄현황) ’22년 여름 강우로 보령댐 정상운영중이나, 내년 가뭄 관심단계 예상**
  - (보령댐 도수로) 가뭄 단계별로 보령댐 도수로 운영(’21.8월부터 도수로 가동)

- **(물부족 심화) 충남서부지역 광역 의존율 높고, 지속적인 수요 증가로 물부족 심화**
  - (물수급 여건) 8개 시·군 광역상수도 의존률 **90%,** 보령댐 광역상수도 공급량 포화 (98%, 8년간 18.6% 증가)

항구적 가뭄 해소 위해 기존 수원 효율적 연계·활용 및 지속가능한 대체수자원 개발 시급

3. 가뭄해소 추진방향

가뭄해소 및 지속가능한 수자원확보

선제적 가뭄대응

- ✓ (댐 최적운영) 댐 저수용량 확대, 댐·도수로 최적 운영
- ✓ (비상공급체계) 광역 시설 연계 활용, 비상급수체계 구축

효율적 수요관리

- ✓ (유수율제고) 지방(상) 현대화, SWM으로 적극적 수요관리
- ✓ (운영효율화) 수도선진화 위해 충남서부 수도통합 추진

지속가능 수자원 확보

- ✓ (광역 확충) 충남서부권 및 대청댐(Ⅲ) 광역(상) 적기추진
- ✓ (해수담수화) 대산임해해담, 온배수재이용, 신규해담 발굴
- ✓ (지하수) 지하수저류지, 대규모 관정, 나눔·안심지하수사업
- ✓ (기타) 물자족(물그릇확보), 폐지방(상)·농업용(저) 활용 등

추진과제 – (1) 가뭄 대응

도수로 최적 운영 및 저수용량 확대

도수로 최적 운영

➢ **충남 서부권 가뭄해소 협약('21.12월)에 따라 보령댐 도수로 운영기준 개선하여 선제적 가뭄 대응**

- (개선) 도수로 조기 가동 (가동 (경계 → 관심), 가동 종료 (관심 → 정상))
- (댐운영) 하천유지유량 50% 감량(주의), 농업용수 20~30% 감량(경계), 생공용수 20% 감량(심각)

보령댐 저수용량 확보

➢ **보령댐 토사 유입 등으로 저수용량 지속 감소, 저수용량 확보 대책 검토**

- 퇴적토 제거방안, 댐증고, 수위 조정방안, 도수로 운영 개선방안 등 다각적 검토

저수용량 (백만㎥)	고시('94년)	'11년 조사	'21년 조사	퇴사량 (백만㎥)	설계('91년)	'11년 조사	'21년 조사
	116.9 (100%)	97.7 (83.6%)	96.6 (82.6%)		8.2 (100%)	19.2 (234.1%)	20.3 (247.6%)

* 설계당시, 원지반 측량오차 및 설계오류 등

** 실시설계('90~'91, 충남도), 공사착공('92, 충남도), 댐사업 인수인계('94, 충남도 →K-water)

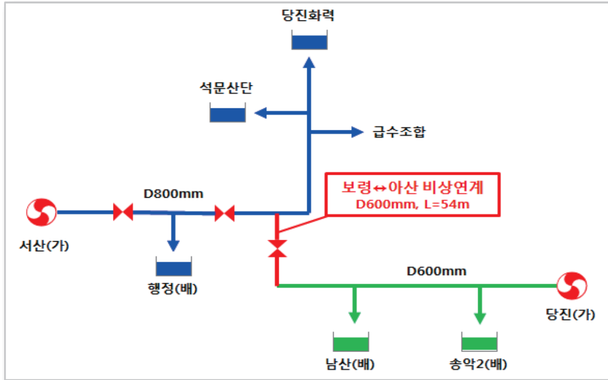
추진과제 – (1) 가뭄 대응

광역(상) 시설 연계 활용한 비상급수체계 구축, 운영

➢ **아산Ⅱ공업 – 보령댐광역 비상연계 공급체계 구축('15년)**

- 비상연계시설 (D600㎜, L=54m) 로 **21.0천㎥/일 공급가능**
- 급수지역 : 당진계통 (동서발전(당진발전소), 급수조합, 석문공단)

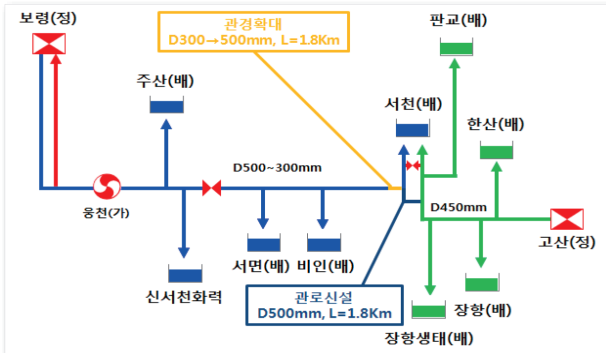
* 공급실적 : '15.9 ~ '16.3월/ '17.6 ~'17.10월까지 15천 ~ 26천㎥/일 공급,
'21.5월 아산(생활)→보령(생활): 27천㎥/일, 보령(생활)→아산(공업) : 75천㎥/일 공급



[당진계통 비상연계시설]

➢ **대청Ⅲ광역 – 보령댐광역 비상연계 공급체계 구축('21년)**

- 아산(정) 증설(71→130천㎥/일), 당진(가) 증설 등으로 여유량 활용, **9.0천㎥/일 공급가능**
- 급수지역 : 당진계통 (행정배수지)



[서천·보령계통 비상연계시설]

➢ **전주권광역 – 보령댐광역 비상연계 공급체계 구축('21년)**

- 관로신설(D500mm, L=1.8km), 관경확대(D300→500mm, L=0.5km),
- 급수지역 : 서천계통, **10천 ㎥/일 공급가능**

➢ **(충남도청 요구) 전주권-보령댐 송수관로 연계 공급방안 검토**

추진과제 – (2) 수요관리

현대화, SWM 통한 유수율 제고 등 적극적 수요관리로 보령댐 공급 부담 경감

지방상수도 현대화 적극추진

- **노후관 개량을 통한 유수율 제고로 지방상수도 광역공급량 절감 및 지방상수도 경영개선 기여**
- **1단계 현대화사업을 통해 지금까지 20% 이상 유수율 제고, 544만㎥ 물량 절감, 130억원 원가 절감**
  - * (서천) 66.1→90.4%, 171만㎥, 37억, (태안) 61.1→92.1%, 65만㎥, 38억, (홍성) 56.6 → 85.2%, 48만㎥, 11억, (예산) 52.8→82.3%, 260만㎥, 44억
- **현대화사업 완료 지자체 대상, 유수율 성과 유지 위해 전문기관 수탁관리 추진**
  - * 부여군 선도사업 모델 활용, 서천, 태안, 홍성군 대상으로 사업 제안 추진중 (홍성 상생협약('22.4))
- **(환경부) 인천적수 등 먹는물 국민불안 가중으로 시급성 감안, 2단계 현대화사업 추진**
  - * 전국 161개 지자체 대상 노후상수도시설 정비물량 및 사업비 산정, 우선순위 선정 및 성과목표 마련 등('21.5~'23.5)
  - * 1단계사업 지역 포함, 유수율 제고 이후 노후상수도 정비 확대. 전체대상 유수율 정비 및 수질개선 등

8개 시·군 전 지역 대상 선도적 2단계 추진시
총 1,082만㎥ 절감 가능*
보령댐 부담경감 및 원가 절감 등 선순환

* 2020 상수도통계 유수수량 기준(유수율 77%), 8개시군 전체 85% 이상 유수율 달성시

추진과제 – (2) 수요관리

수도통합을 통한 수도경영개선 및 물수요관리 고도화, 수원 공급능력 부담 경감

지방(상) 수도통합 추진

➢ **지방(상) 경쟁력 제고 및 차등없는 물복지 실현 위해 정부와 道주관으로 수도통합 추진**

➢ **(충남道 주관) 충남서부 시 · 군 지방상수도 통합 사업**(보령 · 서산 · 서천 · 청양 · 홍성 · 예산 · 태안)

- 충남도 물관리 혁신방안 제안('21년), 관계기관 협의회('22년), '22년 하반기 통합추진 예정
- 제도 · 재정지원 요청(행안부 · 환경부), 시범사업 건의(광역-지방 연계운영 3건 1,040억, 유수율 통합운영센터 220억)

➢ **(환경부 주관) 수도통합 법 · 제도개선 관련 용역추진 및 3개 시범사업 진행**

- 충남서부권, 대전·세종, 경남서부권

【 충남도 수도통합 추진전략(안) 】

▪ 통합방향 : 충남 서부권 지자체 유수율, SWM 등 생산-공급 단계 통합관리

- 계획, 수도 시설 감시 · 제어 통합 수행, 유수율 관리 지원, 공급단계 간소화를 통한 가정용 요금 통합

▪ 운영방안 : 통합운영 시점을 고려, 단계별 추진

- 1단계 : 서부권 유수율 공동관리 ▶ 2단계 : SWM 합동 감시제어 ▶ 3단계 : 서부권 생산 ·공급 ·요금 통합

▪ 기능재분배 : 도-시군간 업무통합을 위한 기능 재분배(관리범위) 조정

추진과제 – (3) 지속가능한 수자원확보

대청댐 배분량 활용한 광역(상) 추진으로 충남서부지역 안정적 물공급 기여

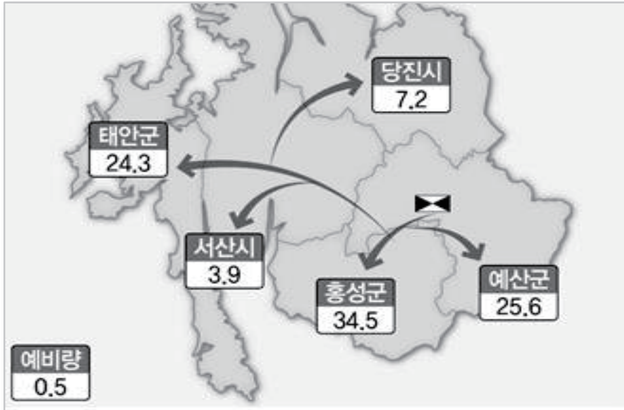
대청댐 배분량 활용, 광역(상) 추진

➢ **대청댐계통(Ⅲ) 광역상수도사업 추진**

- 취 수 원 : 대청댐, 시설용량 : **690천㎥/일**, 기간 : '11 ~ '22년
- 총사업비 : 6,656억원 (관로 131.5㎞, 취수장, 정수장 등)
- 급수지역 : 세종시, 청주시, 천안시, 아산시, 서산시, 당진시, 예산군

➢ **충남서부권 광역상수도사업 추진**

- 취 수 원 : 대청댐, 시설용량 : **96천㎥/일**, 기간 : '18 ~ '25년
- 총사업비 : 3,483억원 (관로 75.7㎞, 정수장 신설 등)
- 급수지역 : 서산시, 당진시, 홍성군, 예산군, 태안군



추진과제 – (3) 지속가능한 수자원확보

해수담수화 개발로 수원 다변화 및 충남서부 공업용수 수요 대응

해수담수화 추진

➢ **대산임해 해수담수화 사업 추진 (건설중)**

- 용량 및 기간 : **100천㎥/일**, '19 ~ '24년, 총사업비 : 2,851억원(국고30%, K-water70%)
- 급수지역 : 대산임해산업지역 4개社, 내용 : 관로 19.5㎞, 해수담수플랜트 100천㎥/일, 취수시설

➢ **임해지역 해수담수화사업 기초조사 (진행중)**

- 내용 : 임해지역 해수담수화 시설 등 관련조사, 개발가능지점 검토, 추진전략 및 개발계획 수립

* 과거 검토지역 : 태안군 (30.8천㎥/일), 금강서부권 (50.0천㎥/일), 태안 몽산리 일원 (53.0천㎥/일)

➢ **대산임해지역 온배수 재이용사업 추진(진행중)**

- 내용 : 관로 7.5㎞, 온배수재이용플랜트 **100천㎥/일** (3,121억원), 급수지역 : 대산임해산업지역 3개社

※ 물재이용법 상 '발전소 온배수' 만 명시, 온배수 정의 확대를 위해 법 개정 추진(성일종 의원, 서산·태안)

추진과제 – (3) 지속가능한 수자원확보

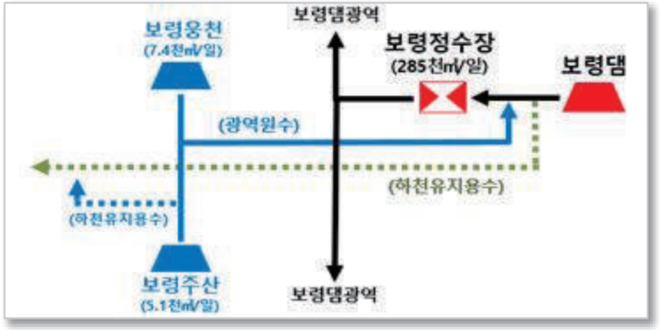
지하수저류지, 대규모관정 개발 등 물부족 지역 보조 수원으로서 지하수 적극 활용

지 하 수 활 용

➢ **보령댐 인근 지하수저류지 개발**

- (보령웅천) **7.4천m³/일,** (보령주산) **5.1천m³/일 (적지 조사)**

* **(충남도)** 지하수저류지 개발 위해 조사 용역 시행 (3억,~'23.12, 한국농어촌공사)



➢ **지하수-지표수 연계를 통한 지하수 상수원 활용 추진**

- 충청지역 지하수 상수원 활용방안 기본조사 수행('21.8 ~ '22.12)

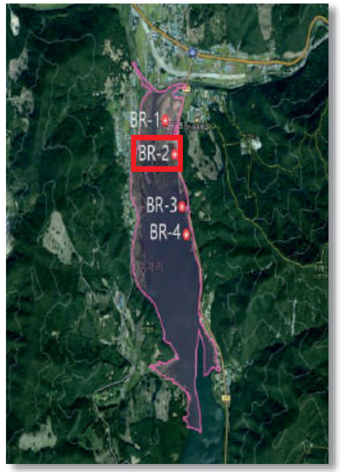
* 충남서부 지점 선정(4지점), 기존시설(보령정수장) 고려 심부지하수 착정 조사

【 조 사 결 과 】 착정위치 : 충남 보령 미산면(보령댐 저수구역내) (4월~6월)

*** K-water 1공 : 굴착깊이 450m, 추정량 약 1,200m³/일**

*** 민 간 2공 : 굴착깊이 200m, 추정량 약 1,000m³/일, 약 500m³/일**

☞ **미산면 외 개발 유망지점(성주, 외산, 웅천)에 대한 추가 착정조사 필요**



➢ **나눔·안심지하수 사업 통해 물이용 취약지역 지하수 지원체계 구축**

* 나눔지하수 사업 : 효율적 가뭄 대응 위해 마을상수도 등 공공관정 활용, 지하수 지원체계 구축('11~)

* 안심지하수 사업 : 미급수지역 등 취약계층 안전한 물환경 조성을 위해 무료 수질검사, 관정 시설개선, 마을 공용관정 개발 추진('12~)

추진과제 – (3) 지속가능한 수자원확보

가뭄 · 홍수 등 기후변화 대응, 다양한 수변가치 지역환원을 위한 적극적인 물그릇 확보

지역 물그릇 확보

➢ 충남서부 가뭄해소 및 물 자족을 위해 청양지역에 지역건의 댐 검토

→ 안정적 신규수원 확보와 함께 생태보전, 관광명소화 및 주민참여형 수상태양광 등 지역상생형 모델의 댐 건설 추진

(AS-IS) 전통적 댐건설		(TO-BE) 탄소중립 지역참여형 상생모델 추진				
용수 공급 안전한 물공급	홍수 조절 홍수피해방지	탄소 중립 감축목표 확보	신재생에너지 청정에너지 확대	통합 물환경 유역물환경 개선	Smart 댐-하천 유역전반 안전철저	주민참여형 국민체감 지역상생

< 지역건의댐 후보지 >

< 지역상생형 모델 구상(안) >

추진과제 – (3) 지속가능한 수자원확보

하수재이용, 기존시설 활용 등 적극적인 수자원 확보

시설간 비상연계

➢ 시설간 접근성, 용수공급 용이성, 연계 효율성 등 고려 **농업용저수지 → 광역수도 연계 검토**

- **(농업용(저)) 종천(4.1천m^3/일) · 청천(15.9천m^3/일) · 황락(2.6천m^3/일) → (광역(상)) 보령댐(정수장)**

하수 재이용

➢ **보령시 공공하수처리시설** 활용

보령·신보령화력발전소에 용수공급 (**10천m^3/일**, '24년 완공 예정)

- 재이용수 압송관로 D=450mm, L=8.7km

폐지방수원 비상활용

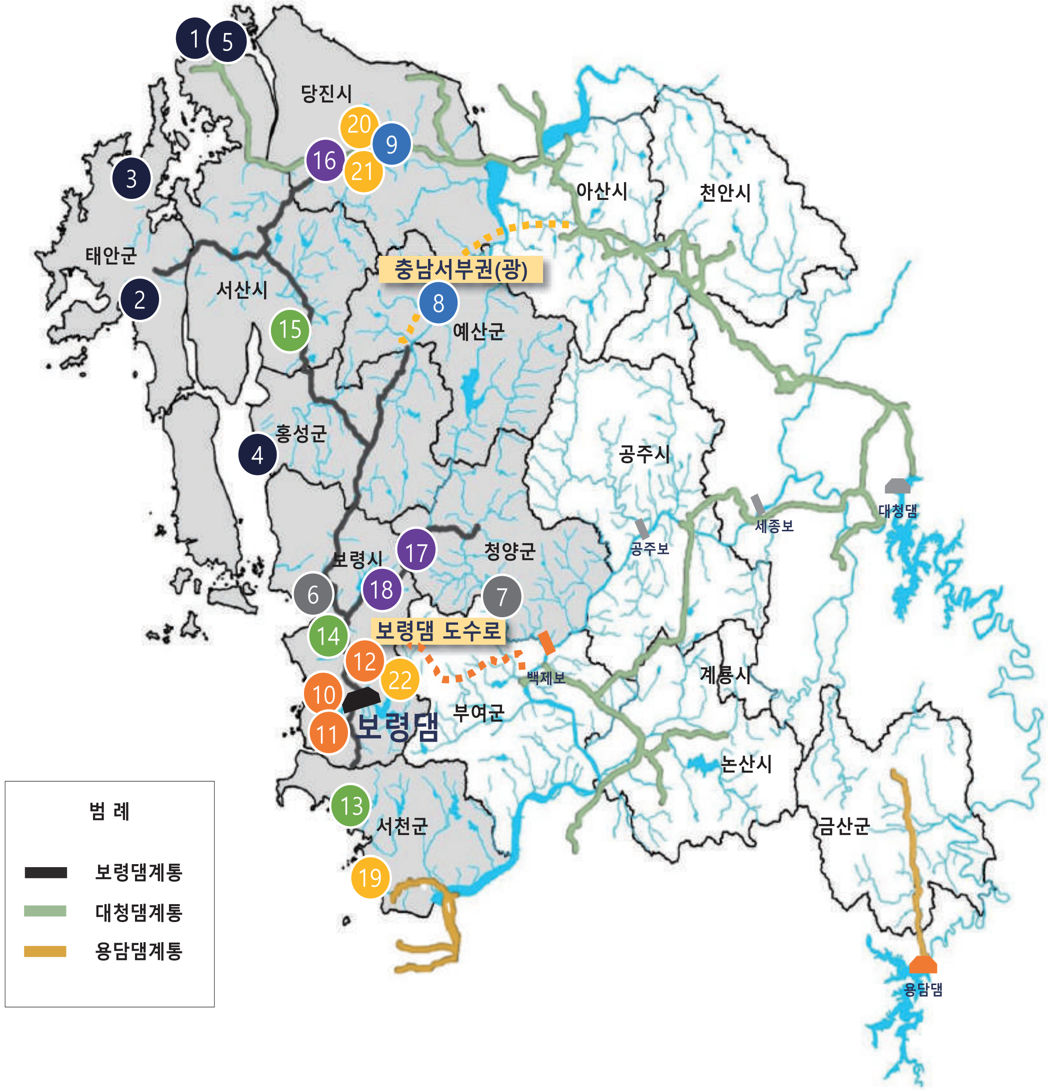
➢ **폐쇄된 지방상수도 활용하여 보조수원의 비상용수 공급원으로 활용**

- 시설현황 및 수량 검토 시 복원가능시설 3개소(청라, 용연, 청양 14천㎥/일)

충남서부 가뭄대책

1. 대산임해 해수담수화 사업(진행중, 100천㎥/일)	해수담수화
2. 태안군 몽산리 일원 해수담수화 개발 (53천㎥/일)	해수담수화
3. 태안군 해수담수화 개발 (30.80천㎥/일)	해수담수화
4. 금강서부권 해수담수화 개발 (50천㎥/일)	해수담수화
5. 온배수재이용 사업(10천㎥/일)	해수담수화
6. 하수처리수 재이용 (진행중, 10천㎥/일)	하수재이용
7. 물그릇확보(지역건의 댐) (73천㎥/일)	신규수원
8. 충남서부권 광역상수도 사업(진행중, 96천㎥/일)	신규광역(상)
9. 대청댐계통(Ⅲ) 광역상수도 사업(완료, 690천㎥/일)	신규광역(상)
10. 보령웅천 지하수저류지 개발 (7.4천㎥/일)	지하수활용
11. 보령주산 지하수저류지 개발 (5.1천㎥/일)	지하수활용
12. 지하수 상수원(보령) (약 1.2천㎥/일)	지하수활용
13. 농업용 저수지 활용(종천)	연계운영
14. 농업용 저수지 활용(청천)	연계운영
15. 농업용 저수지 활용(황락)	연계운영
16. 당진(용연) 폐쇄지방상수도 복원 (8.90천㎥/일)	비상활용
17. 청양(청양) 폐쇄지방상수도 복원 (4천㎥/일)	비상활용
18. 보령(청라) 폐쇄지방상수도 복원 (1.20천㎥/일)	비상활용
19. 광역 비상연계(보령-서천) (완료, 10천㎥/일)	비상연계
20. 광역 비상연계(보령-아산) (완료, 50천㎥/일)	비상연계
21. 광역비상연계(보령-대청Ⅲ) (완료, 9천 ㎥/일)	비상연계
22. 광역 비상연계(보령-전주) (추가검토 필요)	비상연계
23. 현대화 및 지방(상) 수도통합 추진(진행중)	

*진하게: 완료 or 진행중사업



감 사 합 니 다.

용담호 소유역별 비점오염원관리 및 저감대책방안 수립 연구

전북대학교 곽동희 교수

금강수계 통합물관리 추진방향 설정을 위한 세미나

용담호 소유역별 비점오염관리 및 저감대책방안 수립 연구

2022. 10. 19

전북대학교 바이오융합과학과 (환경전공) 교수 곽 동 희

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

CONTENTS

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

Chapter 1

1. 연구 개요

1.1 연구 배경 및 목적
1.2 연구 내용 및 범위
1.3 연구 추진체계 및 전략

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

1.1 연구 배경 및 목적

CHALLENGE

NONPOINT SOURCE

- 용담호 유역은 산림지역이 71.1%를 차지하며, 2020년 오염배출부하량 중 비점이 차지하는 비율이 94%로 전망됨에 따라 비점오염원에 대한 관리의 필요성이 요구됨

비점오염 배출관리

GOVERNANCE

- 용담호의 수질 관리는 전북도, 진안군, 주민단체, 한국수자원공사가 2005년 협약을 체결하여 자율관리 체제로 관리 중이며, 유역오염원 저감방안 마련에 대한 지역사회의 적극적인 요구가 있음

자율관리 강화요구

EUROPHICATION

- 정체 수역에서 외부로부터 영양염의 유입은 조류의 폭발적인 성장에 의한 녹조현상을 발생, 용담호의 경우에도 최근 녹조현상이 지속적으로 발생하는 것으로 보고됨

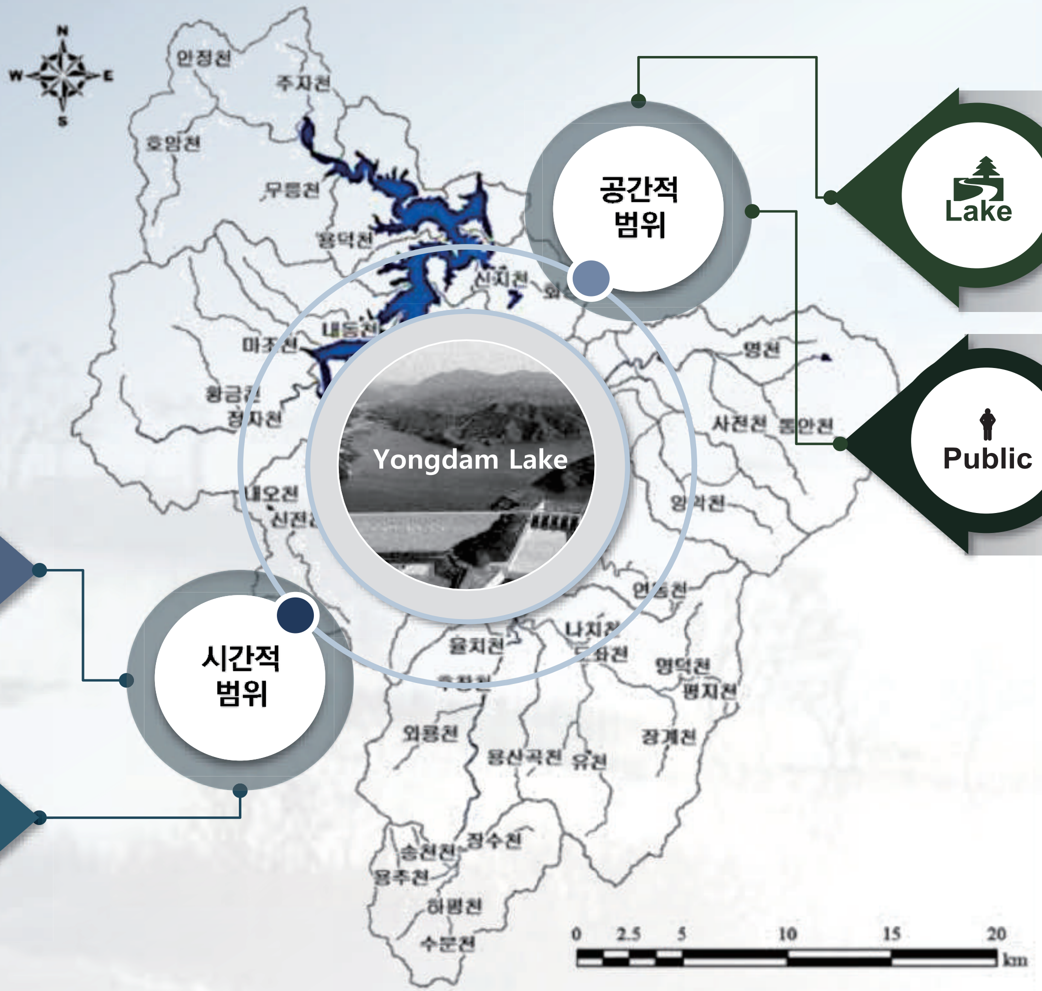
녹조현상 발생우려

OBJECTIVES

- 본 연구는 용담호 유역의 비점오염물질의 유출 및 발생현황을 조사하고, 비점오염원 관리를 위한 소유역별 우선순위를 선정하여 유역별 특성에 맞는 관리대책을 마련하고자 함

1.2 연구 내용 및 범위

전북대학교



공간적 범위

Lake

Watershed

- 용담호유역 930㎢

Public

Local Governments

- 진안군
- 장수군
- 무주군

시간적 범위

2020

Year 2020

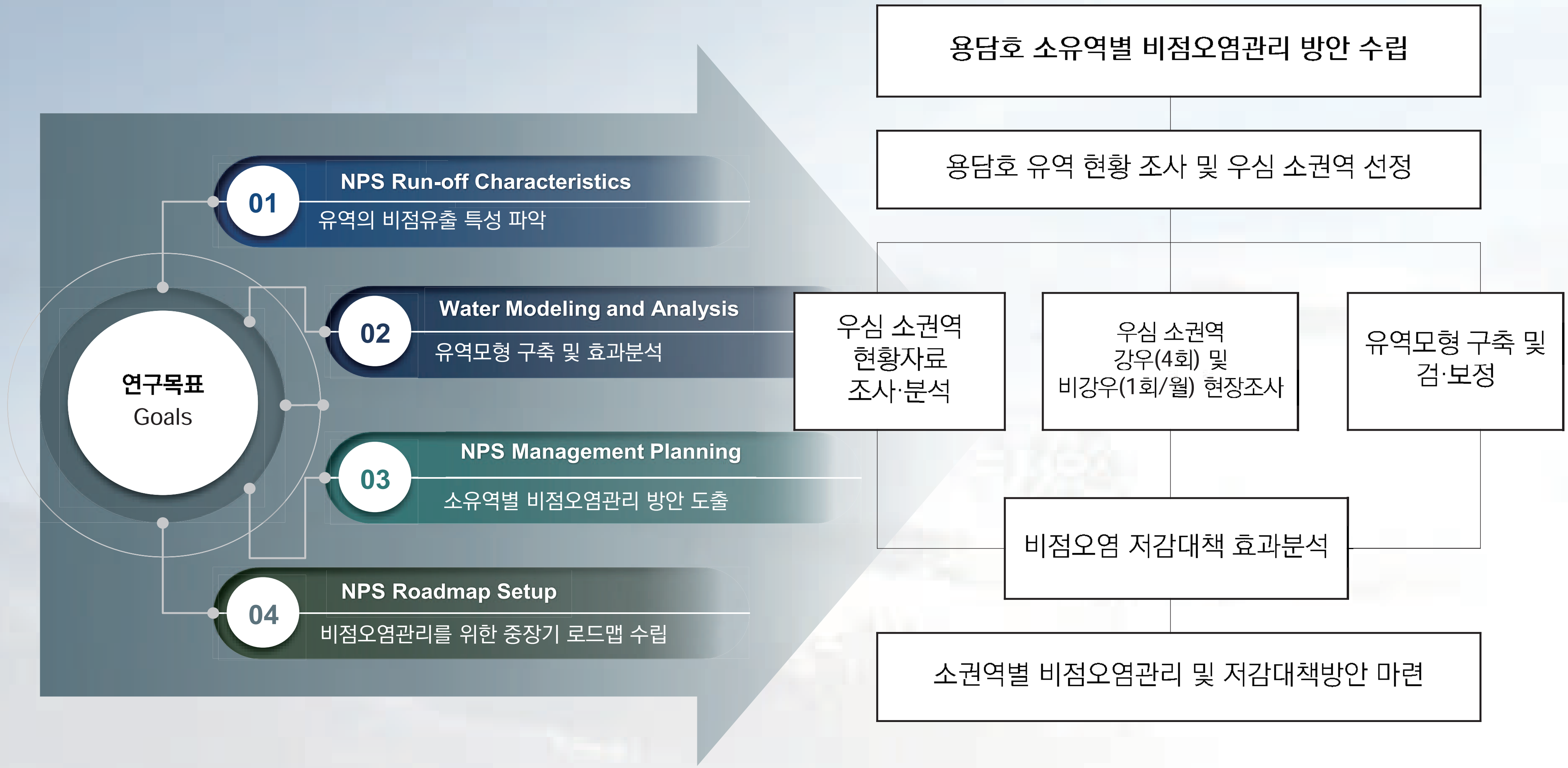
- 2020.6~2021.4

2021

Year 2021

- 2021.4~2022.2

1.3 연구 추진체계 및 전략



Chapter 2

2. 대상 지역의 선정

2.1 용담댐 중권역 현황
2.2 조사대상 우심 소권역 선정

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

2.1 용담댐 중권역 현황

용담댐 중권역 현황

- 용담댐 중권역 현황
  - 총 8개 소권역으로 구분
  - 주자천, 정자천, 용담댐, 구량천, 진안천, 진안천합류후, 장계천, 장계천합류후

소권역명	분할지점	유역면적(㎢)	지자체
		930.43	
구량천	구량천-구량천하구	172.38	무주군, 장수군, 진안군
용담댐	진안천하구-용담댐	84.88	진안군
장계천	장계천-장계천하구	114.42	장수군
장계천합류후	금강-장계천합류후	116.54	장수군
정자천	정자천-정자천하구	143.54	진안군
주자천	주자천-주자천하구	126.72	진안군
진안천	진안천-진안천하구	89.34	진안군
진안천합류후	장계천합류후-진안천합류후	82.61	장수군, 진안군

<용담댐 소권역>

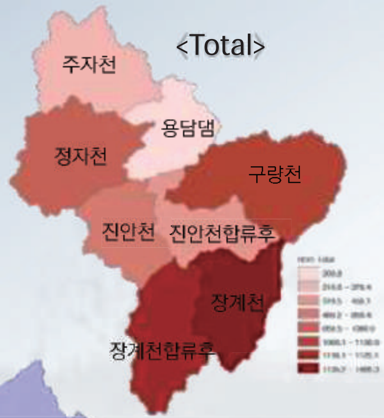
자료: 새만금지방환경청, 2018. 용담댐 중권역 물환경관리계획 수립 연구

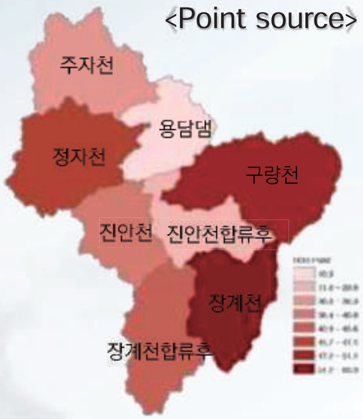
2.2 조사대상 우심 소권역 선정

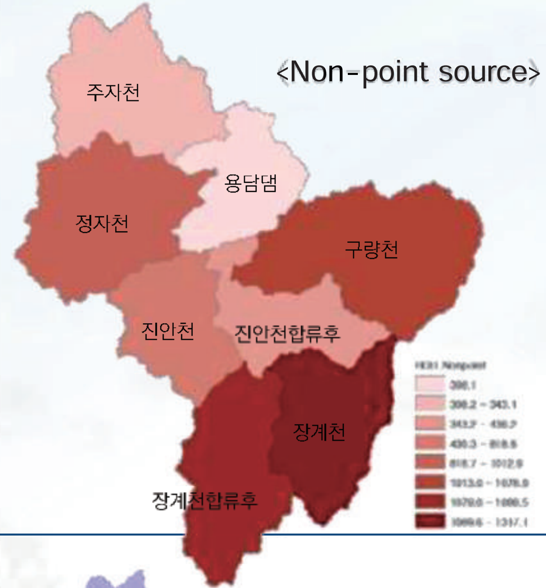
전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

용담댐 소권역별 오염물질 배출부하량

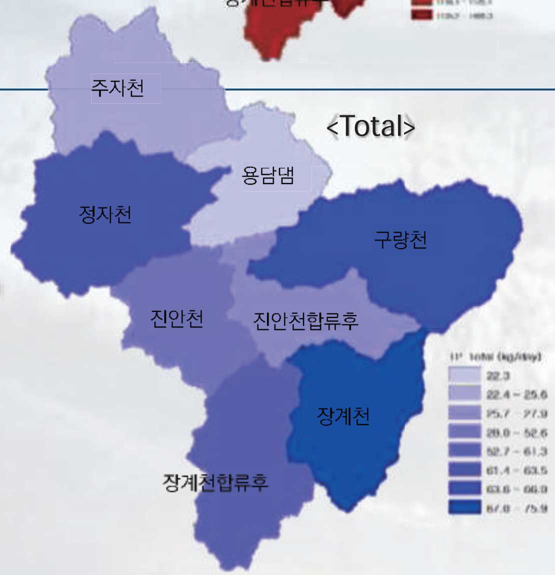
BOD

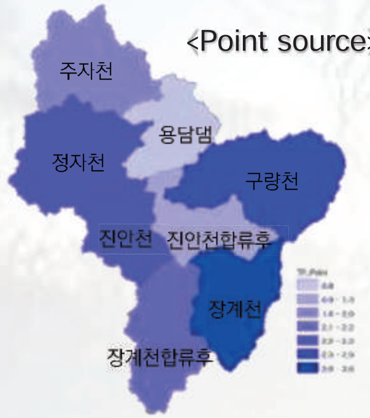


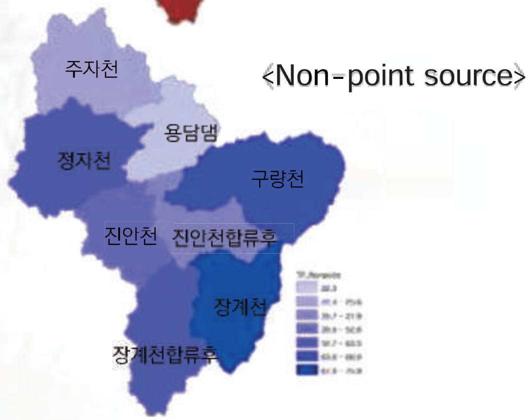




T-P



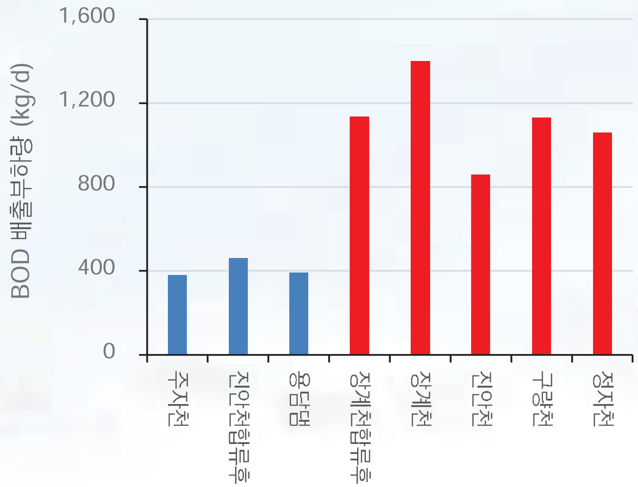


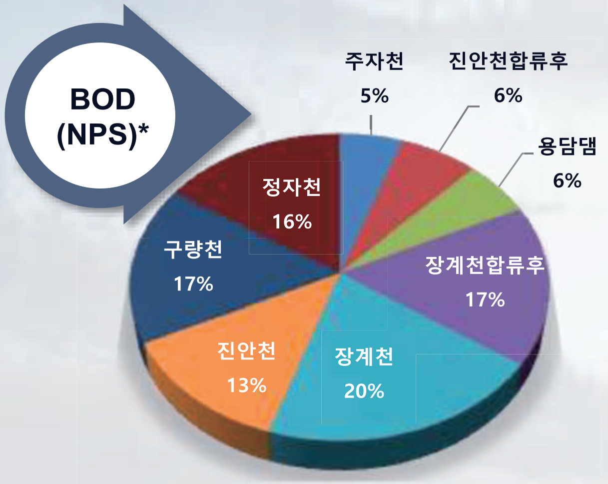


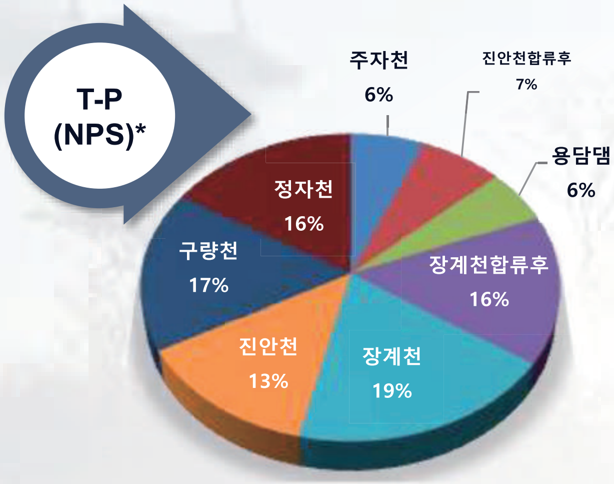
2.2 조사대상 우심 소권역 선정

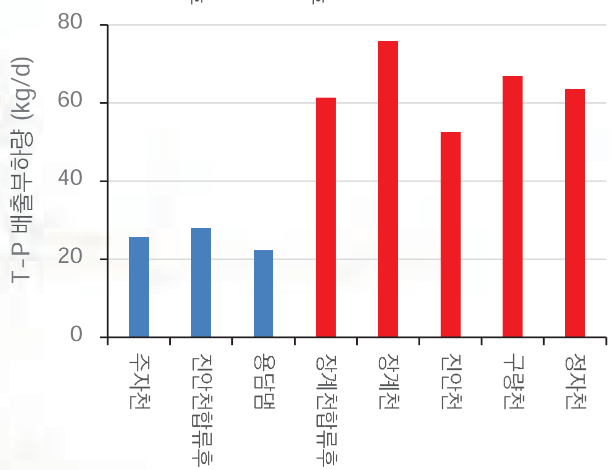
용담댐 소권역별 배출부하량

- 용담댐 소권역별 오염물질배출부하량 분석
  - BOD 총배출부하량:
    장계천 〉 장계천합류후 〉 구량천 〉 정자천 〉 진안천 〉 진안천합류후 〉 용담댐 〉 주자천
  - T-P 총배출부하량:
    장계천 〉 구량천 〉 정자천 〉 장계천합류후 〉 진안천 〉 진안천합류후 〉 주자천 〉 용담댐









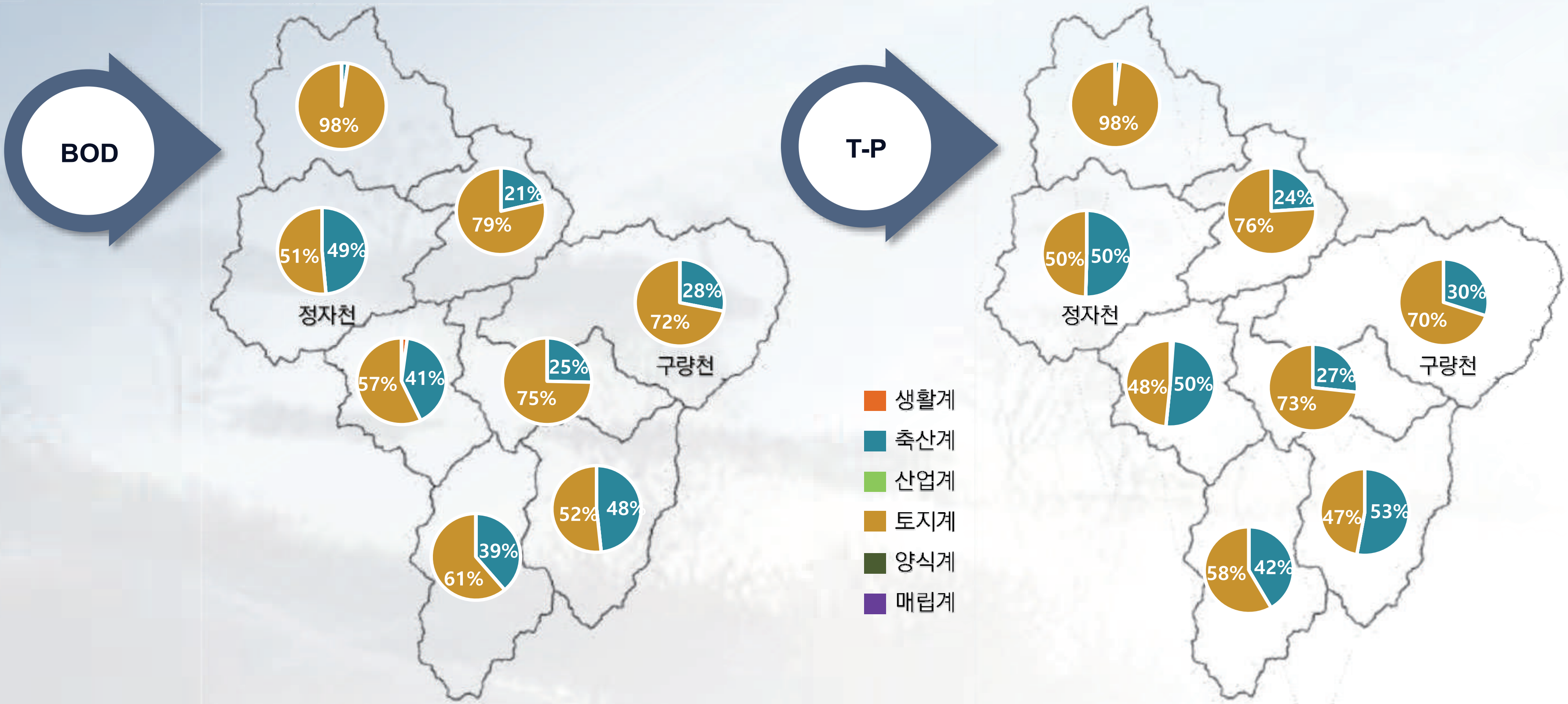
* NPS : Non-Point Source

2.2 조사대상 우심 소권역 선정

전북대학교

용담댐 소권역별 오염원별 배출부하량

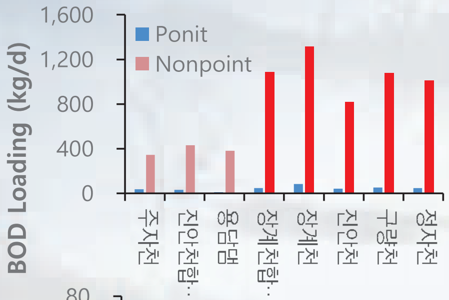
• 오염부하량이 큰 지역은 대부분 축산계 구성비율이 높음

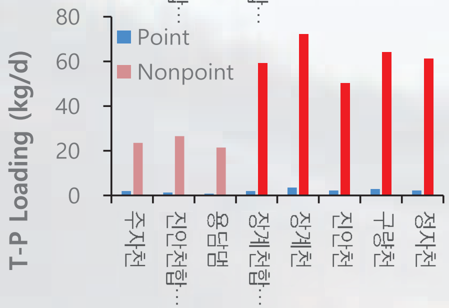


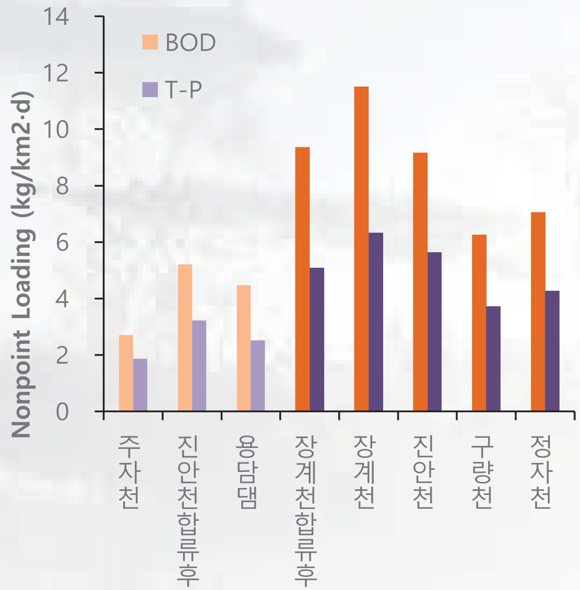
2.2 조사대상 우심 소권역 선정

조사대상 우심 소권역 선정

- 용담댐 소권역별 오염물질 **비점배출부하량** 분석
  - BOD, T-P 비점배출부하량:
    장계천 〉 장계천합류후 〉 구량천 〉 정자천 〉 진안천 〉 진안천합류후 〉 주자천 〉 용담댐
  - BOD, T-P 단위 면적당 비점배출부하량:
    장계천 〉 장계천합류후 〉 진안천 〉 정자천 〉 구량천 〉 진안천합류후 〉 용담댐 〉 주자천







Chapter 3

3. 대상지역 유역 현황 분석

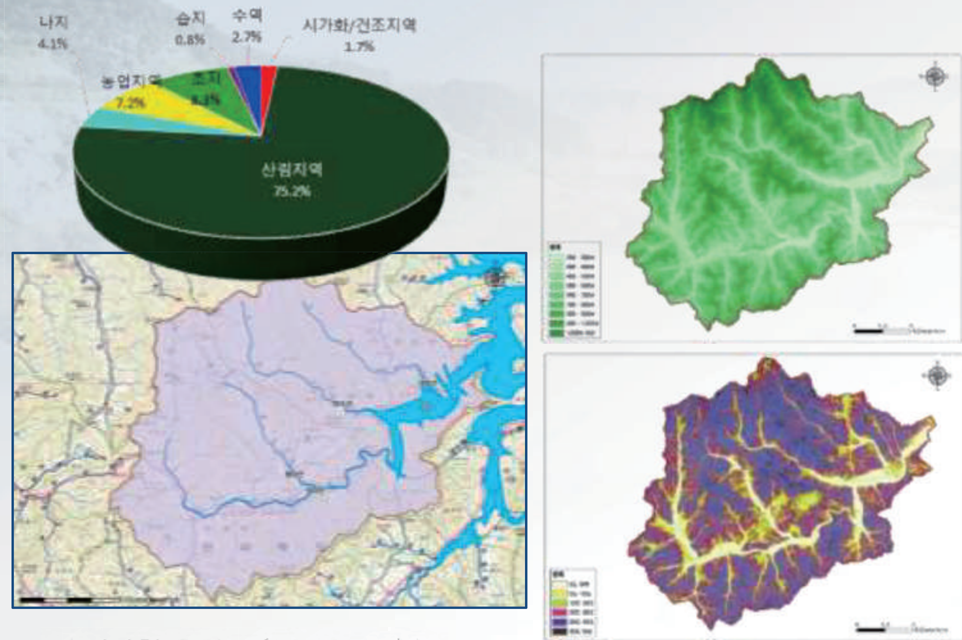
전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

3.1 소권역 일반 현황

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

정자천 유역

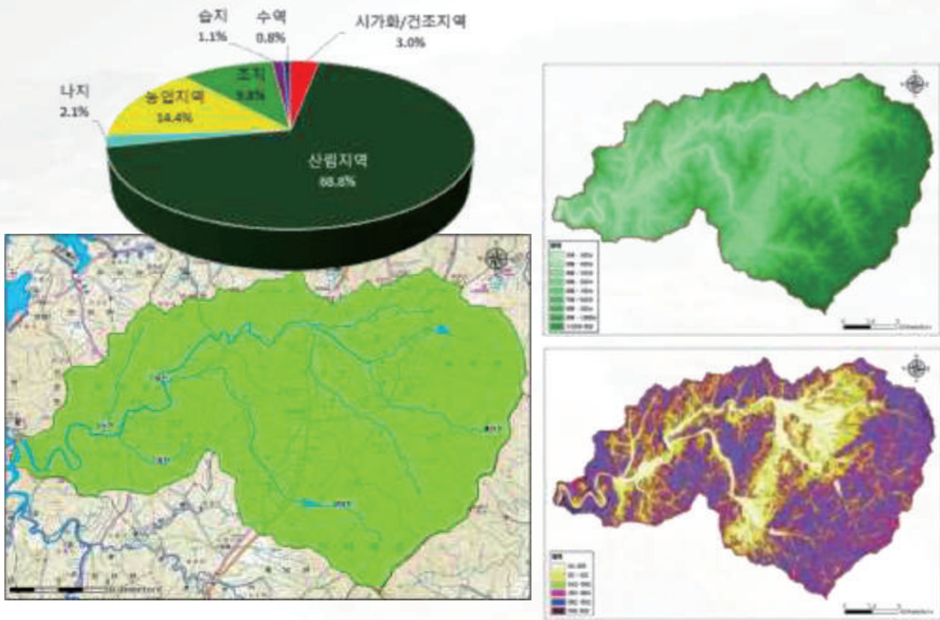
- 행정구역: 1개군,11개리(진안군)
- 유역면적 : 143.23㎢
- 토지이용 : 산림 75.2%, 농업지역 7.2%
- 하천현황 : 지방하천 4개소, 소하천 30개소
- 표고분석: 최소 250m, 최대 1,100m(평균 470m)
- 경사분석: 최소 0도 최대 40.8도 (평균 25.2도)
- 급경사지 및 절험준지 70.6% 차지함



< 정자천 유역도 (143.23 ㎢) >

구량천 유역

- 행정구역: 3개군, 18개리(진안군, 장수군, 무주군)
- 유역면적 : 172.38㎢
- 토지이용 : 산림 68.8%, 농업지역 14.2%
- 하천현황 : 지방하천 7개소, 소하천 62개
- 표고분석: 최소 255m, 최대 1,586m(평균 630.4m)
- 경사분석: 최소 0도, 최대 88.77도 (평균 22.24도)
- 급경사지 및 절험준지가 60.1%를 차지함.



< 구량천 유역 (172.38 ㎢) >

3.1 소권역 일반 현황

전북대학교

진안천 유역

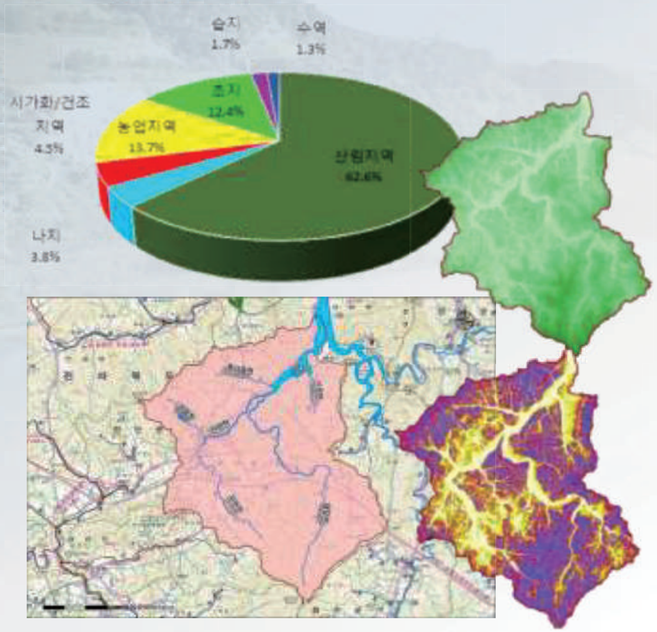
- 행정구역: 1개군,12개리(진안군)
- 유역면적 : 89.3㎢
- 토지이용 : 산림 62.6%, 농업지역 13.7%
- 하천현황 : 지방하천 5개소, 소하천 25개소
- 표고분석: 최소 255m, 최대 1,040m(평균 415m)
- 경사분석: 최소 0도, 최대 74도 (평균 21도)
- 급경사지 및 절험준지가 77.8%를 차지함

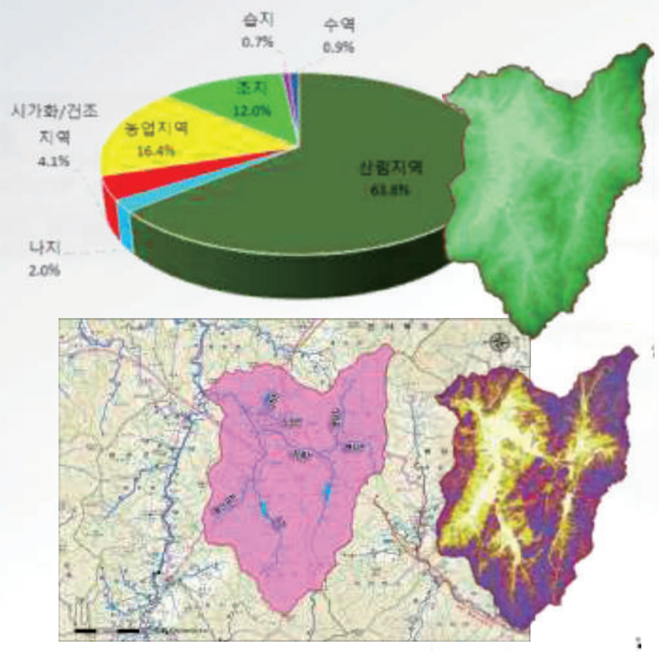
장계천 유역

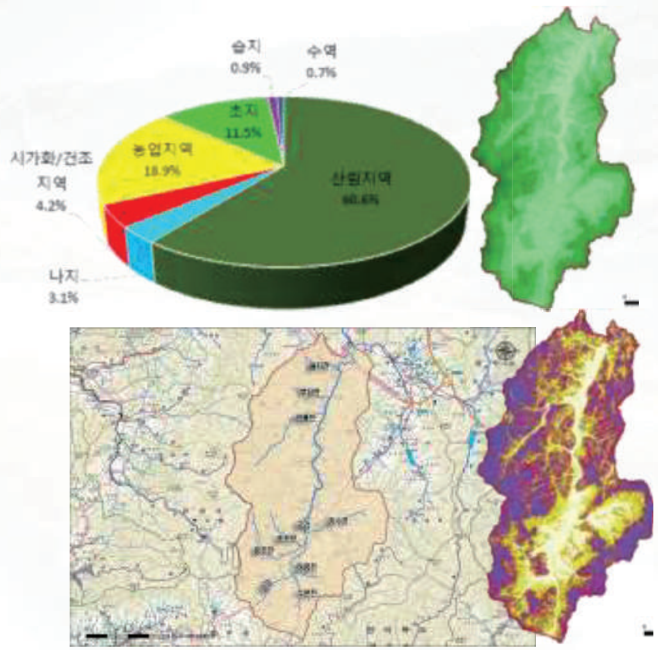
- 행정구역: 1개군,19개리(장수군)
- 유역면적 : 114.42㎢
- 토지이용 : 산림 63.8%, 농업지역 16.4%
- 하천현황 : 지방하천 7개소, 소하천 44개소
- 표고분석: 최소 310m, 최대 1,500m(평균 570m)
- 경사분석: 최소 0도, 최대 65도 (평균 21도)
- 급경사지 및 절험준지가 76.1%를 차지함

장계천합류후 유역

- 행정구역: 1개군,18개리(장수군)
- 유역면적 : 116.54㎢
- 토지이용 : 산림 60.6%, 농업지역 18.9%
- 하천현황 : 지방하천 9개소, 소하천 40개소
- 표고분석: 최소 310m, 최대 1,100m(평균 560m)
- 경사분석: 최소 0도, 최대 62도 (평균 20도)
- 급경사지 및 절험준지가 44.7%를 차지함





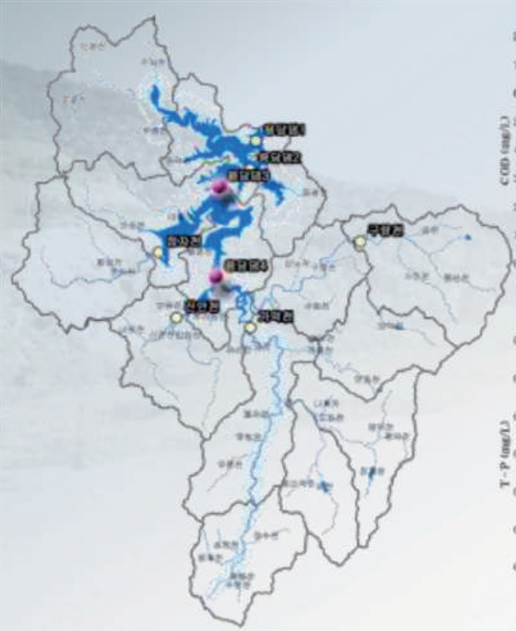


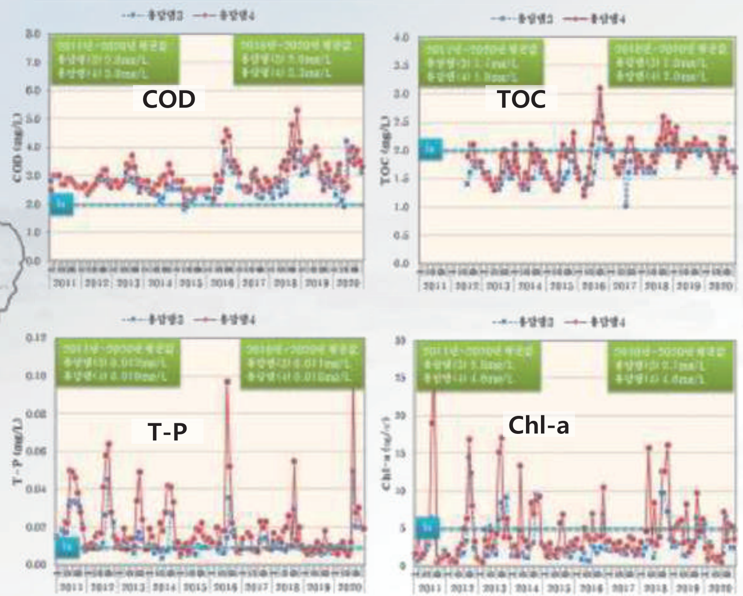
3.2 수질 현황

전북대학교

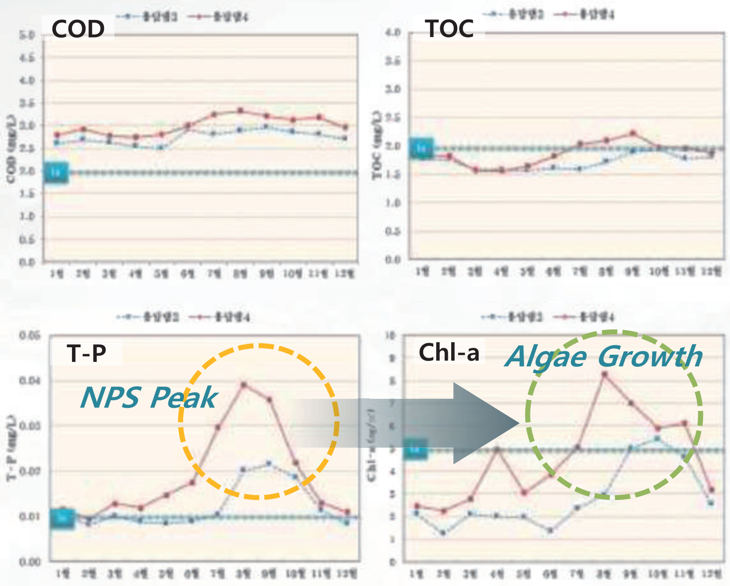
용담호(용담댐3, 4) 수질현황(2011.1~2020.12)

- (최근 5년간 평균) 용담댐3 지점 TOC, T-P, Chl-a 매우좋음(Ia), 용담댐4 지점 TOC, T-P 매우좋음(Ia), Chl-a 좋음(Ib)
- 월별 수질 변화 : T-P와 Chl-a는 하계와 추계에 급격한 증가를 보이며, T-P 증가 이후 Chl-a 증가하는 특징을 보임





〈연도별 변화〉



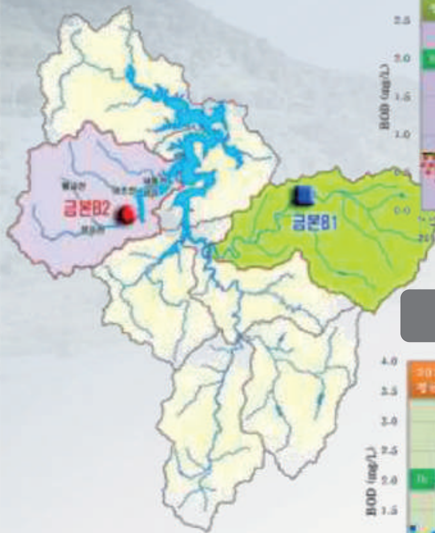
〈월별 변화〉

자료: 물환경정보시스템

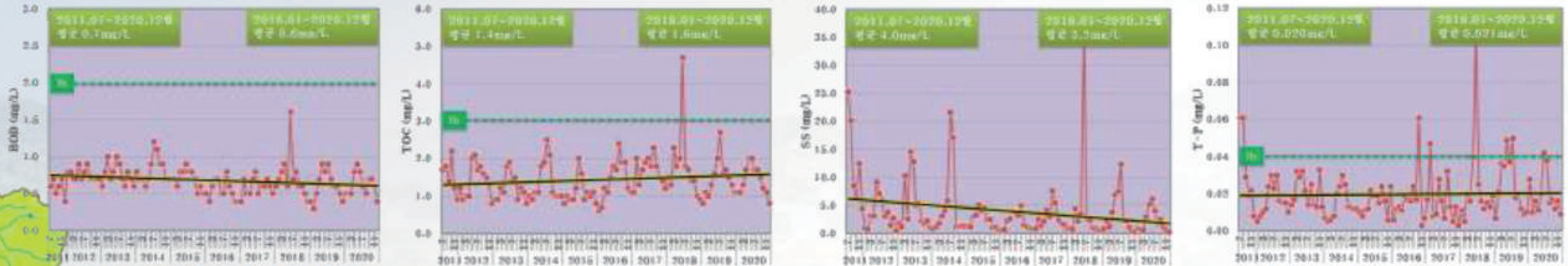
3.2 수질 현황

정자천, 구량천 연도별 수질현황

- 정자천(금본B2) 최근 5년간 평균 : BOD, TOC 매우좋음(Ia), T-P 좋음(Ib)
- 구량천(금본B1) 최근 5년간 평균 : BOD 매우좋음(Ia), TOC, T-P 좋음(Ib)

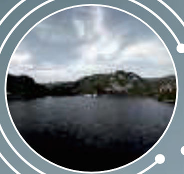


정자천 유역



구량천 유역

기간: 2011.7~2020.12

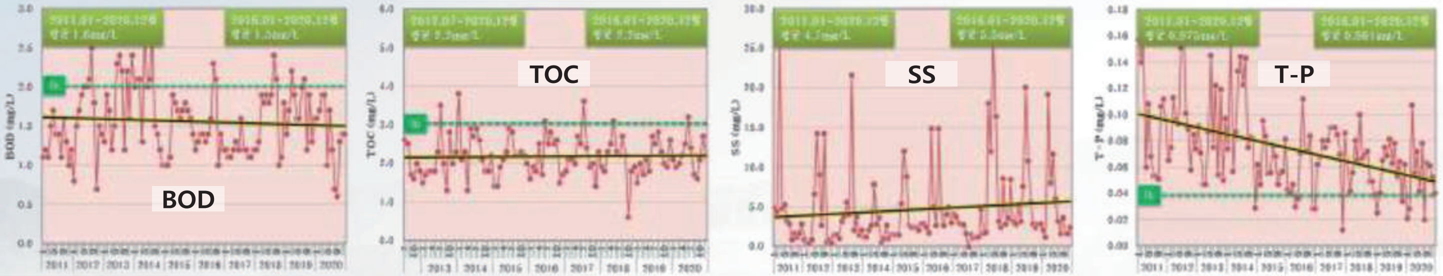


3.2 수질 현황

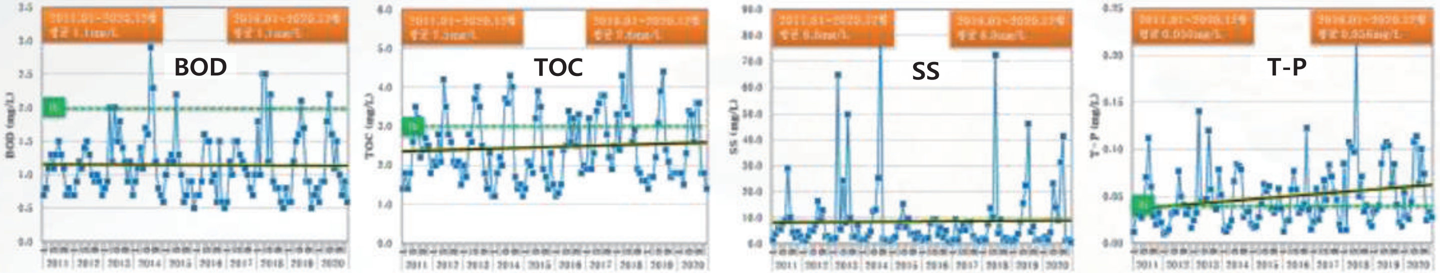
진안천, 가막 지점 연도별 수질현황

- 진안천 지점 최근 5년간 평균 : BOD, TOC 좋음(Ib), T-P 약간좋음(II)
- 가막(금본A) 지점 최근 5년간 평균 : BOD, TOC 좋음(Ib), T-P 약간좋음(II)

진안천 유역



가막 지점



기간: 2011.7~2020.12

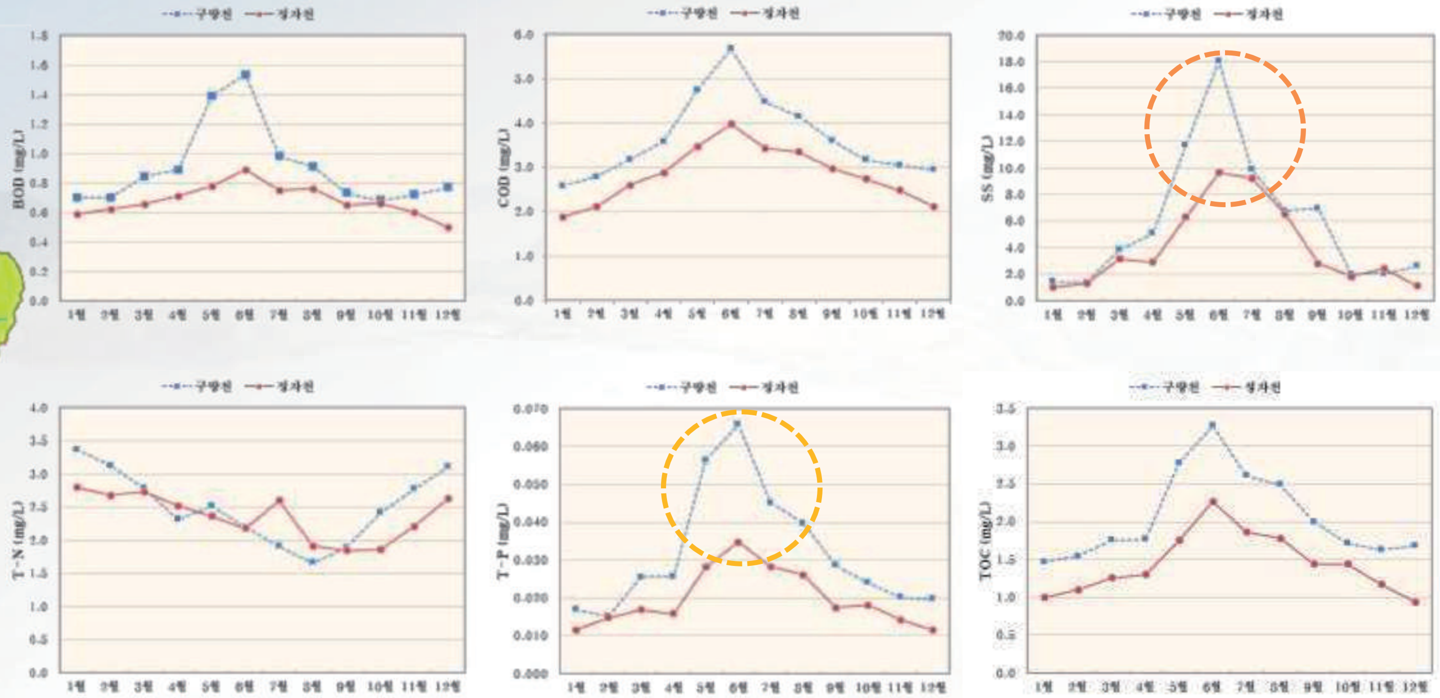
자료: 물환경정보시스템

3.2 수질 현황

전북대학교

정자천 구량천 월별 수질변화 추이

- 정자천과 구량천 BOD, COD, T-P, TOC 월별 수질변화 추이는 유사함(5~7월 최대)
- T-N는 하계에 낮고 동계에 높은 특징을 보임



자료: 물환경정보시스템

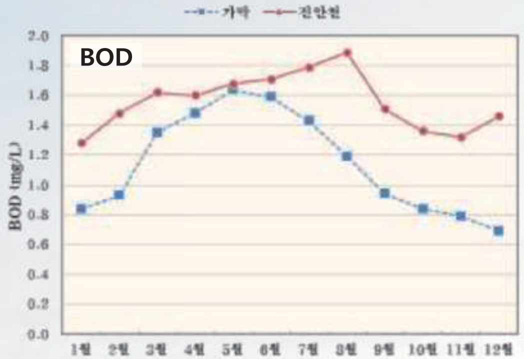
기간: 2011.7~2020.12

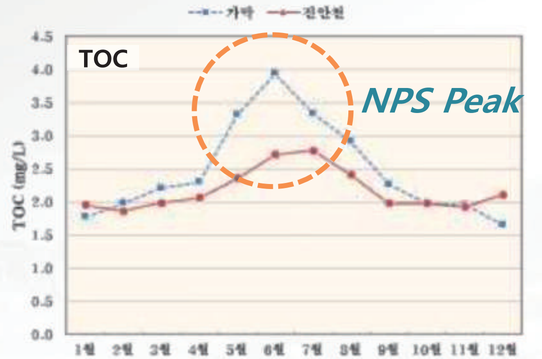
전북대학교

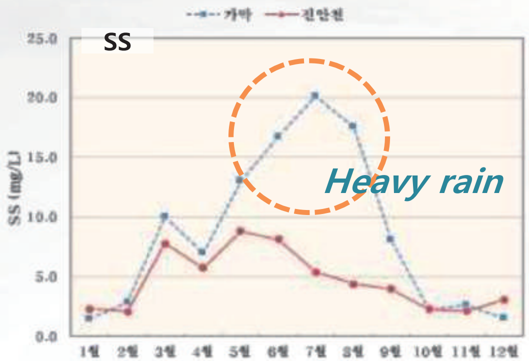
3.2 수질 현황

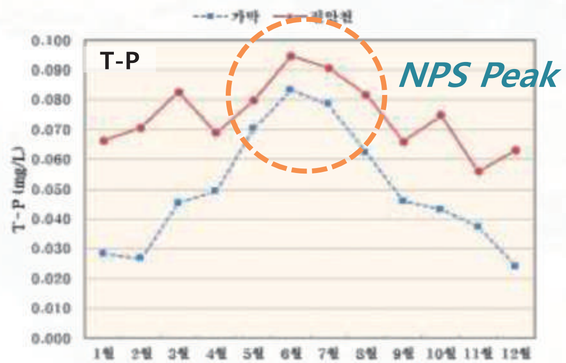
진안천, 가막 지점 월별 수질변화 추이

- 진안천과 가막 지점의 BOD, COD, T-P, TOC 월별 수질변화 추이는 유사함(5~7월 최대)
- T-N는 하계에 낮고 동계에 높은 특징을 보임



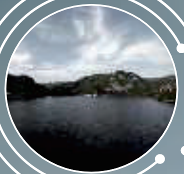






기간: 2011.7~2020.12

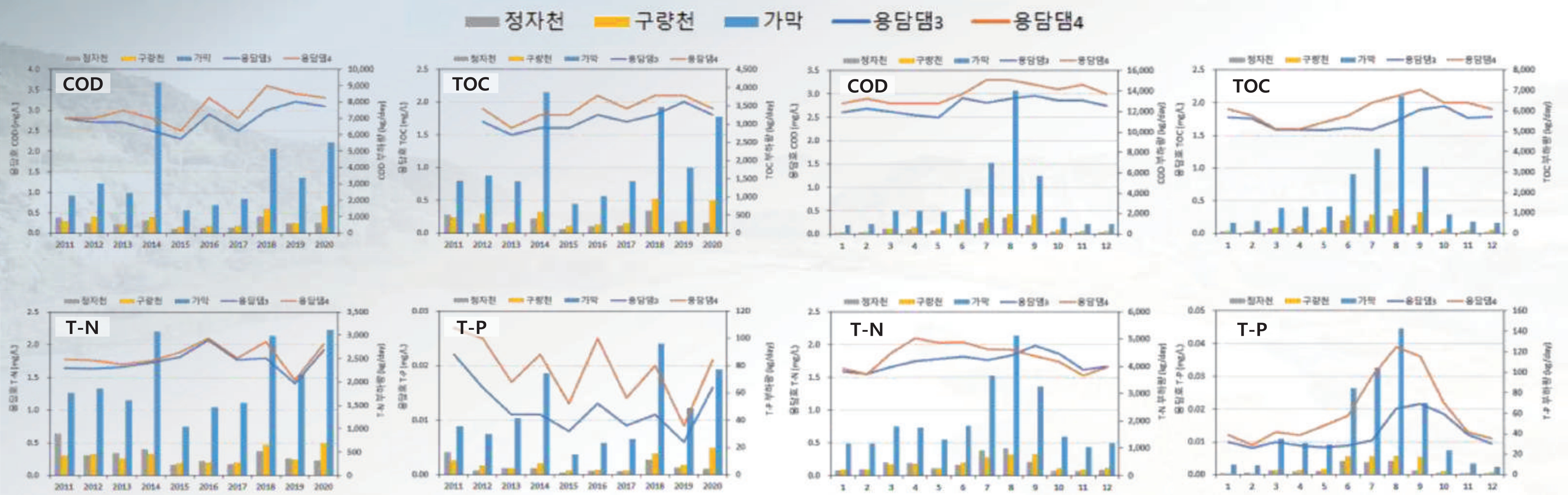
자료: 물환경정보시스템



3.2 수질 현황

용담호 수질과 하천 유입부하량의 상관성

- 용담호 COD, TOC, T-N의 농도는 정자천, 구량천, 가막 지점의 COD, TOC, T-N의 부하량 변화에 민간하게 반응하지 않음
- 용담호 T-P의 농도는 하천의 T-P 부하량과 유사한 분포를 보였으며, 특히 가막 지점의 T-P 부하량과 상관성이 높음



〈연도별 변화〉 〈월별 변화〉

자료: 물환경정보시스템

3.3 수생태 현황

전북대학교

소권역별 수생태 현황

정자천 유역

- 부착돌말류: 정자천B1,B2지점 A~B 등급
  활궁천(황금천) 지점 D등급(나쁨)
- 무척추동물: 전반적으로 A~B등급
- 어류: 정자천B1,B2지점 A등급
  활궁천(황금천)지점 C등급
- 서식및 수변환경: 전체 C등급(보통)

구 분	생물지수						하천현황		비 고
	부착 돌말류 (TDI)		저서성대형 무척추동물 (BMI)		어류 (FAI)		식생 (HRI)	서식및 수변환경 (RVI)	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	1차	
B정자천B1	B	A	A	A	A	A	-	C	2017
B정자천B2	A	B	A	A	C	C	A	C	2019
B활궁천	C	D	A	B	A	A	A	C	2018

자료: 물환경정보시스템

구량천 유역

- 부착돌말류: 전반적으로 B~C 등급
  구량천B1 지점은 전반기 B등급에서 D등급 변화
  구량천B2 지점은 전반기 D등급에 C등급 변화
- 무척추동물: 전체 A등급
- 어류: 전반적으로 A~C등급
- 서식및 수변환경: 전반적으로 A~C등급

구 분	생물지수						하천현황		비 고
	부착 돌말류 (TDI)		저서성대형 무척추동물 (BMI)		어류 (FAI)		식생 (HRI)	서식및 수변환경 (RVI)	
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	1차	
B구량천B1	B	D	A	A	A	A	-	C	2017
B구량천B2	D	C	A	A	B	B		A	2019
B구량천B3	B	B	A	A	B	A	B	B	2017
B구량천B4	B	B	A	A	B	C	C	B	2018

3.3 수생태 현황

소권역별 수생태 현황

진안천 유역

구 분	생물지수						비 고
	부착 돌말류 (TDI)		저서성대형 무척추동물 (BMI)		어류 (FAI)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
B신전천B1	C	D	B	B	B	A	2020
B신전천B2	C	D	C	C	B	B	2020
B내오천	C	B	B	C	B	B	2018
B진안천1	B	B	B	B	B	B	2019
B진안천2	B	C	C	E	C	E	2018

장계천 유역

구 분	생물지수						비 고
	부착 돌말류 (TDI)		저서성대형 무척추동물 (BMI)		어류 (FAI)		
	1차	2차	1차	2차	1 차	2차	
B장계천B1	B	D	A	B	B	A	2018
B장계천B2	D	C	B	B	B	B	2019
B유 천B	E	D	A	A	A	A	2020

장계천합류후 유역

구 분	생물지수						비 고
	부착 돌말류 (TDI)		저서성대형 무척추동물 (BMI)		어류 (FAI)		
	1차	2차	1차	2차	1차	2차	
B금강1	C	C	A	B	A	B	2019
B금강2	C	B	A	A	B	B	2018
B금강3	D	C	A	B	B	A	2020
B와룡천A	B	B	B	B	B	A	2020
B장수천B	C	C	B	C	B	C	2019

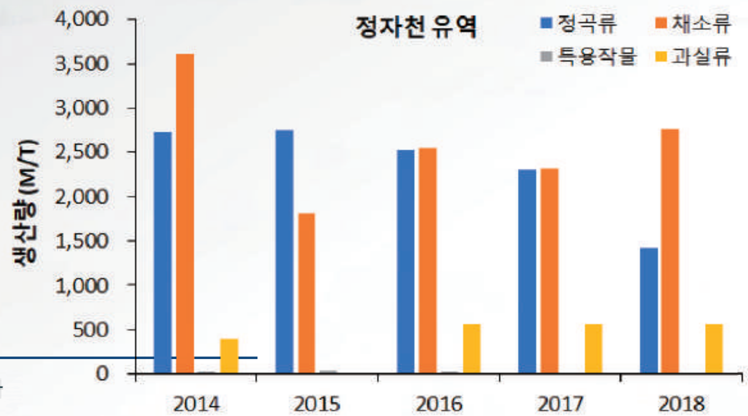
자료: 물환경정보시스템

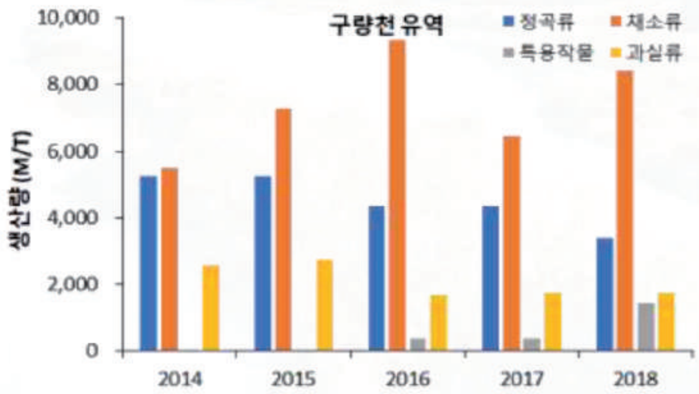
3.4 농업 및 축산 현황

전북대학교

정자천, 구량천 현황

구분	정자천	구량천
농업생산량 ('14년~'18년)	• 정곡류, 채소류, 특용작물, 과실류 생산량: 4,745 M/T('18년), '14년 대비 '18년 29.7% 감소 • '18년 정곡류 29.9%, 채소류 58.0%, 특용작물 0.3%, 과실류 11.7%	• 정곡류, 채소류, 특용작물, 과실류 생산량: 14,973 M/T('18년), '14년 대비 '18년 12.4% 증가 • '18년 정곡류 22.6%, 채소류 56.1%, 특용작물 9.6%, 과실류 11.7%
가축사육두수 ('14년~'18년)	• '14년 대비 '18년: 한우 16.4%, 개 315.5%, 산양 210.5% 증가 돼지 100%, 마필 100%, 사슴 77.5%, 가금 14.2% 감소	• '14년 대비 '18년: 개 24,783%, 산양 40.6%, 사슴 25% 증가 한우 14.0%, 젖소 2.4%, 돼지 33.7%, 가금 77.2% 감소
가축분뇨 처리 ('18년)	• 폐수처리: 개별 154건 (퇴비화 154건), 위탁 1건(재활용 1건) • 고형물처리: 개별 154건 (퇴비화 154건), 위탁 1건(재활용 1건)	• 폐수처리: 개별 165건 (퇴비화 165건), 위탁 23건(공공처리 5건, 재활용 18건) • 고형물처리: 개별 169건 (퇴비화 169건), 위탁 19건(재활용 19건)





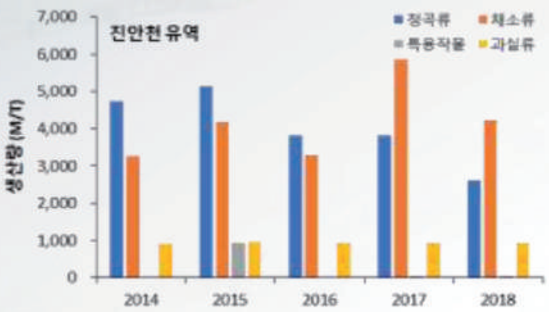
자료: 진안군 통계, 전국오염원조사

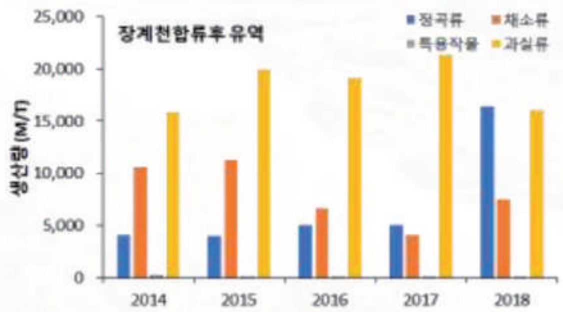
3.4 농업 및 축산 현황

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

진안천, 장계천, 장계천합류후 현황

구분	진안천	장계천	장계천합류후
농업생산량 ('14년~'18년)	• 7,805 M/T('18년) • '14년 대비 '18년 12.6% 감소 • 채소류 54.1%, 정곡류 33.5%	• 23,888 M/T('18년), • '14년 대비 '18년 57.4% 증가 • 정곡류 60.0%, 과실류 20.7%	• 40,033 M/T('18년) • '14년 대비 '18년 29.9% 증가 • 정곡류 41.0%, 과실류 40.1%
가축사육두수 ('14년~'18년)	• 한우 47.9%, 개 42.0%, 산양 976.9%, 가금 57.3% 증가 • 젖소 40.9% 감소	• 한우 0.7%, 개 90.9%, 산양 174.8%, 말 125.0% 증가 • 돼지 67.3%, 사슴 24.1%, 가금 26.3% 감소	• 산양 103.1%, 말 12.1%, 사슴 15.9%, 가금 97.0% 증가 • 한우 7.3%, 돼지 24.8% 감소
가축분뇨 처리 ('18년)	• 폐수처리: 개별 141건(퇴비화 141건), 위탁 12건(공공 3건, 재활용 9건) • 고형물처리: 개별 143건(퇴비화 143건), 위탁 10건(공공 1건, 재활용 9건)	• 폐수처리: 개별 375건(퇴비화 375건), 위탁 64건(공공 8건, 재활용 56건) • 고형물처리: 개별 375건(퇴비화 375건), 위탁 64건(공공 8건, 재활용 56건)	• 폐수처리: 개별 170건(퇴비화 170건), 위탁 24건(공공 2건, 재활용 22건) • 고형물처리: 개별 170건(퇴비화 170건), 위탁 24건(공공 8건, 재활용 22건)





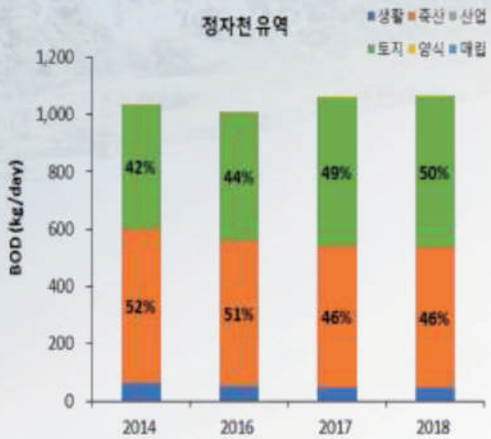
자료: 진안군, 장수군 통계, 전국오염원조사

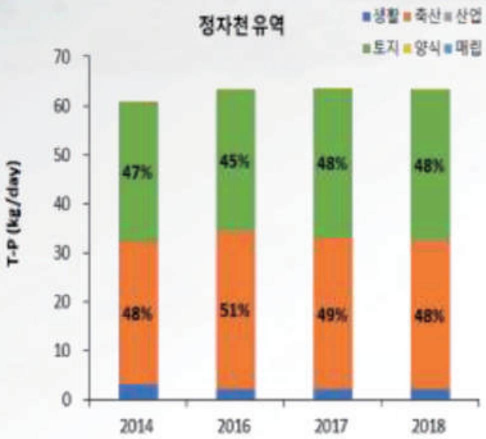
3.5 오염물질 배출부하량 현황

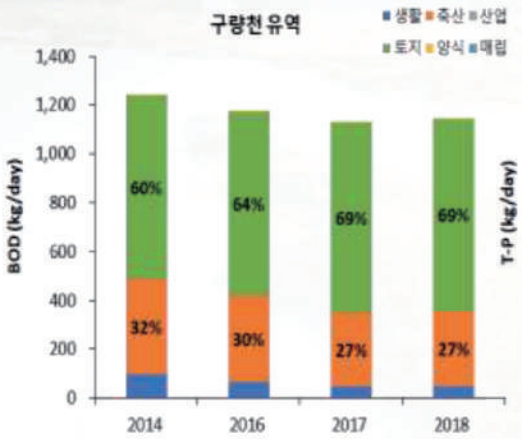
전북대학교

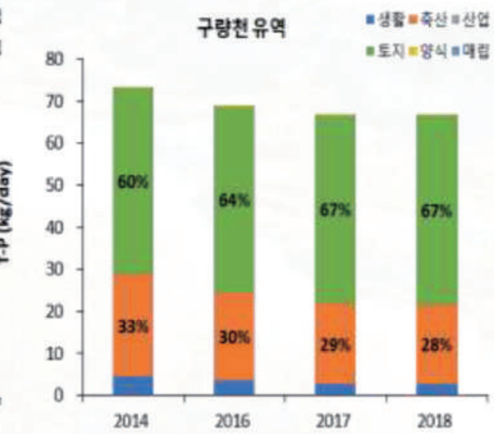
정자천, 구량천 현황

구분	정자천	구량천
BOD	• '14년 대비 '18년 2.8% 증가 (점 20.2% 감소, 비점 4.2% 증가) • '18년 축산계 45.9%, 토지계 49.6% • 비점비율 '14년 94.2% → '18년 95.5%	• – '14년 대비 '18년 7.7% 감소 • (점 45.6%, 비점 4.4% 감소) • – '18년 축산계 26.8%, 토지계 68.5% • – 비점비율 '14년 92.0% → '18년 95.3%
T-P	• '14년 대비 '18년 4.1% 증가 (점 32.6% 감소, 비점 6.0% 증가) • '18년 축산계 48.4%, 토지계 48.3% • 비점비율 '14년 94.9% → '18년 96.7%	• – '14년 대비 '18년 8.8% 감소 • (점 37.5%, 비점 6.9% 증가) • – '18년 축산계 28.2%, 토지계 67.4% • – 비점비율 '14년 93.6% → '18년 95.6%







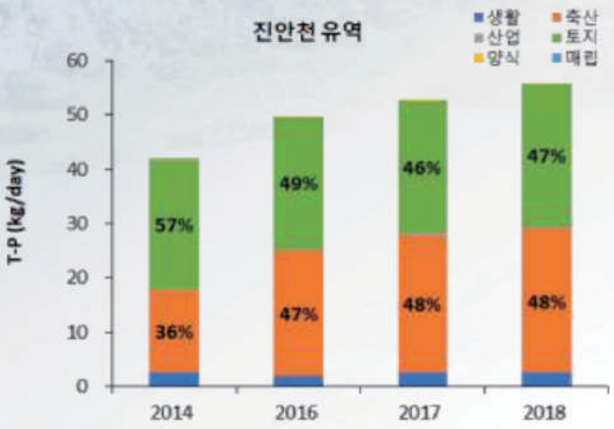


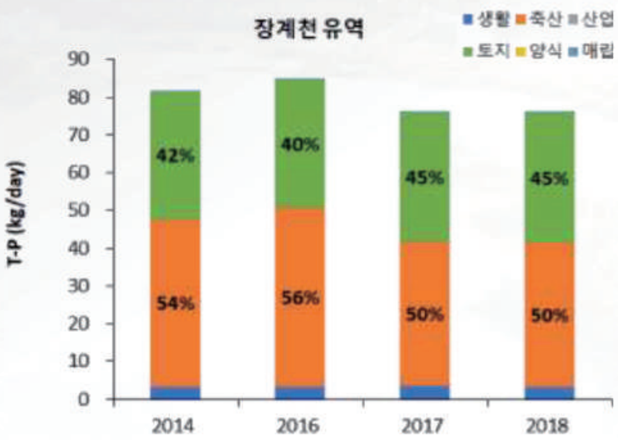
자료: 전라북도

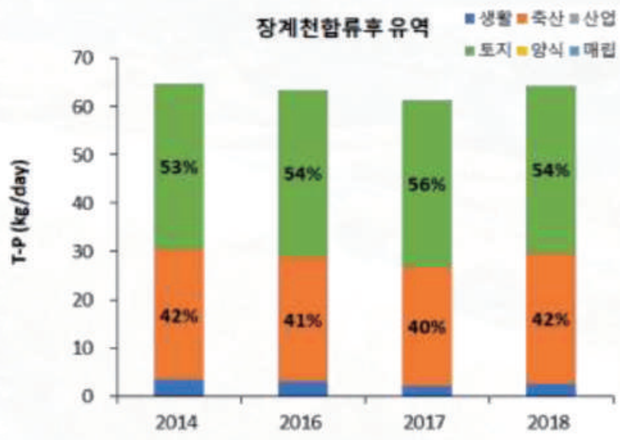
3.5 오염물질 배출부하량 현황

진안천, 장계천, 장계천합류후 소권역 현황

구분	진안천	장계천	장계천합류후
BOD	• ’14년 대비 ’18년 29.7% 증가 (점 52.3% 증가, 비점 28.9% 증가) • ’18년 축산계 36.5%, 토지계 57.6% • 비점비율 ‘14년 96.9% → ‘18년 95.9%	• ’14년 대비 ’18년 3.5% 감소 (점 4.4% 감소, 비점 3.4% 감소) • ’18년 축산계 45.2%, 토지계 49.2% • 비점비율 ‘14년 94.4% → ‘18년 94.4%	• ’14년 대비 ’18년 0.3% 증가 (점 24.5% 감소, 비점 2.0% 증가) • ’18년 축산계 39.5%, 토지계 55.5% • 비점비율 ‘14년 93.5% → ‘18년 95.1%
T-P	• ’14년 대비 ’18년 33.3% 증가 (점 8.9% 감소, 비점 35.9% 증가) • ’18년 축산계 47.8%, 토지계 47.2% • 비점비율 ‘14년 94.2% → ‘18년 96.0%	• ’14년 대비 ’18년 7.0% 감소 (점 3.2% 감소, 비점 7.2% 감소) • ’18년 축산계 50.2%, 토지계 45.3% • 비점비율 ‘14년 95.7% → ‘18년 95.5%	• ’14년 대비 ’18년 0.6% 감소 (점 22.7% 감소, 비점 0.6% 증가) • ’18년 축산계 42.0%, 토지계 54.0% • 비점비율 ‘14년 94.9% → ‘18년 96.0%







자료: 전라북도

Chapter 4

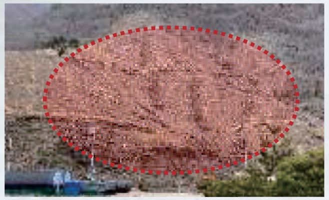
4. 오염원 및 유량수질조사

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

4.1 오염원 현장 조사

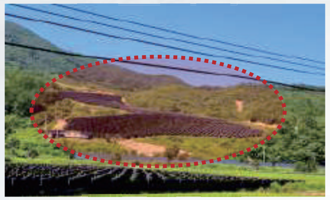
정자천 및 구량천 소권역 현황

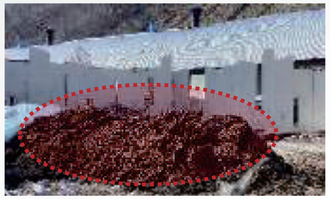
- 정자천 하류 지역을 중심으로 축산농가 밀집, 일부 축산농가 배수로 주변 위치
- 양악천 유입 지역을 중심으로 축산농가 밀집, 축산시설 하류 배수로(양악천 유입) 거품띠 발견, 일부 축산시설 내 퇴비 야적
- 농경지 주변에 퇴비 야적(대부분 비닐포장, 일부 개방 노출), 농업 배수로 하천 유입
- 황금천 주변 인삼밭 많이 분포 (산비탈 대규모 인삼밭 위치)
- 대부분 마을 공동 분리집하장 운영, 상태 양호하나 일부 지역 관리 소홀, 하천변 쓰레기 적치


<산림훼손지역>


<축사및농경지배수로하천유입>


<산림사면노출>


<산비탈인삼밭>


<축사내 퇴비야적>


<마을및농경지유출수>


<하천주변 퇴비관리소홀>


<하천주변쓰레기무단투기>


<축사시설하류배수로거품띠>

4.1 오염원 현장 조사

진안천, 장계천, 장계천합류후 소권역 현황

- 오염원 현장 조사 결과
  - 하천을 중심으로 농경지 분포
    (논과 밭이 주로 분포하고, 장계천합류후는 과수원 비율 다른 소권역보다 높음)
  - 밭의 경계가 하천 또는 배수로로 직접 연결되어 강우시 토사 유출 가능성 높음
  - 축산 밀집 분포: 내오천(진안천), 장계천, 유천(장계천), 송천천, 용추천, 장수천(장계천합류후)
    (일부 축사 외부 및 밭에 축분 방치되어 강우시 유출 가능성 높음)

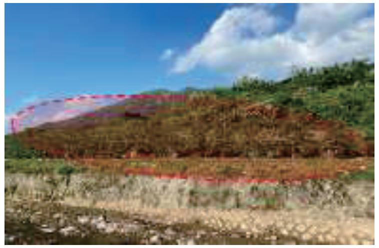

〈농경지 대규모 축분 야적〉


〈축사 외부 축분 유출〉


〈농경지 축분 야적〉


〈강우시 토사유출 우려〉


〈강우시 토사유출 우려〉

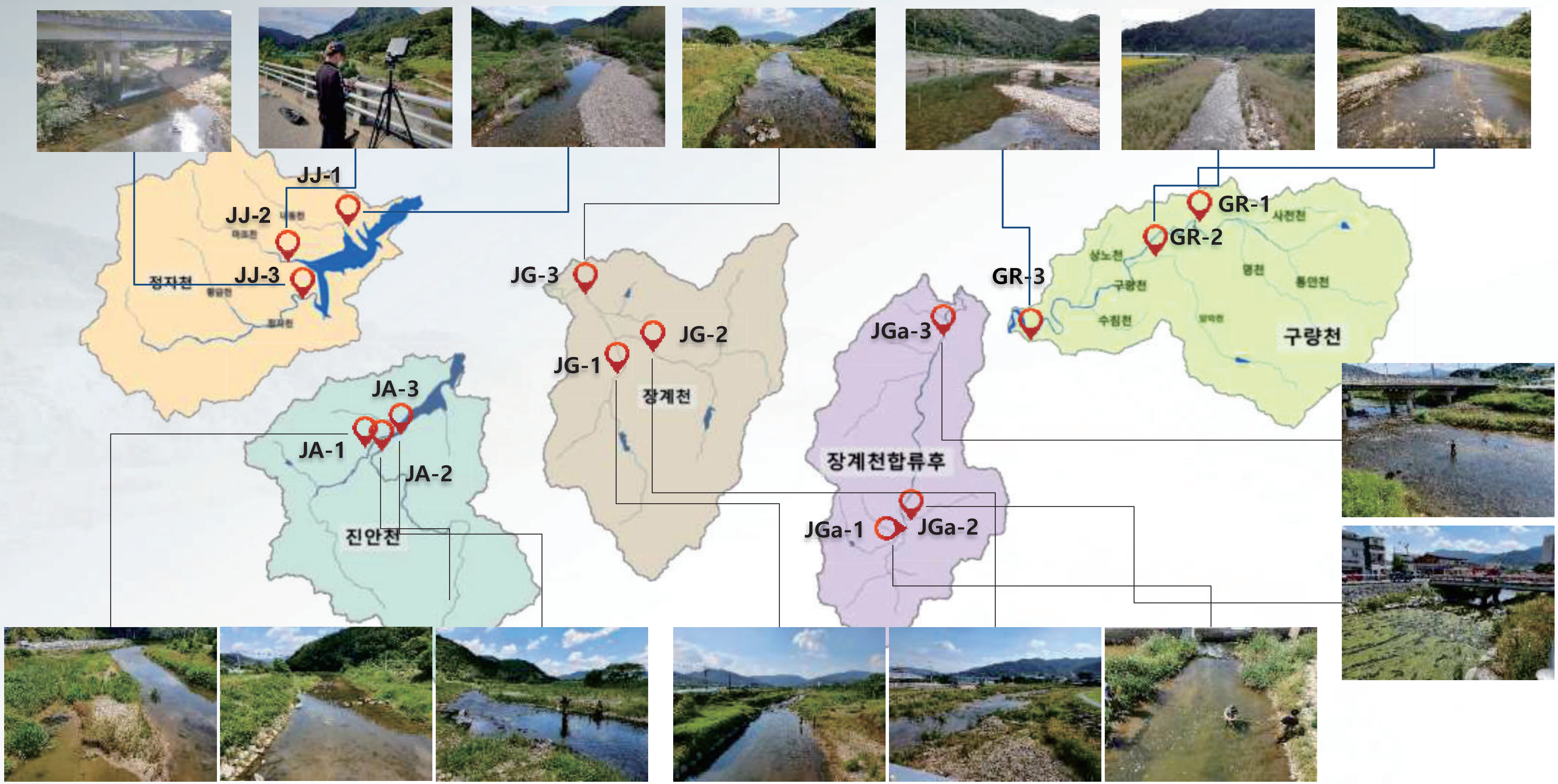

〈하천 주변 과수원〉

4.1 오염원 현장 조사

현장 오염원 분포

- 2021년 5월 ~ 6월에 대상 유역의 현장 오염원 조사 결과를 바탕으로 조사 당시의 오염원 분포 작성
  - 밭 등 토사유출 우려 지역, 농경지 축분 야적 지역, 쓰레기 야적 지역에 대해 각 오염원을 규모별로 등급화

4.2 현장 수질조사 지점


JJ-1
JJ-2
JJ-3
정자천
JG-3
JG-2
JG-1
장계천
JA-3
JA-1
JA-2
진안천
JGa-3
장계천합류후
JGa-1
JGa-2
GR-1
GR-2
GR-3
사전천
상노천
구량천
명천
통안천
수침천
구량천

4.3 현장 수질조사 결과

정자천 소권역 조사 결과(JJ-3)

구분	강우 조건	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
무강우 (8월~2월)	-	0.6~1.2 (평균 0.8)	1.6~2.7 (평균 2.2)	0.8~1.6 (평균 1.1)	0.8~4.1 (평균 1.6)	0.826~2.549 (평균 1.644)	0.000~0.013 (평균 0.004)
강우 1차 (08.22~23)	총강우량: 7.0mm 지속시간: 5hr 최대강도: 5.5mm/hr	0.4~1.8 (EMC: 0.6)	1.9~2.2 (EMC: 2.0)	1.6~1.9 (EMC: 1.8)	0.5~2.8 (EMC: 1.2)	1.171~1.498 (EMC: 1.340)	ND~0.014 (EMC: 0.011)
강우 2차 (11.01~02)	총강우량: 7.0mm 지속시간: 8hr 최대강도: 2.5mm/h	0.5~4.2 (EMC: 1.0)	1.9~9.4 (EMC: 2.7)	1.0~4.3 (EMC: 1.2)	0.5~1.6 (EMC: 0.8)	1.210~1.651 (EMC: 1.346)	0.000 (EMC: 0.000)
강우 3차 (11.18~19)	총강우량: 76.0mm 지속시간: 18hr 최대강도: 27.0mm/h	0.5~2.4 (EMC: 1.4)	1.7~9.5 (EMC: 4.4)	1.0~3.7 (EMC: 2.2)	**0.2~104.7** **(EMC: 57.8)**	1.210~4.704 (EMC: 2.056)	**0.012~0.195** **(EMC: 0.104)**
강우 4차 (03.01~02)	총강우량: 30.5mm 지속시간: 11hr 최대강도: 8.5mm/h	1.0~7.6 (EMC: 4.4)	3.4~13.1 (EMC: 9.2)	1.9~4.4 (EMC: 3.3)	**1.7~160.7** **(EMC: 86.0)**	2.410~4.186 (EMC: 3.432)	**0.005~0.249** **(EMC: 0.155)**

4.3 현장 수질조사 결과

전북대학교

구량천 소권역 조사 결과(GR-3)

구분	강우 조건	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
무강우 (8월~2월)	-	0.6~1.9 (평균 1.0)	1.9~3.1 (평균 2.5)	1.0~2.0 (평균 1.5)	0.6~7.5 (평균 2.0)	1.526~3.283 (평균 2.416)	0.000~0.029 (평균 0.007)
강우 1차 (08.22~23)	총강우량: 7.0mm 지속시간: 5hr 최대강도: 5.5mm/hr	0.6~1.3 (EMC: 0.8)	2.8~3.9 (EMC: 3.5)	2.2~2.5 (EMC: 2.3)	0.8~8.6 (EMC: 2.2)	1.445~1.795 (EMC: 1.568)	0.014~0.038 (EMC: 0.025)
강우 2차 (11.01~02)	총강우량: 7.0mm 지속시간: 8hr 최대강도: 2.5mm/h	0.6~1.2 (EMC: 0.9)	2.2~3.1 (EMC: 2.6)	1.2~1.4 (EMC: 1.3)	0.3~1.0 (EMC: 0.7)	2.371~2.736 (EMC: 2.492)	0.000~0.006 (EMC: 0.000)
강우 3차 (11.18~19)	총강우량: 76.0mm 지속시간: 18hr 최대강도: 27.0mm/h	0.5~11.0 (EMC: 6.8)	2.3~37.6 (EMC: 22.9)	1.2~13.2 (EMC: 7.7)	**0.4~890.0** **(EMC: 478.4)**	2.208~5.570 (EMC: 4.169)	**0.015~1.013** **(EMC: 0.645)**
강우 4차 (03.01~02)	총강우량: 30.5mm 지속시간: 11hr 최대강도: 8.5mm/h	0.7~3.2 (EMC: 1.9)	2.0~8.1 (EMC: 5.6)	1.1~4.6 (EMC: 3.1)	**0.6~113.0** **(EMC: 46.0)**	2.218~4.402 (EMC: 3.954)	**0.000~0.178** **(EMC: 0.069)**

4.3 현장 수질조사 결과

전북대학교

진안천 소권역 조사 결과(JA-3)

구분	강우 조건	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
무강우 (6월~12월)	-	1.1~2.5 (평균 1.8)	2.3~3.8 (평균 3.1)	1.1~2.1 (평균 1.7)	1.1~14.2 (평균 4.6)	0.648~2.419 (평균 1.733)	0.006~0.070 (평균 0.040)
강우 1차 (07.03~04)	총강우량: 31.5mm 지속시간: 16hr 최대강도: 7.0mm/hr	1.2~3.4 (EMC: 2.1)	3.6~10.7 (EMC: 6.9)	2.4~5.5 (EMC: 3.6)	4.4~152.5 (EMC: 50.8)	0.941~2.030 (EMC: 1.757)	0.054~0.330 (EMC: 0.173)
강우 2차 (09.29~30)	총강우량: 17.5mm 지속시간: 12hr 최대강도: 8.5mm/h	0.8~2.5 (EMC: 1.4)	2.7~5.0 (EMC: 3.8)	1.3~2.3 (EMC: 1.8)	1.5~15.6 (EMC: 5.6)	1.267~2.616 (EMC: 1.866)	0.023~0.111 (EMC: 0.056)
강우 4차 (11.08~09)	총강우량: 24.5mm 지속시간: 7hr 최대강도: 8.5mm/h	1.0~7.0 (EMC: 3.4)	2.4~8.0 (EMC: 5.2)	1.4~4.2 (EMC: 2.8)	1.4~37.0 (EMC: 13.9)	1.459~2.779 (EMC: 2.241)	0.018~0.235 (EMC: 0.100)
강우 5차 (11.30~12.1)	총강우량: 32.5mm 지속시간: 13hr 최대강도: 7.0mm/h	0.8~5.2 (EMC: 2.5)	2.8~9.7 (EMC: 6.5)	1.3~4.2 (EMC: 3.1)	1.1~74.7 (EMC: 32.0)	1.964~2.927 (EMC: 2.515)	0.013~0.127 (EMC: 0.081)

4.3 현장 수질조사 결과

전북대학교

장계천 소권역 조사 결과(JG-3)

구분	강우 조건	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
무강우 (6월~12월)	-	0.9~2.0 (평균 1.5)	2.6~4.9 (평균 3.6)	1.3~2.6 (평균 1.9)	1.2~8.3 (평균 3.7)	2.246~3.466 (평균 2.825)	0.04~0.096 (평균 0.063)
강우 1차 (07.03~04)	총강우량: 43.6mm 지속시간: 16hr 최대강도: 6.9mm/hr	1.5~3.2 (EMC: 2.7)	4.2~8.6 (EMC: 7.4)	2.6~4.3 (EMC: 3.7)	3.7~43.7 (EMC: 32.6)	2.462~3.451 (EMC: 2.855)	0.060~0.252 (EMC: 0.200)
강우 2차 (09.29~30)	총강우량: 23.5mm 지속시간: 14hr 최대강도: 16.7mm/h	1.0~2.4 (EMC: 1.5)	3.2~4.6 (EMC: 4.1)	1.4~2.1 (EMC: 1.8)	1.0~6.6 (EMC: 3.9)	2.789~3.432 (EMC: 3.206)	0.031~0.200 (EMC: 0.081)
강우 3차 (10.10~11)	총강우량: 20.7mm 지속시간: 25hr 최대강도: 4.4mm/h	0.7~1.8 (EMC: 1.1)	2.4~3.8 (EMC: 3.1)	1.0~1.6 (EMC: 1.3)	1.7~7.1 (EMC: 3.7)	2.971~3.624 (EMC: 3.223)	0.044~0.098 (EMC: 0.069)
강우 4차 (11.08~09)	총강우량: 25.8mm 지속시간: 4hr 최대강도: 14.1mm/h	1.2~6.6 (EMC: 4.5)	2.5~8.3 (EMC: 6.5)	1.5~3.8 (EMC: 3.1)	1.3~36.0 (EMC: 19.0)	2.957~3.658 (EMC: 3.441)	0.017~0.243 (EMC: 0.173)

4.3 현장 수질조사 결과

전북대학교

장계천합류후 소권역 조사 결과(JGa-3)

구분	강우 조건	BOD(mg/L)	COD(mg/L)	TOC(mg/L)	SS(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
무강우 (6월~12월)	-	1.2~2.2 (평균 1.6)	2.3~4.7 (평균 3.2)	1.2~5.2 (평균 2.2)	0.9~10.1 (평균 3.7)	3.029~4.267 (평균 3.706)	0.052~0.274 (평균 0.137)
강우 1차 (07.03~04)	총강우량: 43.6mm 지속시간: 16hr 최대강도: 6.9mm/hr	1.6~4.2 (EMC: 2.7)	4.3~12.2 (EMC: 10.2)	2.6~5.3 (EMC: 4.4)	5.9~135.0 (EMC: 77.5)	2.419~4.382 (EMC: 3.238)	0.070~0.404 (EMC: 0.282)
강우 2차 (09.29~30)	총강우량: 23.5mm 지속시간: 14hr 최대강도: 16.7mm/h	0.9~3.6 (EMC: 2.2)	2.6~5.6 (EMC: 4.4)	1.1~2.2 (EMC: 1.6)	1.2~15.8 (EMC: 10.5)	2.909~4.186 (EMC: 3.673)	0.024~0.193 (EMC: 0.115)
강우 3차 (10.10~11)	총강우량: 20.7mm 지속시간: 25hr 최대강도: 4.4mm/h	0.5~1.2 (EMC: 0.9)	2.4~3.0 (EMC: 2.7)	0.9~1.2 (EMC: 1.1)	1.6~3.7 (EMC: 2.5)	3.379~4.152 (EMC: 3.753)	0.065~0.082 (EMC: 0.074)
강우 4차 (11.08~09)	총강우량: 25.8mm 지속시간: 4hr 최대강도: 14.1mm/h	1.1~3.8 (EMC: 2.9)	3.9~6.4 (EMC: 5.5)	1.4~3.0 (EMC: 2.5)	1.2~23.7 (EMC: 12.1)	3.134~4.363 (EMC: 3.969)	0.026~0.168 (EMC: 0.128)

Chapter 5

5. 유역모델 구축

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

5.1 유역모델 입력자료

전북대학교

기상자료

- 기상관측자료 및 관측소 조사
  - 기상관측소 현황

기상관측소 분류	관측소명	구축기간
종관기상 관측소(ASOS)	장수	2014.01.01. ~ 2020.12.31. (시단위, 일단위)
방재기상 관측소(AWS)	동향, 진안, 진안주천	

- 유역 ASOS, AWS 관측소 현황

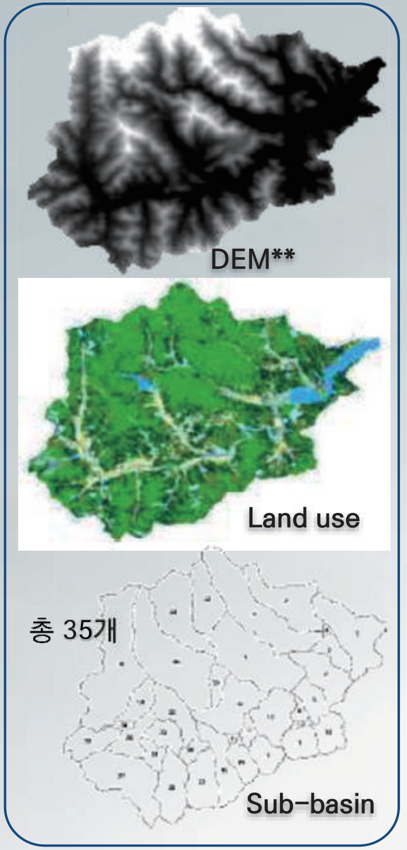
연도	기온 (℃) 정자천 (진안주천, 진안)	기온 (℃) 구량천 (동향)	강수량 (mm) 정자천 (진안주천, 진안)	강수량 (mm) 구량천 (동향)	풍속 (m/s) 정자천 (진안주천, 진안)	풍속 (m/s) 구량천 (동향)	이슬점온도 (℃) (* 장수관측소)
2014	10.8	10.5	1,252.8	1,212.0	1.5	1.2	6.25
2015	11.3	11.0	964.5	828.0	1.4	1.2	6.30
2016	11.5	11.4	1,422.8	1,286.5	1.5	1.4	6.43
2017	10.8	10.6	1,109.3	953.5	1.5	1.4	4.95
2018	11.1	10.9	1,664.0	1,440.5	1.5	1.4	5.14
2019	11.4	11.5	1,187.5	1,193.0	1.4	1.2	5.33
2020	11.3	11.1	2,111.0	2,076.5	1.7	1.5	6.87

<기상관측소 위치도 및 Thiessen망>

5.2 유역모델 구축

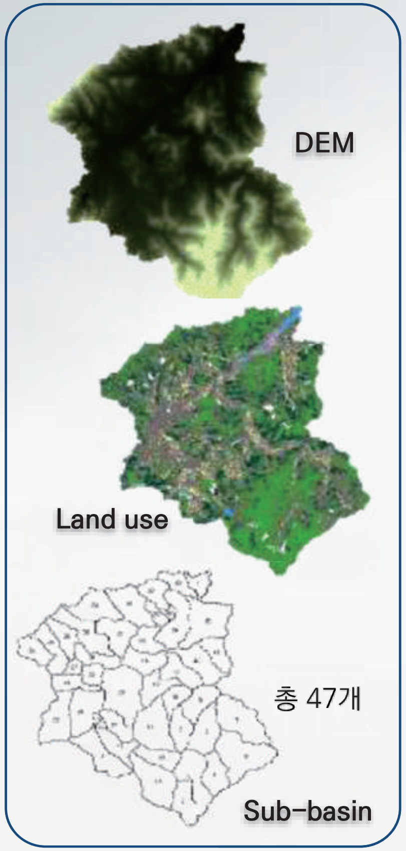
HSPF 유역모델 구축

정자천 유역

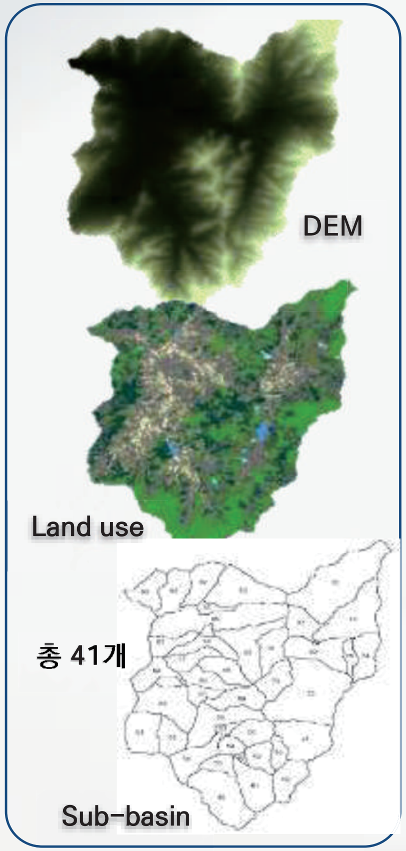


구량천 유역

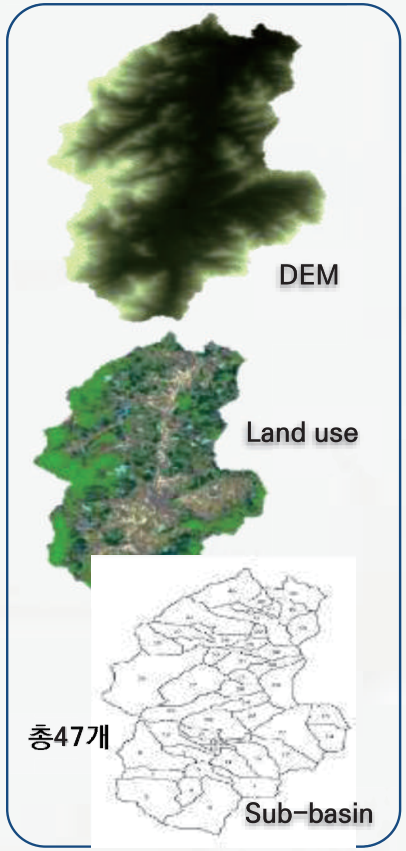
진안천 유역



장계천 유역



장계천합류후 유역



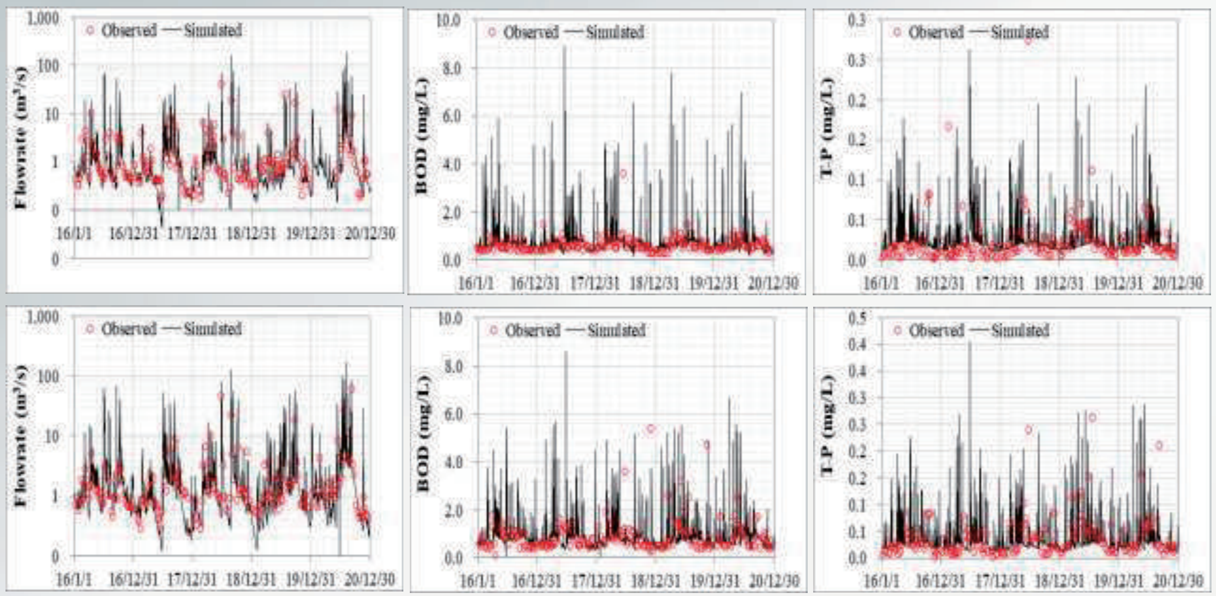
*Hydrological Simulation Program-FORTRAN, HSPF, ***Digital Elevation Model

5.3 유역모델 보·검정

전북대학교

정자천 · 구량천

- 정자천 총량 측정망(금본B2), 구량천 총량 측정망(금본B1) 자료 활용
- %difference 평가 결과 유량 및 수질 Very good, Good으로 평가됨
- 모의값이 관측값을 잘 재현하고 있음



❖ %difference 평가범위

구분	Very good	Good	Satisfactory	Unsatisfactory
Hydrology/Flow	<10	10~15	15~25	≥25
Water Quality	<25	25~40	40~70	≥70

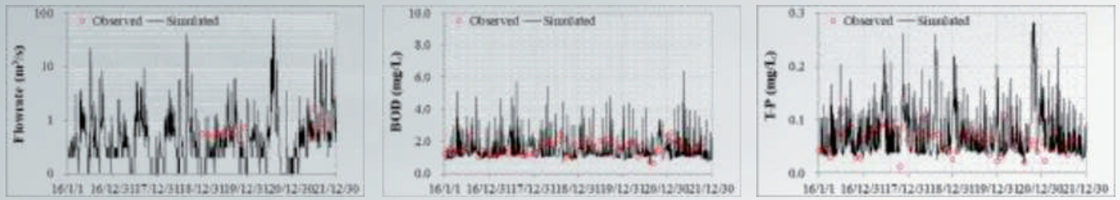
구 분	Flow	BOD	TOC	SS	T-N	T-P
OBS	1.890	0.629	1.595	3.361	2.229	0.022
SIM	1.716	0.732	1.084	3.794	2.565	0.027
O/S	1.10	0.86	1.47	0.89	0.87	0.80
RMSE	3.03	0.65	1.27	13.07	1.54	0.03
Diff.(%)	9.20	16.41	32.03	12.86	15.04	24.66

구 분	Flow	BOD	TOC	SS	T-N	T-P
OBS	2.422	0.90	2.22	6.57	2.457	0.035
SIM	2.566	0.99	1.76	6.05	2.227	0.039
O/S	0.94	0.90	1.26	1.09	1.10	0.91
RMSE	3.94	0.71	1.51	18.06	1.13	0.04
Diff.(%)	5.93	10.58	20.69	7.85	9.39	9.53

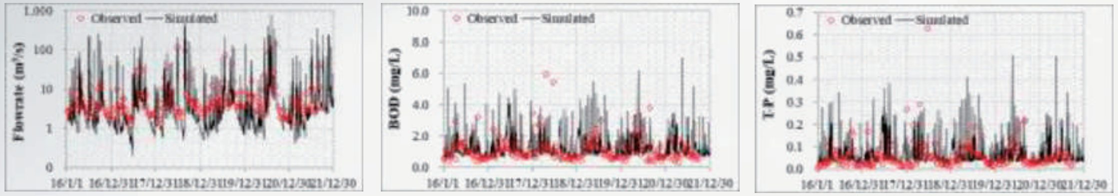
5.3 유역모델 보·검정

진안천 · 장계천 · 장계천합류후

• 진안천유역
- 송대교 지점(유량), 진안천 지점(수질) 자료 활용
- %difference 평가 결과 유량 및 수질 Very good으로 평가됨
- 모의값이 관측값을 잘 재현하고 있음



• 장계천, 장계천합류후유역
- 총량측정망(금본A) 자료 활용
- %difference 평가 결과 유량 및 수질 Very good으로 평가됨
- 모의값이 관측값을 잘 재현하고 있음



〈%difference 평가범위〉

구분	Very good	Good	Satisfactory	Unsatisfactory
Hydrology/Flow	〈10	10~15	15~25	≥25
Water Quality	〈25	25~40	40~70	≥70

구 분	Flow	BOD	TOC	SS	T-N	T-P
OBS	0.622	1.536	2.297	4.946	2.941	0.060
SIM	0.580	1.257	1.989	5.688	2.000	0.057
O/S	1.07	1.22	1.15	0.87	1.47	1.05
RMSE	2.67	0.74	1.51	13.25	1.24	0.04
Diff.(%)	6.72	18.17	13.42	14.98	2.95	4.68

구 분	Flow	BOD	TOC	SS	T-N	T-P
OBS	7.881	1.140	2.600	8.511	3.384	0.058
SIM	8.282	1.222	2.307	10.288	3.095	0.063
O/S	0.95	0.93	1.13	0.83	1.09	0.91
RMSE	11.99	0.83	1.74	22.50	1.69	0.07
Diff.(%)	5.09	7.12	11.27	20.88	8.56	9.33

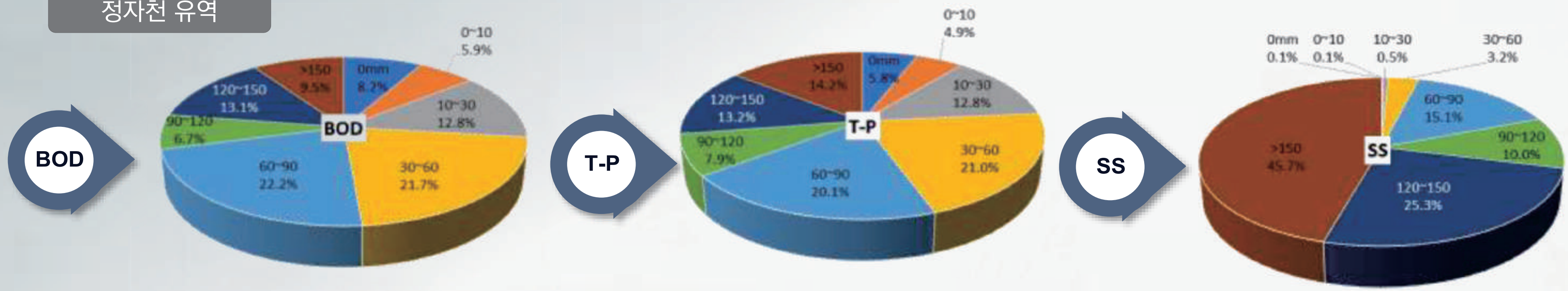
5.4 유역모델 모의 결과 분석

전북대학교

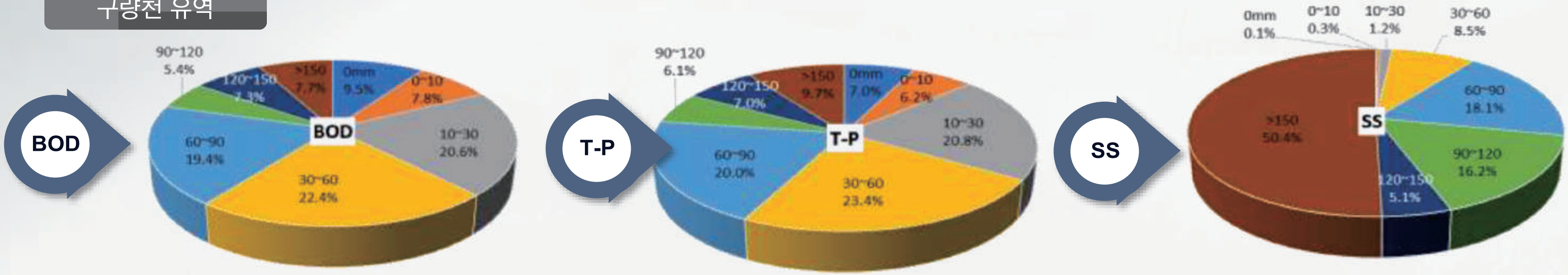
강우구간별 부하량 비교

- 정자천유역 : BOD, TOC, T-N, T-P 부하량은 30~90 mm에서 가장 높을 것으로 예측되었으며, SS는 150mm 이상에서 부하량이 가장 높음
- 구량천유역 : BOD, TOC, T-N, T-P 부하량은 10~60 mm에서 가장 높을 것으로 예측되었으며, SS는 150mm 이상에서 부하량이 가장 높음

정자천 유역



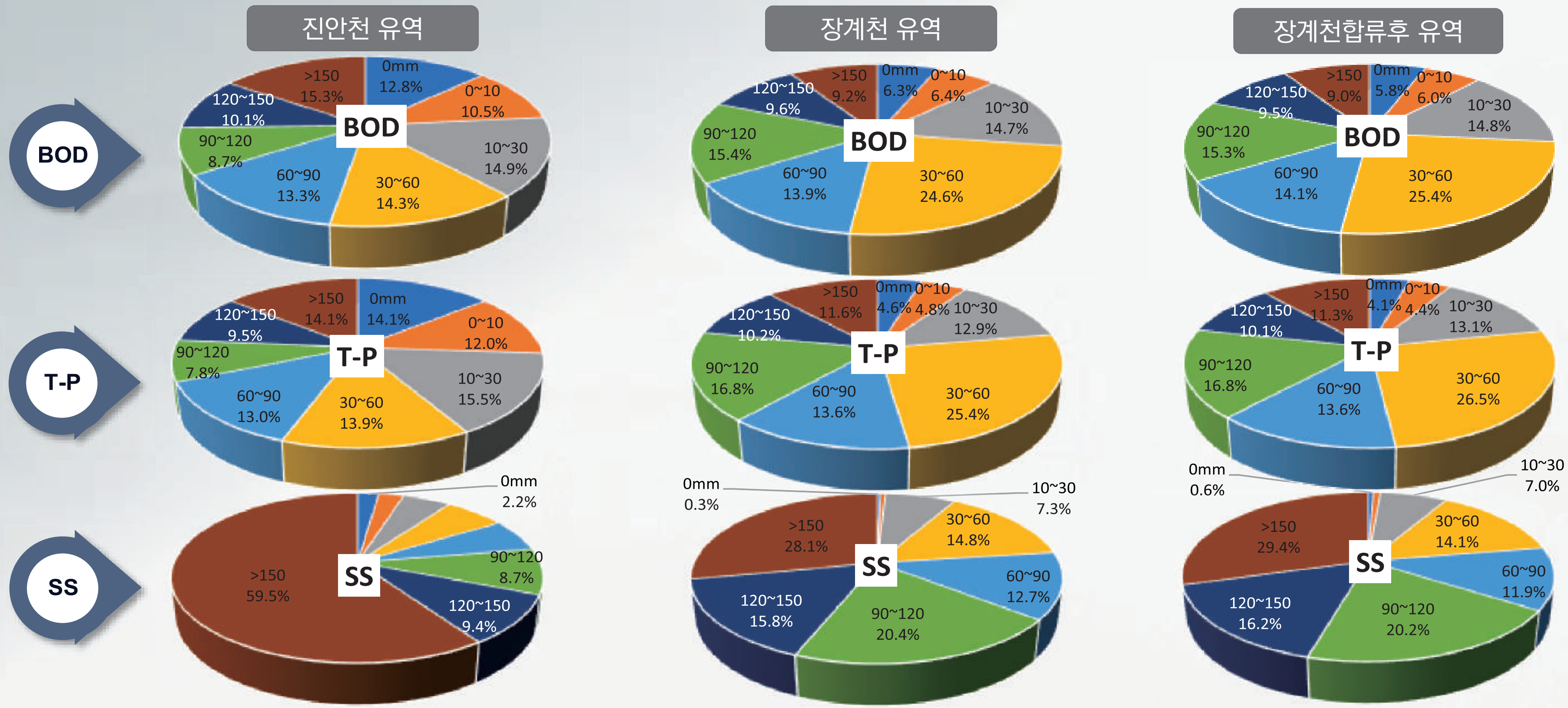
구량천 유역



5.4 유역모델 모의 결과 분석

강우구간별 부하량 비교

- BOD 및 T-P : 진안천 유역은 10~30 mm 강우구간에서, 장계천과 장계천합류후 유역은 30~60 mm 강우구간에서 부하량이 높음
- SS : 공통적으로 150 mm 이상에서 부하량이 높으나, 진안천이 보다 높은 강우에서 부하량 비율이 높음



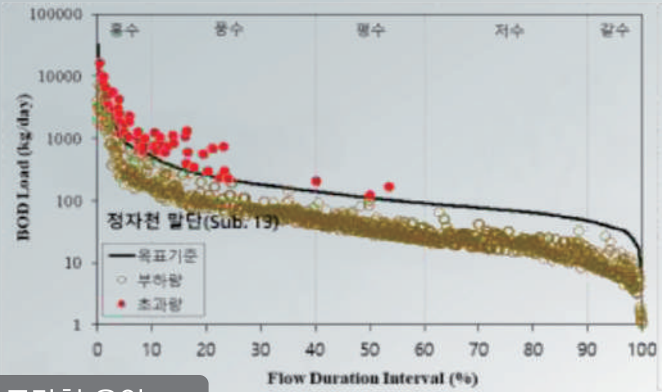
5.4 유역모델 모의 결과 분석

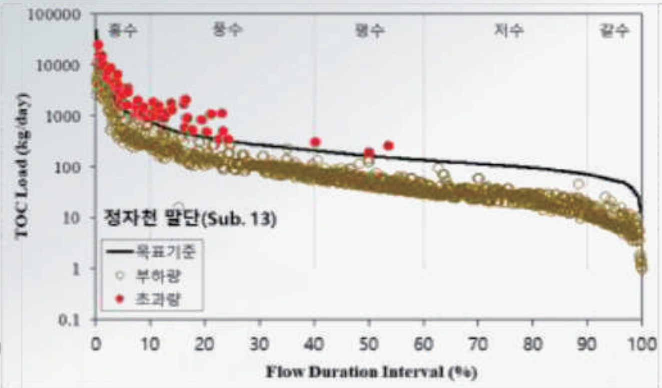
전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

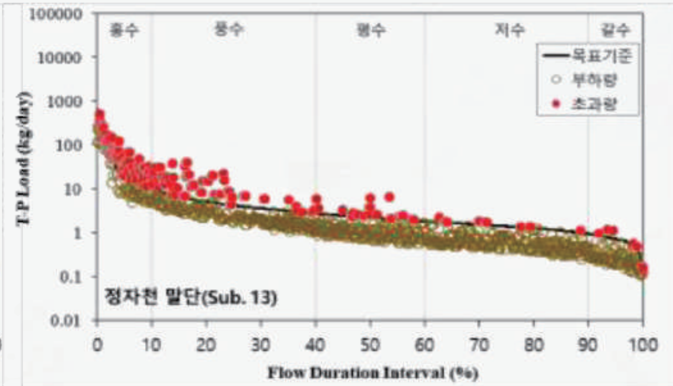
부하지속곡선(LDC) 분석

- 정자천유역
  - LDC 기준농도: 용담댐 중권역 목표수질 적용(Ib 등급)
  - BOD, TOC, T-P 고유량(홍수 및 풍수) 구간에서 부하량 초과빈도 높음
- 구량천유역
  - LDC 기준농도: 용담댐 중권역 목표수질 적용(Ib 등급)
  - BOD, TOC, T-P 정차천 보다 초과 빈도 높음

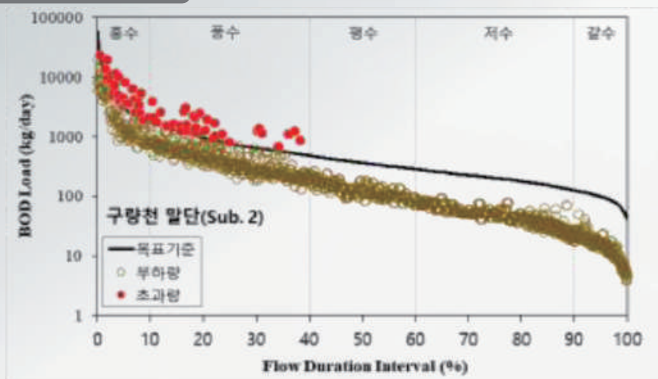
정자천 유역

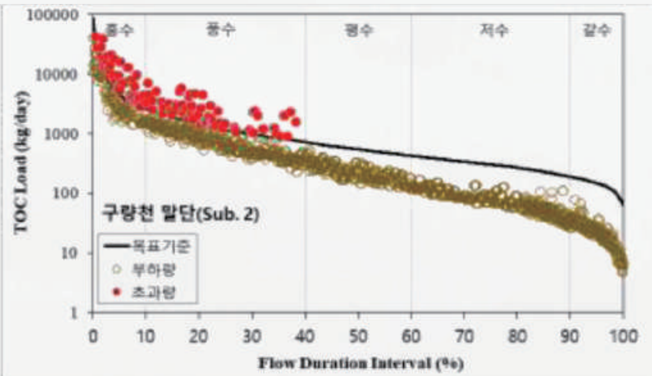


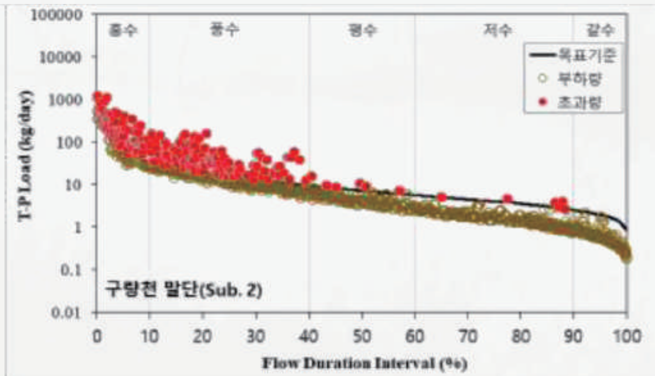




구량천 유역







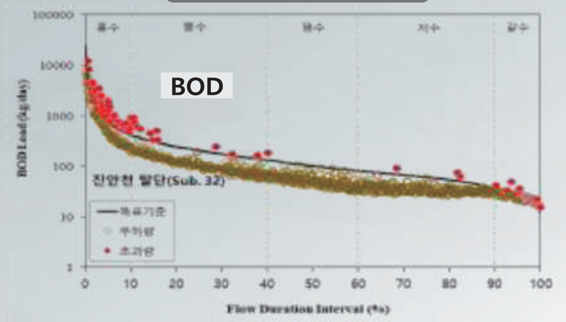
전북대학교

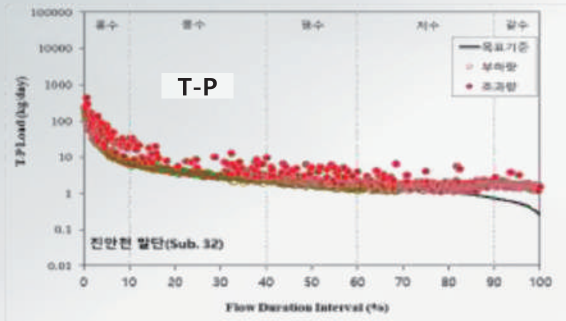
5.4 유역모델 모의 결과 분석

부하지속곡선(LDC) 분석

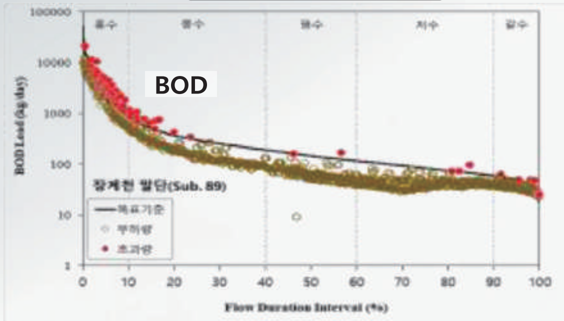
- 보·검정이 완료된 유역 모형의 결과를 이용하여 각 소권역별 LDC 분석 및 비점오염원 영향 파악
  - LDC 기준농도는 용담댐 중권역 목표수질 적용(Ib 등급)
  - BOD는 고유량 구간에서 초과빈도가 높고, T-P는 전 유량 구간에서 초과빈도가 높게 나타남

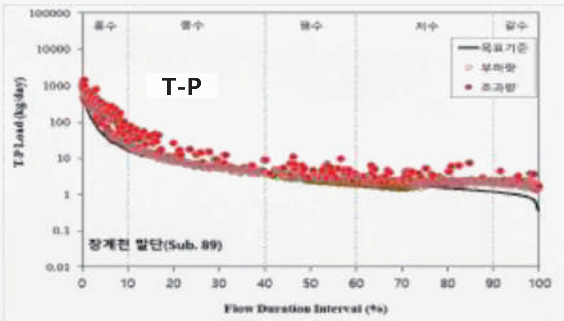
진안천 유역



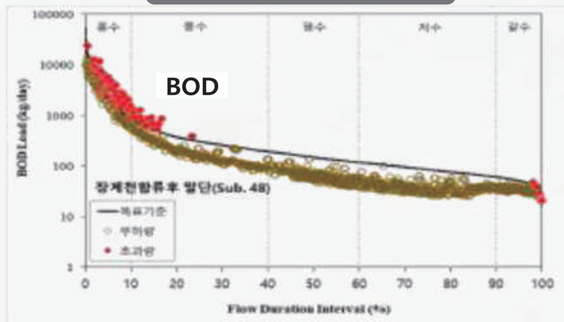


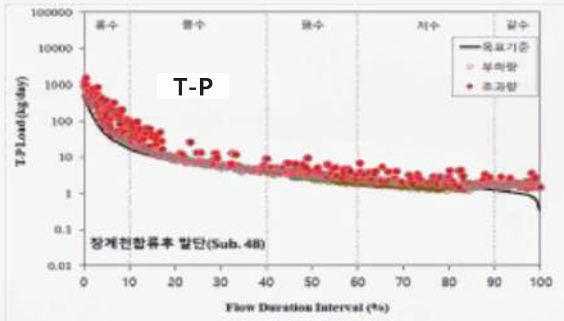
장계천 유역





장계천합류후 유역



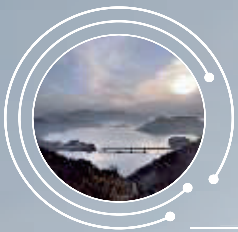


*Load Duration Curve, **LDC**

Chapter 6

6. 비점오염 관리 방안 설정

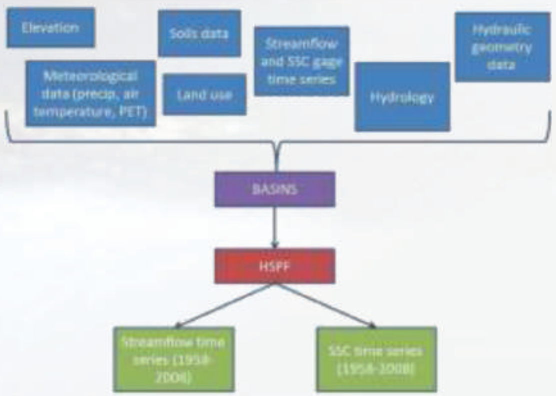
전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY



6.1 비점오염관리 우선순위 소유역 선정

우선순위 소유역 선정 방안

- 정자천 및 구량천 총량소유역은 정자천 2개 소유역, 구량천 6개 소유역으로 유역을 세분화하기에 한계가 있음
- 정자천 및 구량천 행정구역으로 소구역 구성방법은 집수구역을 기반으로 하지 않으므로 적절하지 않음
- 따라서 본 연구에서 구축된 모델 소유역을 기반으로 우선순위 소유역을 선정하고자 함
  - 보·검정이 완료된 모델의 모의 결과를 이용하여 점오염원을 제외하고 비점영향만 반영
  - 각 모델 소유역별 단위면적당 수질 유달부하량을 지표화
  - 강우시 현장조사 결과, 강우사상에 의하여 BOD, SS, T-P 농도 및 부하량이 증가하는 것으로 나타나 이들 항목을 대상으로 지표화
  - 지수값이 높은 소유역순으로 우선순위 선정



보·검정된 모델에서 점오염 제거

↓

각 모델 소유역별 BOD, SS, T-P 단위면적당 유달부하량 산정

↓

항목별 단위면적당 유달부하량 지표화

↓

지수값이 높은 소유역 우선순위 선정

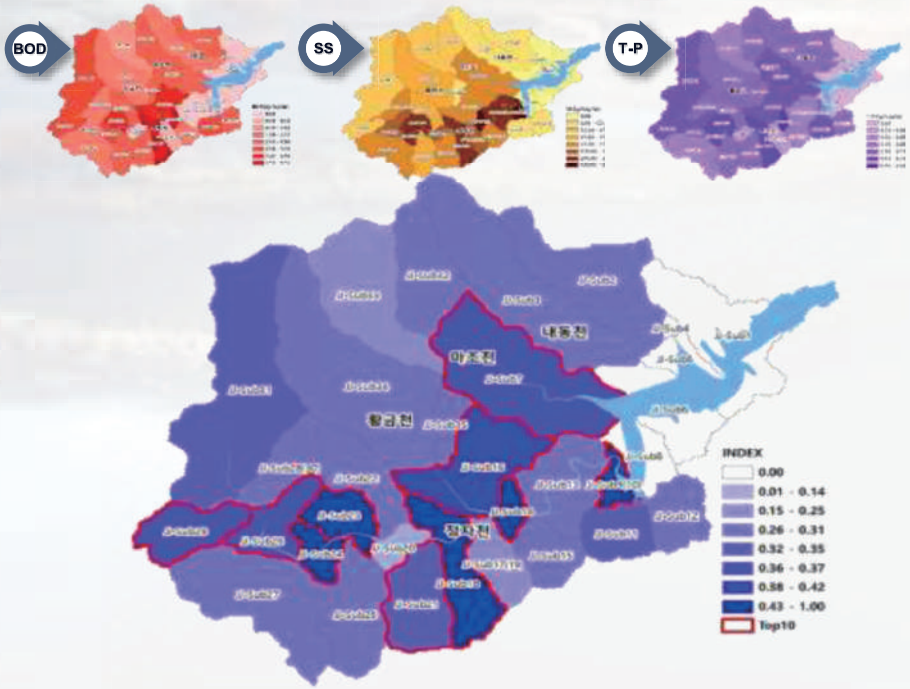
〈우선순위 소유역 선정 방법〉

6.1 비점오염관리 우선순위 소유역 선정

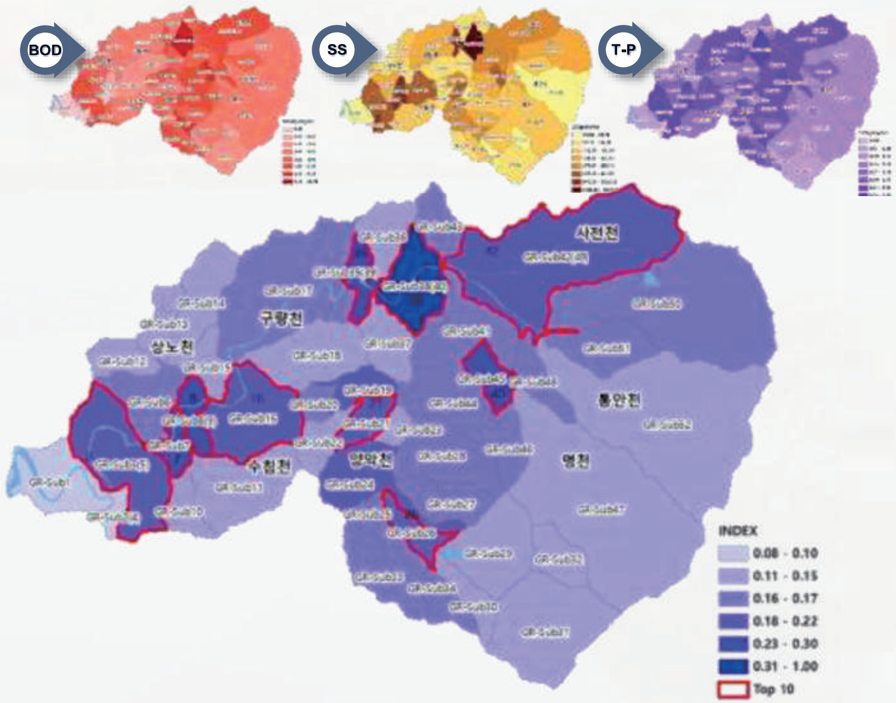
비점오염관리 우선순위 소유역 선정

- 단위면적당 BOD, SS, T-P 유달부하량을 표준화하여 지수화
  - 각 항목별 지수를 종합하여 최종적으로 지수 값이 높은 순으로 우선순위 선정

정자천 유역



구량천 유역

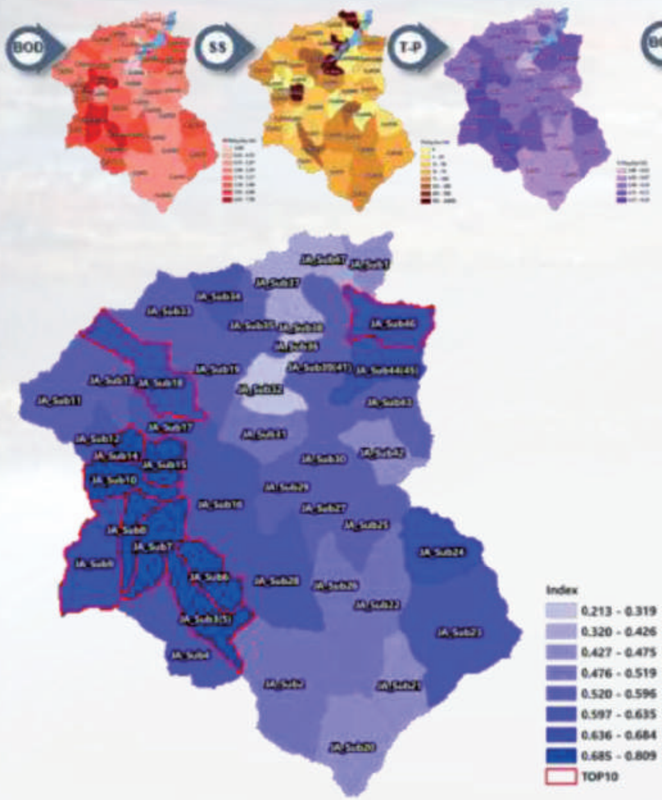


6.1 비점오염관리 우선순위 소유역 선정

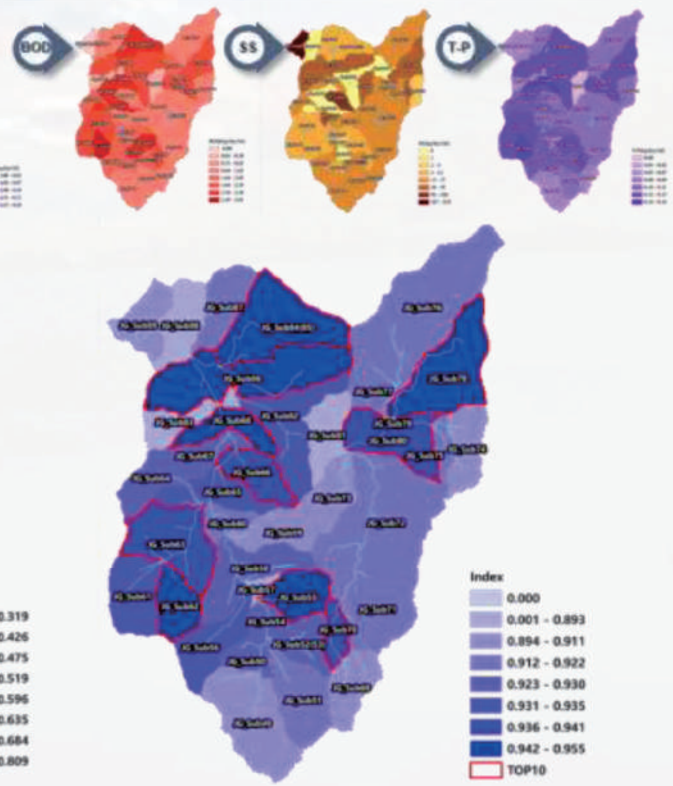
비점오염관리 우선순위 소유역 선정

- 단위면적당 BOD, SS, T-P 유달부하량을 표준화하여 지수화
  - 각 항목별 지수를 종합하여 최종적으로 지수 값이 높은 순으로 우선순위 선정

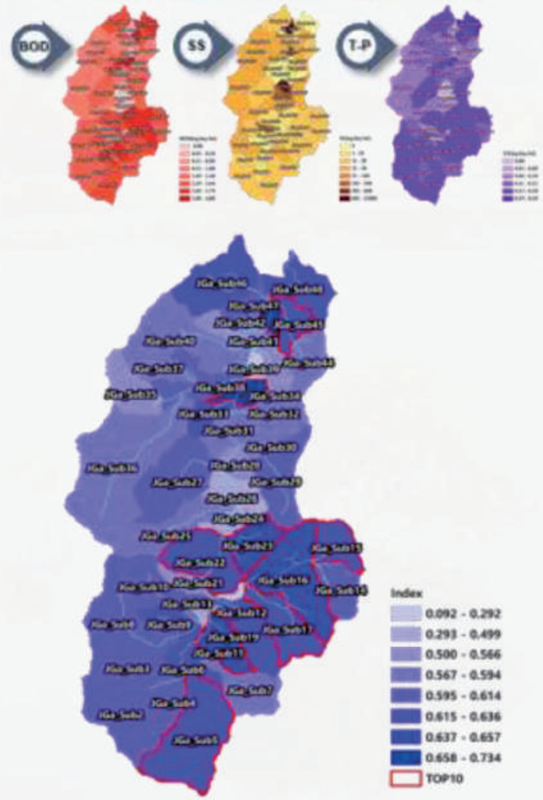
진안천 유역



장계천 유역



장계천합류후 유역



6.1 비점오염관리 우선순위 소유역 선정

우선순위 소유역 토지이용 특성

- 소권역별 우선순위 소유역 토지이용 현황
  - 정자천, 구량천 유역: 대부분 산림지역 비율이 높음
  - 진안천, 장계천, 장계천합류후 유역: 대부분 산림과 농업지역 비율이 높고, 진안천의 경우 시가화/건조지역이 일부 소유역에서 높게 나타남
  - 우선순위 소유역의 토지이용 특성 등을 고려하여 비점오염 저감 대책 검토

정자천	주요 토지이용	구량천	주요 토지이용	진안천	주요 토지이용	장계천	주요 토지이용	장계천합류후	주요 토지이용
JJ-Sub 14	**산림 26%,** 농업 26% (논 13%, 밭 9%), 초지 21%, 나지 16%	GR-Sub 38(40)	**산림 61%,** 초지 15%, 농업 14% (논 4%, 밭 9%)	JA_Sub14	**시가화/건조31%,** 산림 25%	JG_Sub78	**산림 59%,** 초지 22%	JGa_Sub34	**산림 54%,** 농업 34% (논 17%, 밭 14%)
JJ-Sub 18	**산림 73%,** 농업 12% (논 2%, 밭 9%)	GR-Sub 35(39)	**산림 53%,** 농업 18% (논 76%, 밭 11%), 초지 12%	JA_Sub15	**산림 29%,** 시가화/건조 29%	JG_Sub62	**산림 54%,** 농업 23% (밭 8%, 과수원 9%)	JGa_Sub43	**농업 45%** (논 24%, 밭 15%), 산림 27%
JJ-Sub 23	**산림 56%,** 농업 26% (논13%, 밭 12%)	GR-Sub 8(9)	**농업 38%** (논 18%, 밭 19%), 산림 33%, 초지 12%	JA_Sub8	**농업 30%** (논 9%, 밭 17%), 초지 29%, 산림 25%	JG_Sub68	**농업 49%** (논 28%, 밭 16%), 산림 20%	JGa_Sub23	**농업 36%** (논19%, 밭 12%), 산림 28%
JJ-Sub 24	**산림 55%,** 농업 18% (논 9%, 밭 8%)	GR-Sub 7	**산림 43%,** 농업 28% (논 9%, 밭 14%)	JA_Sub6	**산림 33%,** 농업 28% (논 7%, 밭 19%), 초지 21%	JG_Sub86	**산림 46%,** 농업 30% (논 14%, 밭 11%)	JGa_Sub11	**농업 40%** (논 5%, 밭 12%), 산림 22%
JJ-Sub 9(10)	**산림 63%,** 농업 13% (논 3%, 밭 10%)	GR-Sub 45	**농업 45%** (논 13%, 밭 28%), 산림 23%, 초지 14%	JA_Sub10	**산림 34%,** 시가화/건조 27%, 초지 22%	JG_Sub84(85)	**산림 49%,** 농업 25% (논 10%, 밭 10%)	JGa_Sub16	**농업 40%** (논 12%, 밭 12%), 산림 37%
JJ-Sub 16	**산림 55%,** 농업 20% (논 6%, 밭 10%), 초지 16%	GR-Sub 3(5)	**산림 70%,** 농업 13% (논 3%, 밭 8%)	JA_Sub7	**산림 32%,** 농업 26% (논 10%, 밭 13%), 초지 25%	JG_Sub55	**산림 62%,** 초지 27%	JGa_Sub5	**산림 50%,** 초지 20%, 농업 20% (논 7%, 밭 7%)
JJ-Sub 29	**산림 60%,** 초지 21%	GR-Sub 26	**농업 51%** (논 15%, 밭 29%), 초지 16%, 시가/건조 13%, 산림 11%	JA_Sub3(5)	**산림 35%,** 농업 27% (논 8%, 밭 15%)	JG_Sub66	**산림 43%,** 농업 27% (논 11%, 밭 12%), 초지 20%	JGa_Sub22	**산림 41%,** 농업 22% (논 7%, 밭 9%)
JJ-Sub 26	**산림 59%,** 농업 17% (논 9%, 밭 8%), 초지 13%	GR-Sub 21	**산림 71%,** 농업 13% (논 5%, 밭 6%)	JA_Sub18	**산림 52%,** 농업 24% (논 5%, 밭 17%)	JG_Sub80	**산림 48%,** 농업 27% (논 15%, 밭 8%)	JGa_Sub17	**산림 55%,** 농업 20% (밭 7%, 과수원 9%)
JJ-Sub 7	**산림 81%**	GR-Sub 16	**산림 72%,** 농업 11% (논 3%, 밭 7%), 초지 11%	JA_Sub9	**산림 53%,**	JG_Sub63	**산림 42%,** 농업 41% (논 21%, 밭 12%)	JGa_Sub45	**산림 53%,** 농업 27% (논5%, 밭 18%)
JJ-Sub 21	**산림 87%**	GR-Sub 42(49)	**산림 41%,** 농업 32% (논 13%, 밭 16%), 초지 15%	JA_Sub46	**산림 49%,** 농업 25% (논 2%, 밭 21%)	JG_Sub70	**산림 66%,** 초지 22%	JGa_Sub15	**산림 58%,** 농업 20% (밭 8%, 과수원 9%)

6.2 비점오염 관리방향 및 관리방안 설정

비점오염 기본 관리방향 설정

- 기본 관리방향 설정
  - 정자천, 구량천, 진안천, 장계천, 장계천합류후 소유역은 토지이용, 비점유출 특성이 대부분 유사함 (산림지역의 비율이 높고, 축산계와 토지계 배출부하량이 높음)
  - 하천 주변으로 농경지 및 산림이 분포함으로 산림과 농업비점을 저감할 수 있는 방안 수립 (강우 현장 조사시 강우량 증가에 따라 특히 SS 농도의 급격한 증가 현상이 관측됨에 따라 토사유출을 저감할 수 있는 방안 검토)
  - 축산계 비점은 주로 개별 축산농가를 관리할 수 있는 방안 수립
  - 또한 비점의 발생원 관리를 위해 주민 참여 방안을 수립

구분	관리방안
축산계	· 발생원관리: 개별 농가 축분 관리 강화 · 유출경로관리: 퇴액비 부숙도 관리. 퇴액비 살포 점검, 비관개기 퇴액비 저장시설 보급 및 확충, 가축분뇨 자원화, 가축분뇨 이동과정 전산화
토지계 (농업)	· 발생원관리: 토양검정 및 시비관리, 완효성 비료 보급, 물꼬관리시설 보급, 지표피복 · 유출경로관리: 개비온 옹벽, 고랑댐, 둠벙, 식생여과대, 배수로 관리
토지계 (산림)	· 발생원관리: 산림 훼손지역 복원, 사면보호 · 유출경로관리: 식생완충대, 우회수로, 침사지
주민참여	· 용담호수질개선주민협의회 등 민관 거버넌스 비점관리 기능 및 활동 강화 · 지자체 농업기술센터를 통한 가축분뇨 관리 및 농업비점 홍보·교육 · 주민참여 인센티브 지원 방안 마련

6.2 비점오염 관리방향 및 관리방안 설정

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

구조적 관리대책(안)

- 구조적 대책
  - 1차년도 대상지인 정자천 및 구량천 유역의 비점오염 관리대책과의 연계성 및 2차년도 대상 유역의 유사성을 고려하여 대책을 수립
  - 인공습지 : 수질정화 및 지역주민 여가 공간 및 쉼터 제공
  - 침사지 : 경사도가 높은 산림지역 및 하천말단에 토사유출 방지
  - 개비온 옹벽 : 산림 및 농경지 사면 안정화로 토사유출 방지
  - 저영향개발(LID) : 시가지 불투수면적률 감소를 통해 비점오염유출 저감 (진안군 우선순위 소유역 중 시가화/건조지역에 적용)


〈인공습지〉


〈침사지〉


〈개비온 옹벽〉


〈LID 기술요소〉

자료: 진안군, 강원도(2017), 환경부(2014)

6.2 비점오염 관리방향 및 관리방안 설정

전북대학교

비구조적 관리대책(안)

- 비구조적 대책
  - 토양검정 및 시비관리 : 토양양분관리체계와 연계
  - 완효성 비료: 단기간 다량 비점유출량 감소
  - 물꼬관리 : 논 저류량 증가로 비점유출량 감소
  - 토지피복 및 고랑댐 : 토사 등 비점오염물질 유출 방지
  - 배수로 관리 : 오염물질 유입 차단 및 제거로 비점유출량 감소
  - 가축분뇨 관리 : 축산 농가 가축분뇨 관리

    장수군 환경위생과와 연계하여 개별 축산 농가 및 방치축분 수거·관리 체계 마련

자료: 환경부, 2018

〈가축분뇨 관리 사례 (퇴비나눔 센터)〉

〈물꼬관리〉


〈논 둠벙〉


〈밭 토지피복〉


〈밭 고랑〉

자료: 한국농어촌공사(2010), 국립환경과학원(2015)

6.2 비점오염 관리방향 및 관리방안 설정

주민참여 관리대책(안)

- 주민참여 방안
  - 거버넌스 기능 강화 : 용담호 수질개선주민협의회 → 무주군, 장수군 확대
    광역상수원지킴이 → 비점오염물질 유출 감시 강화
    강살리기추진단 및 하천네트워크 → 주민 인식 개선, 농업BMPs 확대 지원
  - 비점 교육 및 홍보 : 농업기술센터를 통한 교육·홍보
  - 주민 참여 인센티브 지원 : 농업환경보전프로그램 및 공익직불제 연계 추진

〈용담호 수질개선주민협의회 주요사업〉

2018년	2019년	2020년
농한기 좌담회 개최: 19개소 하천정화 작업: 읍면협의회 하천정화 활동 흙공투여: 진안 송대천, 상전면 백화저수지	하천정화 활동: 15회 구운마을 도랑살리기: 참여인원 32명, 준설 20톤, 창포식재 800본 등	하천정화 활동: 20회
용담호 환경대학 운영: 수강인원 270명 주민의식 교육홍보: 진안읍 19개 마을 관광철 피서지 캠페인: 두남천 및 월평천	용담호 환경대학 운영: 수강인원 45명 주민좌담회: 24개마을 636명 여름철 피서지 홍보활동: 2회	용담호 환경대학 운영: 수강인원 20명 읍면 순회 홍보활동: 8개읍면 여름철 피서지 홍보활동: 2회
수질검사: 정기 검사 4회, 수시검사 4회 수질오염원 지도감사: 5개 지천 순찰 강화	주요하천 수질모니터링: 분기별 1회	주요하천 수질모니터링: 분기별 1회

〈용담호 광역상수원지킴이 실적〉

구분	불법어로	쓰레기 불법투기	방치 쓰레기	쓰레기 수거(kg)
2018년	33	141	96	77,100
2019년	4	37	110	81,600

〈농업환경보전프로그램의 분야별 농업환경보전 활동〉

구분	분야	단위과제	세부활동
개인 활동	토양	1.적정 양분 투입	①비료살포시토양검정을 받고비료사용처방서준수
			②완효성 비료 사용하기
			③퇴비(가축분뇨 유래) 사용기준 준수
			④액비(가축분뇨 유래) 사용기준 준수
		2.외부 양분 투입 감축	①농사 후 남은 농업부산물 잘라 논.밭에 환원
			②휴경기 녹비작물 재배 및 토양환원
		3.토양침식 및 양분유출 방지	①볏짚 등 농업부산물로 경사진 밭 덮기
			②경사진 밭 둘레에 빗물이 돌아가는 이랑 만들기
			③경사진 밭 끝에 초생대 설치하기
			④경사진 밭 끝에 침사구 설치하기
	생태	1.농약사용 저감	①천적으로 해충 방지하기
			②제초제 없이 잡초 제거하기
			③과수원에서 초생 재배하기
			④태양열로 토양 소독하기
			⑤시설하우스에 방충망 설치하기
	대기	1.온실가스 감축	①경운 최소화
		2.축산악취 저감	①축산악취 저감을 위한 미생물 제제 사용하기
공동 활동	용수	1.농업용수수질개선	①오염된 하천.저수지 청소 및 수생식물 식재
		2.양분유출 방지 등	①논 배수물꼬 설치 및 물관리
	생활	1.생활환경 개선 * 농촌비점발생최소화	①영농폐기물 공동수거 및 분리배출
			②생활폐기물 공동수거 및 분리배출
	생태	1.농업생태계 보호	①생태계에 유해한 생물 제거
			②둠벙(생태 물 웅덩이) 조성 및 관리
			③농경지 이용 멸종위기종 조류 먹이공급
	경관	1.농촌경관 개선	①공동공간 관리 및 청소
			②공동공간에 꽃과 나무 심기
			③빈집 및 불량시설 경관 정비
	유산	1.농업유산 보전	①농경의례 및 공동체문화 전승
			②전통적 농업기술의 유지 및 계승
			③전통적 토지이용 경관의 보전
			④전통적 수리관개시설의 활용 및 보전

6.2 비점오염 관리방향 및 관리방안 설정

비점오염 모니터링 계획(안)

- 비점오염 유출 모니터링
  - 용담호 중권역의 국가 수질측정망은 비강우시기를 대상으로 운영
  - 장계천과 장계천합류후 소권역은 수질측정망 부재
  - 체계적인 비점오염 유출 모니터링 및 저감대책 등의 평가 등을 위한 비점 측정망 운영 필요
    각 우심 소권역 말단을 대상으로 비점 측정망 운영

〈비점오염유출 자동수질측정소〉

〈용담호 중권역 비점오염 유출 측정망 지점(안)〉

자료: 전라북도(2017)

6.3 소유역별 비점오염 저감대책(안)

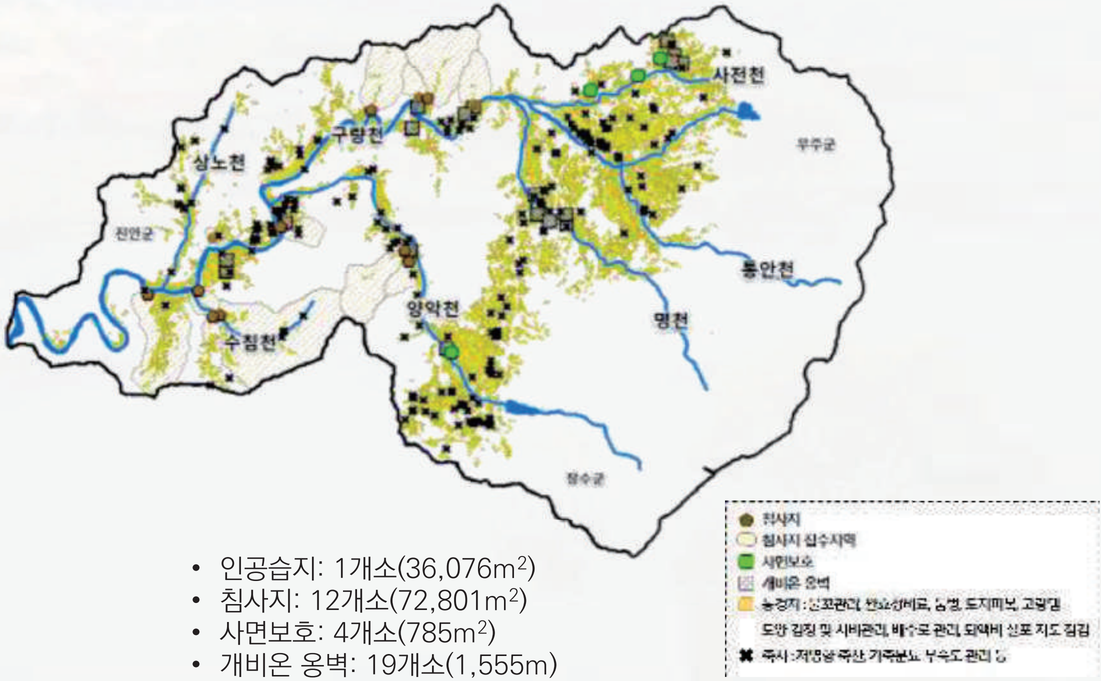
우심 소권역별 비점오염 저감 대책(안)

- 구조적 대책 : 우선순위 소유역 중심, 비구조적 대책 : 각 우심 소권역 전체 적용

정자천 소권역

- 인공습지: 1개소(50,331m^{2})
- 침사지: 6개소(70,875m^{2})
- 사면보호: 3개소(171,000km^{2})
- 개비온 옹벽: 17개소(1,140m)
- 물꼬관리: 3.11km^{2}
- 토지피복: 6.33km^{2}

구량천 소권역



- 인공습지: 1개소(36,076m^{2})
- 침사지: 12개소(72,801m^{2})
- 사면보호: 4개소(785m^{2})
- 개비온 옹벽: 19개소(1,555m)
- 물꼬관리: 8.51km^{2}
- 토지피복: 13.42km^{2}

6.3 소유역별 비점오염 저감대책(안)

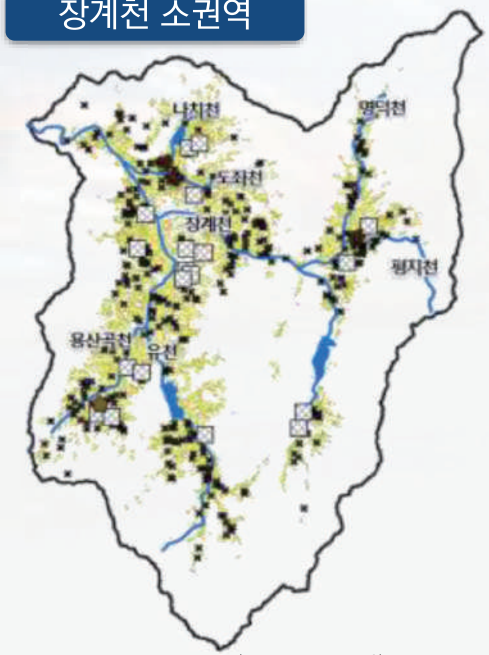
우심 소권역별 비점오염 저감 대책(안)

- 구조적 대책 : 우선순위 소유역 중심, 비구조적 대책 : 각 우심 소권역 전체 적용

진안천 소권역

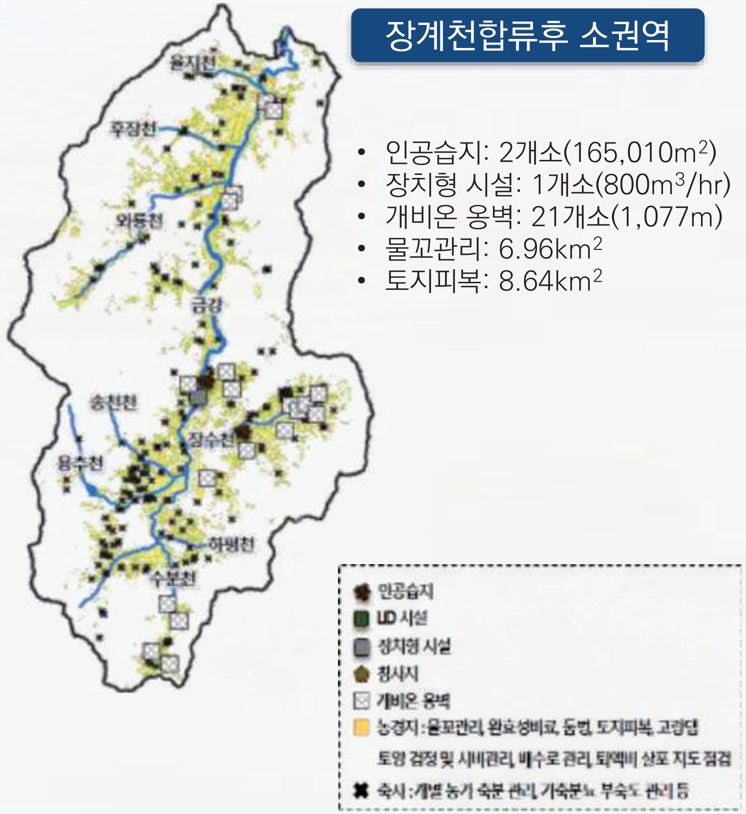
- 인공습지: 2개소(120,050m^2)
- LID: 3개 소유역(1.44km^2)
- 침사지: 1개소(13,158m^2)
- 개비온 옹벽: 22개소(1,216m)
- 물꼬관리: 2.77km^2
- 토지피복: 8.09km^2

장계천 소권역



- 인공습지: 3개소(154,167m^2)
- 침사지: 1개소(10,314m^2)
- 개비온 옹벽: 20개소(1,102m) 물꼬관리: 7.83km^2
- 토지피복: 7.61km^2

장계천합류후 소권역



- 인공습지: 2개소(165,010m^2)
- 장치형 시설: 1개소(800m^3/hr)
- 개비온 옹벽: 21개소(1,077m)
- 물꼬관리: 6.96km^2
- 토지피복: 8.64km^2

6.4 비점오염 저감 대책에 따른 효과 분석

비점오염 저감 대책별 수질개선 효과분석

- 인공습지, LID, 침사지 대책에 따른 저감량

구분	항목	정자천	구량천	진안천	장계천	장계천합류후
인공습지	SS(kg/day)	38.03	23.88	32.71	79.05	38.12
	T-P(g/day)	32.64	32.61	31.24	156.32	92.12
LID	SS(kg/day)	-	-	43.49	-	-
	T-P(g/day)	-	-	87.59	-	-
침사지	SS(kg/day)	25.22	45.42	1.22	1.76	-
	T-P(g/day)	16.26	33.18	0.95	29.74	-

6.4 비점오염 저감 대책에 따른 효과 분석

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

비점오염 저감 대책별 수질개선 효과분석

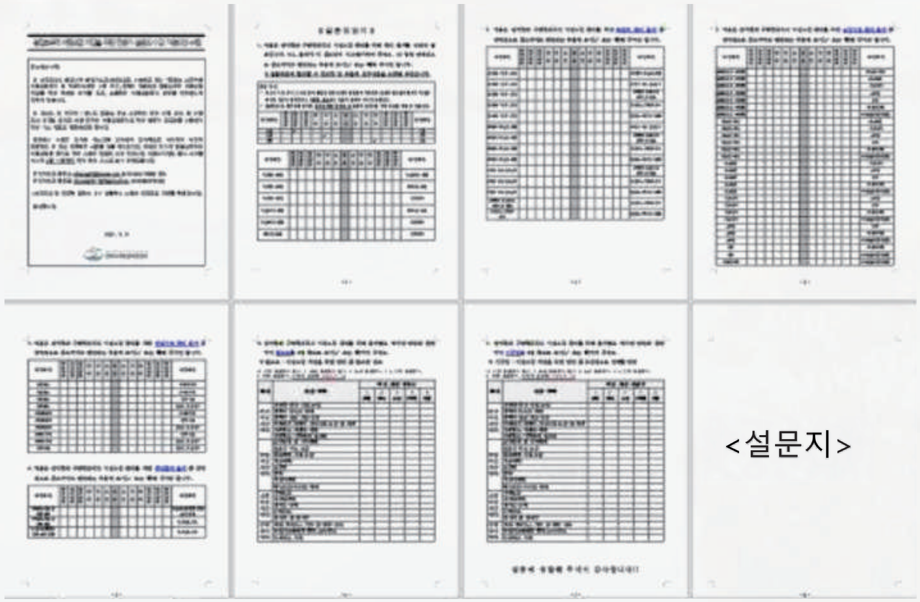
- 논 BMPs, 밭 BMPs 대책에 따른 저감량

구분	항목	정자천	구량천	진안천	장계천	장계천합류후
논 BMPs	SS(kg/day)	262.45	115.24	9.10	332.58	346.35
	T-P(g/day)	259.36	908.72	358.24	1,456.95	1,124.19
밭 BMPs	SS(kg/day)	2,456.93	12,380.81	3,915.23	4,929.03	6,224.72
	T-P(g/day)	1,127.46	6,330.11	1,845.47	6,399.06	6,584.15

6.5 비점오염 저감 대책별 우선순위 선정

비점오염 저감 대책별 우선순위 설정 방법

- **비점오염 저감 대책의 단계별 추진 및 이행을 위해 대책별 우선순위 설정**
  - 전문가 그룹의 의견 수렴을 통해 객관성을 확보하여 합리적으로 추진할 수 있도록 함
- **전문가 그룹 선정 및 설문 방식**
  - 수질환경, 수리수문, 환경정책, 수생태 등 다양한 분야의 전문 지식을 소유한 전문가 포함(관계기관 비점오염 담당자 포함)
    - · 학계 26명, 연구소 7명, 업계 10명, 관계기관 7명, 단체 3명으로 구성
  - 이메일을 통해 진행, 사전 전화연락 및 응답 독려
- **설문지 구성**
  - 총 7개 문항으로 구성, 연구결과 요약 제공
  - 1번 문항 : 비점오염 관리 분야별 (축산비점, 농업비점, 산림비점, 주민참여) 중요도
  - 2번 문항 : 축산비점 분야 대책들의 상대적인 중요도
  - 3번 문항 : 농업비점 분야 대책들의 상대적인 중요도
  - 4번 문항 : 산림비점 분야 대책들의 상대적인 중요도
  - 5번 문항 : 주민참여 방안들의 상대적인 중요도
  - 6번 문항 : 비점오염 저감 대책들의 필요도
  - 7번 문항 : 비점오염 저감 대책들의 시급성



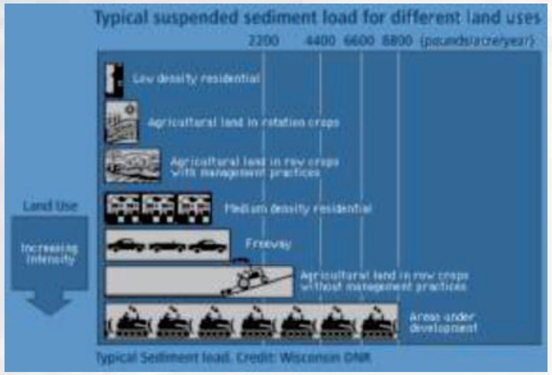
<설문지>

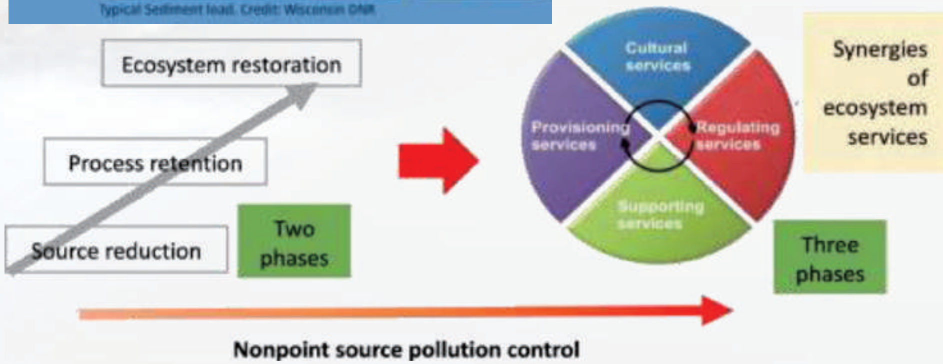
6.5 비점오염 저감 대책별 우선순위 선정

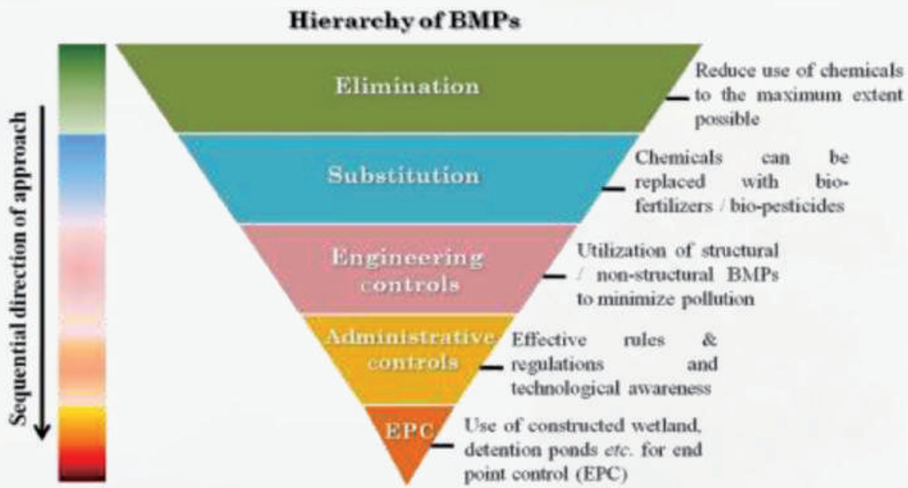
비점오염 저감 대책별 우선순위 선정

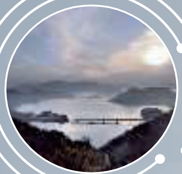
- 설문조사 결과
  - 설문 응답률 79.6%
  - 비점오염 관리 분야 : 1순위 축산비점, 2순위 주민참여, 3순위 농업비점, 4순위 산림비점

분야	가중치	순위
축산비점	0.368	1
농업비점	0.212	3
산림비점	0.111	4
주민참여	0.308	2









6.5 비점오염 저감 대책별 우선순위 선정

전북대학교

비점오염 저감 대책별 우선순위 선정

- **설문조사 결과 (우선순위 선정)**
  - 대책의 중요도, 필요도, 시급성 분석결과 1순위는 동일하게 나타났으나, 나머지 순위들은 차이가 있어 우선순위를 선정하기 위해 중요도, 필요도, 시급성 결과를 동일한 단위로 변환하여 종합적으로 분석함
  - 1순위는 "거버넌스 기능 및 활동 강화"로 나타났으며, 상위에 위치한 대책들은 주로 주민참여 방안으로 나타남
  - 본 설문조사 결과를 종합하여 용담호유역의 비점오염관리를 위한 중장기 로드맵을 수립

구분	대책	중요도	필요도	시급성	평균	순위
축산 비점 대책	저영향축산도입	0.099	0.054	0.049	0.068	2
	퇴액비부숙도관리	0.048	0.045	0.047	0.047	10
	퇴액비살포지도	0.053	0.047	0.049	0.050	6
	퇴액비저장시설보급	0.050	0.044	0.046	0.047	9
	가축분뇨자원화확대	0.058	0.041	0.043	0.047	8
	가축분뇨이동과정전산화	0.059	0.047	0.046	0.051	5
농업 비점 대책	토양검정 및 시비관리	0.041	0.052	0.049	0.047	7
	완효성비료보급	0.029	0.044	0.046	0.040	15
	물꼬관리	0.033	0.046	0.046	0.042	12
	토지피복	0.027	0.047	0.047	0.041	14
	고랑댐	0.012	0.037	0.036	0.028	22
	둠벙	0.019	0.039	0.037	0.032	19
	식생여과대	0.027	0.047	0.043	0.039	16
	배수로관리	0.024	0.038	0.042	0.034	18
산림 비점 대책	사면보호	0.036	0.052	0.052	0.047	11
	식생완충대	0.028	0.047	0.047	0.041	13
	옹벽	0.012	0.038	0.038	0.029	21
	우회수로	0.015	0.040	0.040	0.032	20
	침사지	0.020	0.044	0.043	0.036	17
주민 참여 방안	거버넌스 기능 및 활동강화	0.118	0.053	0.053	0.075	1
	농업기술센터를 통한 교육·홍보	0.086	0.049	0.052	0.062	4
	인센티브 지원	0.104	0.048	0.048	0.067	3

Chapter 7

7. 비점오염 관리 중장기 계획수립

7.1 수질관리 항목 설정
7.2 수질관리 목표 설정
7.3 비점오염 관리 중장기 로드맵
7.4 투자계획 및 재원조달 방안

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

7.1 수질관리 항목 설정

수질관리 항목

- 기존 비점오염원관리지역 관리대상 물질
  - 도시지역 : BOD, T-P
  - 산림을 포함하는 농촌지역 : SS

- 용담댐 중권역 비점오염원 관리 대상물질(안)
  - 용담호 녹조 저감을 위해서는 부영양화 관리를 위해 영양염에 중점을 두고 고려
  - 강우 현장조사 결과 강우량 증가시 T-P와 SS 항목 유출 특성 뚜렷하게 관측
  - 용담호 녹조 발생 저감 및 억제를 위해 T-P를 주 목표로 설정하고, T-P와 상관관계가 높은 SS를 보조 목표로 설정

〈국내 비점오염원관리지역 관리 항목〉

구분	지역	관리대상물질
도시지역	광주광역시	유기물질(BOD)
	경기도 수원시	유기물질(BOD)
	안동시 안동댐하류 유역	총인(T-P)
	김해시 서낙동강 유역	총인(T-P)
	용인시 신갈천·탄천 유역	총인(T-P)
농촌지역	골지천 유역	탁수유발물질(SS)
	도암호	탁수유발물질(SS)
	인북천 유역 만대지구	탁수유발물질(SS)
	인북천 유역 가아지구	탁수유발물질(SS)
	인북천 유역 자운지구	탁수유발물질(SS)
	강릉시 송천유역 대기지구	탁수유발물질(SS)
도농혼합지역	양산시 양산천 유역	총인(T-P)
	새만금 유역	총인(T-P)

7.2 수질관리 목표 설정

기존 수질관리 목표

- 용담댐 중권역 기존 수질관리 목표
  - 중권역 물환경 목표기준 : 하천 생활환경기준 Ib 등급
    (BOD 2.0 mg/L, T-P 0.04 mg/L)
  - 수질오염총량관리제도 : 금본A (BOD 1.3 mg/L, T-P 0.024 mg/L)
    금본B (BOD 1.0 mg/L, T-P 0.016 mg/L)

〈수질오염총량 평가 수질 현황〉

단위 유역	대상 물질	목표수질 (mg/L)	평가수질(mg/L)						
			12 ~14	13 ~15	14 ~16	15 ~17	16 ~18	17 ~19	18 ~20
금본A	BOD	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2
	T-P	0.024	0.044	0.046	0.043	0.045	0.055	0.061	0.066
금본B	BOD	1.0	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7
	T-P	0.016	0.018	0.016	0.015	0.016	0.017	0.021	0.024

〈하천 수질 및 등급 현황〉

지점	연도	BOD		T-P	
		농도(mg/L)	수질등급	농도(mg/L)	수질등급
정자천	2016	0.6	Ia	0.017	Ia
	2017	0.6	Ia	0.017	Ia
	2018	0.7	Ia	0.025	Ib
	2019	0.6	Ia	0.025	Ib
	2020	0.6	Ia	0.020	Ia
구량천	2016	0.8	Ia	0.028	Ib
	2017	0.8	Ia	0.023	Ib
	2018	1.0	Ia	0.035	Ib
	2019	1.0	Ia	0.046	II
	2020	0.8	Ia	0.036	Ib
진안천	2016	1.5	Ib	0.055	II
	2017	1.2	Ib	0.074	II
	2018	1.7	Ib	0.063	II
	2019	1.7	Ib	0.059	II
	2020	1.4	Ib	0.053	II
가막	2016	1.0	Ia	0.045	II
	2017	1.1	Ib	0.045	II
	2018	1.3	Ib	0.072	II
	2019	1.1	Ib	0.061	II
	2020	1.2	Ib	0.058	II

자료: 물환경정보시스템

7.2 수질관리 목표 설정

비점오염 수질관리 목표 설정(안)

- 수질관리 목표 설정 방법
  - 골지천 및 새만금 유역 비점오염원관리지역 수질관리 목표 설정 방법(부하지속곡선, LDC) 적용

기준연도 설정

↓

재현성 확보된 모델로부터 기준연도 일 유량자료 추출

↓

유량지속곡선(FDC, Flow Duration Curve) 작성 및 관리 유황구간 선정

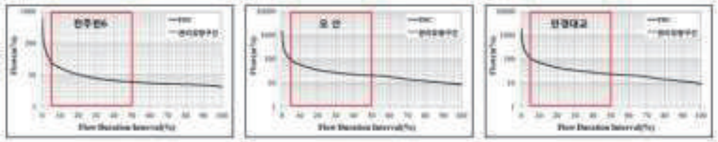
↓

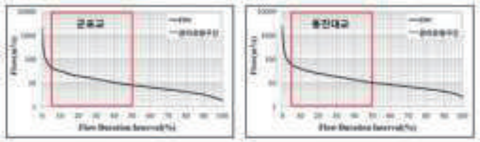
관리 유황구간의 관리 항목 농도 추출 및 적정 퍼센타일 농도 검토

↓

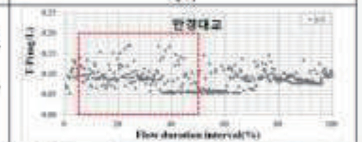
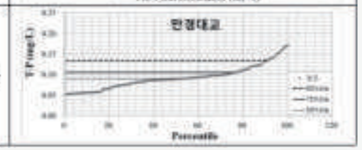
관리목표 수질 기준 선정

〈비점관리 수질관리 목표 설정 방법〉





지 점	관리 유황구간(m³/s)
진주천6	5.85 ~ 25.52
오산	20.12 ~ 91.72
만경대교	22.63 ~ 114.37
군포교	8.08 ~ 45.67
동진대교	10.36 ~ 58.50

순서	방법	예시
1	- 기준연도의 유량을 기준으로 유량과 농도를 내림차순으로 정리 - 관리유황 구간인 5~50%에 포함되는 농도를 추출	
2	- 추출된 농도를 오름차순으로 정리 - 50, 75, 90 퍼센타일에 해당되는 농도를 관리목표로 설정	

〈관리유황 구간 및 관리 목표 기준 설정 예시〉

7.2 수질관리 목표 설정

비점오염 수질관리 목표 설정(안)

- 용담댐 중권역 기준연도 설정 : 지난 30년간 (1991년 ~ 2020년) 강우량 분석 결과, 평수년(50% 수준)에 해당되는 2016년을 기준연도로 설정
- 관리유황 구간 설정

– 본 연구의 모델 자료 분석 결과, 홍수기와 풍수기에 T-P 부하량 초과 빈도 높음

– 따라서 비점관리를 위한 관리유황 구간은 최대 홍수구간을 제외한 5 ~ 40% 유황구간으로 설정함

– 5 ~ 40% 유황구간에 해당하는 유량 범위(관리유량구간)

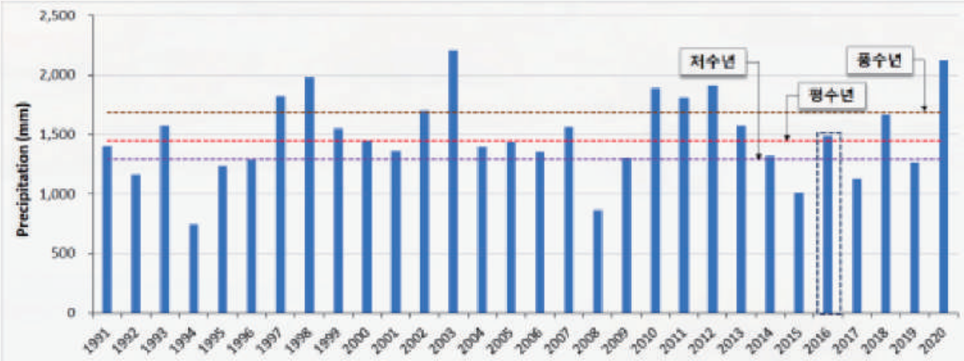
⇒ 정자천 소권역(구암교) : 0.899 ~ 5.030 m^3/s

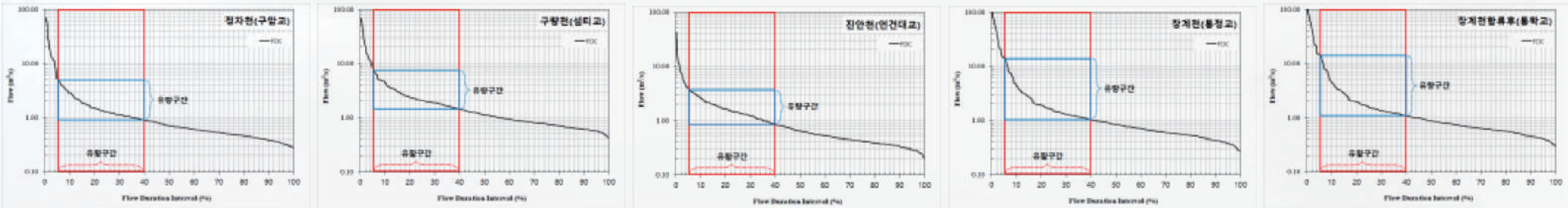
⇒ 구량천 소권역(섬티교) : 1.440 ~ 7.650 m^3/s

⇒ 진안천 소권역(언건대교) : 0.086 ~ 3.750 m^3/s

⇒ 장계천 소권역(동정교) : 1.030 ~ 13.900 m^3/s

⇒ 장계천합류후 소권역(통학교) : 1.070 ~ 14.100 m^3/s





7.2 수질관리 목표 설정

비점오염 수질관리 목표 설정(안)

- 용담댐 비점오염 관리를 위한 T-P (주목표) 기준 설정
  - 관리유황 구간에서 추출된 T-P의 50, 70, 90 퍼센타일 농도를 대상으로 비점 저감 대책에 따른 저감율 분석
  - 전반적으로 저감율이 높은 50 퍼센타일 농도를 기준 농도로 설정

구분	T-P 50퍼센타일			T-P 70퍼센타일			T-P 90퍼센타일		
	무대책 (mg/L)	대책 (mg/L)	저감율 (%)	무대책 (mg/L)	대책 (mg/L)	저감율 (%)	무대책 (mg/L)	대책 (mg/L)	저감율 (%)
정자천 (구암교)	0.025	0.023	6.93%	0.036	0.033	6.65%	0.077	0.072	7.09%
구량천 (섬티교)	0.032	0.028	12.80%	0.041	0.038	8.09%	0.089	0.079	11.63%
진안천 (언건대교)	0.033	0.030	9.77%	0.036	0.034	4.98%	0.082	0.079	4.59%
장계천 (동정교)	0.049	0.044	10.04%	0.059	0.051	13.12%	0.108	0.099	8.22%
장계천합류후 (통학교)	0.050	0.045	10.40%	0.058	0.051	11.28%	0.122	0.110	9.22%

7.3 비점오염 관리 중장기 로드맵

전북대학교

비점오염 관리 로드맵 구성

- 시간적 범위 : 10년간 추진
  - 1단계 : 2022년 ~ 2024년
  - 2단계 : 2025년 ~ 2027년
  - 3단계 : 2028년 ~ 2031년
- 공간적 범위 : 용담댐 중권역 우심 소권역 (정자천, 구량천, 진안천, 장계천, 장계천합류후 소권역)
- 시공간적 비점오염 저감 대책 적용 방법
  - 우심 소권역의 T-P 및 SS 단위면적당 부하량을 고려하여 높은 소권역을 우선 고려 (기 구축된 모델로 분석)

    ⇒ 장계천합류후 〉 장계천 〉 구량천 〉 진안천 〉 정자천 순을 고려하여 로드맵 구성
  - 지자체의 재정을 고려하여 분산 배치

소권역	SS(kg/d/km²)	T-P(kg/d/km²)	비고
진안천	61.60	0.08	진안군
정자천	146.05	0.06	진안군
장계천합류후	112.42	0.26	장수군
장계천	108.28	0.25	장수군
구량천	62.09	0.16	무주, 진안, 장수

7.3 비점오염 관리 중장기 로드맵

용담댐 중권역 비점오염원 저감 로드맵(안)

장수군 | 진안군 | 무주군 | 공통

정자천 | 구량천 | 진안천 | 장계천 | 장계천합류후

구분	대책	1단계 '22	1단계 '23	1단계 '24	2단계 '25	2단계 '26	2단계 '27	3단계 '28	3단계 '29	3단계 '30	3단계 '31
제도	비점오염원 관리지역지정	용담댐 우심 소권역 비점오염원관리지역 지정									
	비점 측정망 운영	우심 소권역 비점오염 유출 모니터링									
구조적 대책	인공습지		선창(24,100㎡) 명덕(56,910㎡) 자산(36,076㎡)			동촌(140,910㎡) 송천(37,707㎡) 단양(99,510㎡)			무농(59,550㎡) 수평(20,540㎡) 거석(50,331㎡)		
	침사지	신전(10,314㎡)		원촌(2,140㎡), 원촌(988㎡)		성산(14,132㎡), 능금(2,740㎡)		수항(13,871㎡), 월평(1,756㎡)			
	침사지		진도(4,114㎡), 진도(1,608㎡)		대량(441㎡), 자산(2,668㎡)		신송(837㎡), 신송(23,863㎡)		두남(11,332㎡), 수항(20,342㎡)		
	침사지			진도(8,236㎡), 진도(11,032㎡)		운산(13,158㎡)				거석(22,649㎡), 황금(925㎡)	
	장치형시설		노하(800㎥/hr)								
	사면보호	공진(410㎡)	사진(305㎡)	금평(375㎡)	황금(69,000㎡)	봉학(100,000㎡)	수항(2,000㎡)				
	도심 LID		군상(0.52㎢)			군상(0.36㎢)			군하(0.56㎢)		
	개비온 옹벽	단양, 반월(514m)	단양, 반월, 군상, 운산(280m)	단양, 군하, 주평(422m)	명덕, 신전, 호덕, 청곡(271m)	창곡, 월강, 금덕, 궁양, 호덕(431m)	오동, 신전, 대곡(400m)	원촌(20m)	진도(370m)	장기(400m)	공진, 금평(415m)
	개비온 옹벽	월곡, 춘송, 선창(440m)	두산, 노곡, 수분(351m)	노하, 동촌, 춘송, 노곡(286m)	대량, 능금(350m)	두남, 수항(310m)	거석(450m)	거석, 수항, 봉암(380m)			
비구조적 대책	논 BMPs	우선순위 소유역			우심 소권역 전체 논 확대 적용						
	밭 BMPs	우선순위 소유역			우심 소권역 전체 밭 확대 적용						
	축산농가 가축분뇨 관리	가축분뇨 수거 체계 마련(퇴비나눔센터)			시범사업			우심 소권역 전체 확대 적용			
주민참여 방안	민간 거버넌스 기능 강화	용담호수질개선주민협의회(무주, 장수 확대), 광역상수원지킴이(비점오염물질 유출 감시 강화), 강살리기추진단 및 하천 네트워크(주민 인식조사, 현장 농업 BMPs 컨설팅 및 보급 지원 등)									
	교육 및 홍보	지자체 농업기술센터 비점 교육 프로그램 운영									
	주민참여 인센티브 지원	지자체 농업환경보전프로그램 공모 신청 및 사업 추진									

7.4 투자계획 및 재원조달 방안

투자계획

- 구조적 대책 투자계획(안)
  - 시설설치비 : 155,774 백만원, 유지관리비 : 27,589 백만원

〈단위 : 백만원〉

시설설치비	1단계			2단계			3단계				합계
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
인공습지	789.8	13,251.0	13,251.0	1,887.0	32,321.4	32,321.4	868.1	9,724.2	9,724.2	9,724.2	123,862.1
침사지	874.6	1,389.8	2,057.8	1,801.3	2,865.4	4,622.2	3,325.4	3,969.5	4,978.9	2,319.4	28,204.2
장치형	–	566.7	566.7	–	–	–	–	–	–	–	1,133.3
사면보호	2.3	1.7	2.1	388.5	563.0	11.3	–	–	–	–	968.9
도심 LID	14.7	151.6	151.6	10.2	103.1	103.1	15.8	108.3	108.3	108.3	875.2
개비온 옹벽	114.5	75.7	85.0	74.5	88.9	102.0	48.0	44.4	48.0	49.8	730.8
합계	1,795.9	15,436.5	16,114.1	4,161.5	35,941.8	37,159.9	4,257.2	13,846.4	14,859.4	12,201.7	155,774.4

유지관리비	1단계			2단계			3단계				합계
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
인공습지	–	–	–	1,364.6	1,364.6	1,364.6	4,691.1	4,691.1	4,691.1	4,691.1	22,858.1
침사지	–	–	87.5	139.0	293.2	319.1	579.8	781.3	912.3	1,178.3	4,290.5
장치형	–	–	–	56.7	56.7	56.7	56.7	56.7	56.7	56.7	396.7
도심 LID	–	–	–	4.5	4.5	4.5	7.5	7.5	7.5	7.5	43.3
합계	–	–	87.5	1,564.7	1,719.0	1,744.8	5,335.0	5,536.6	5,667.6	5,933.5	27,588.6

7.4 투자계획 및 재원조달 방안

투자계획

- 비구조적 대책 투자계획(안)
  - 물꼬관리 : 3,736 백만원, 완효성 비료 보급: 359 백만원
  - 인센티브 : 2,334 백만원
  - 비점 측정망 : 2,350 백만원

〈단위 : 백만원〉

시설설치비	1단계			2단계			3단계				합계
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
물꼬관리	497.49	497.49	497.46	320.49	320.49	320.49	320.49	320.49	320.47	320.47	3,735.83
완효성비료	47.80	47.80	47.80	30.82	30.82	30.82	30.82	30.81	30.81	30.80	359.10
인센티브	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	233.39	2,333.90
비점 측정망	–	–	950.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00	2,350.00
합계	778.68	778.68	1,728.65	784.70	784.70	784.70	784.70	784.69	784.67	784.66	8,778.83

7.4 투자계획 및 재원조달 방안

재원조달 방안

- 구조적 대책 :
  - 사업비 : 국비보조 50%, 기금 40%, 지방비 10%
  - 유지관리비 : 기금 10%, 지방비 90%
- 비구조적 대책 : 지방비 100%
- 주민참여 방안 : 지방비 100%
- 측정망 : 지방비 100%

〈단위 : 백만원〉

구분		합계	국비	기금	지방비
합계		192,141.8	77,887.2	65,068.6	49,186.0
사업비	인공습지	123,862.1	61,931.0	49,544.8	12,386.2
	침사지	28,204.2	14,102.1	11,281.7	2,820.4
	장치형	1,133.3	566.7	453.3	113.3
	사면보호	968.9	484.4	387.6	96.9
	도심 LID	875.2	437.6	350.1	87.5
	개비온 옹벽	730.8	365.4	292.3	73.1
	물꼬시설	3,735.8			3,735.8
	완효성비료	359.1			359.1
	인센티브	2,333.9			2,333.9
유지관리비	인공습지	22,858.1		2,285.8	20,572.3
	침사지	4,290.5		429.1	3,861.5
	장치형	396.7		39.7	357.0
	도심 LID	43.3		4.3	38.9
비점오염 측정망		2,350.0			2,350.0

Thank you for your attention

전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY

물환경분야 관리 방향성 및 주요 추진전략

공주대학교 김이형 교수

물환경분야 관리 방향성 및 주요 추진전략

2022. 10

김이형

공주대학교 사회환경공학과 교수

BK21 FOUR 스마트시티 교육연구단장

(사)한국습지학회 회장

IWA(Inter. Water Associa.) 비점오염분과 위원

CONTENTS

1. 금강유역 물관리 현황

물관리 중 물환경분야 주요 성과

- 물관리 주요 성과
  - ✓ (물이용) 안정적 물이용 체계 구축 → 경제성장 뒷받침 및 국민 물복지 확대
  - ✓ (물환경) 수질오염 규제, 환경기초시설 설치 → 공공수역 수질회복에 기여
  - ✓ (물환경) 하천복원 및 친수공간 관리 → 하천 환경성 회복 및 친수공간 효율화
  - ✓ (물안전) 예방 중심의 가뭄 대응 기반 마련 → 가뭄 시 국민 불편 최소화
  - ✓ 24년 만의 물관리 일원화 실현 → 물관리 효율성 제고 기반 마련

- 4대강 주요지점의 수질 오염도(환경부 국립환경과학원, 2020년 전국 수질평가 보고서)

대권역	주요 지점	BOD(mg/L)		T-P(mg/L)	
		2019년	2020년	2019년	2020년
한강	팔당댐	1.2 (Ib)	1.1 (Ib)	0.031 (Ib)	0.038 (Ib)
	노량진	2.1 (II)	1.7 (Ib)	0.075 (II)	0.063 (II)
낙동강	안동1	1.0 (Ia)	1.2 (Ib)	0.014 (Ia)	0.033 (Ib)
	왜관	1.9 (Ib)	2.0 (Ib)	0.033 (Ib)	0.043 (II)
	물금	1.9 (Ib)	1.7 (Ib)	0.038 (Ib)	0.040 (Ib)
금강	대청댐	0.8 (Ia)	0.9 (Ia)	0.026 (Ib)	0.025 (Ib)
	부여1	3.4 (Ⅲ)	2.4 (II)	0.082 (II)	0.069 (II)
영산강 · 섬진강	담양	1.7 (Ib)	1.5 (Ib)	0.154 (Ⅲ)	0.121 (Ⅲ)
	나주	4.9 (Ⅲ)	5.1 (Ⅳ)	0.139 (Ⅲ)	0.123 (Ⅲ)
	주암댐	0.9 (Ia)	0.8 (Ia)	0.017 (Ia)	0.012 (Ia)
	구례	0.8 (Ia)	0.9 (Ia)	0.049 (II)	0.043 (II)

[비고] Ia: 매우좋음, Ib: 좋음, II: 약간좋음, Ⅲ: 보통, Ⅳ: 약간나쁨, Ⅴ: 나쁨

관계부처 합동(2021), 제1차 국가물관리 기본계획(2021-2030)
환경부 국립환경과학원, 2020년 전국 수질평가 보고서

- 전국 주요 하천(118개 중권역) 및 호소(49개) 목표기준 달성도

구분	BOD(하천)/TOC(호소)	TP
하천	75.7%('19년) → **80.0%**('20년)	48.7% → **45.2%**
호소	36.7% → **46.9%**	18.4% → **16.3%**

- 전국 하천(118개 중권역) 및 호소(49개) 좋은 물 달성도

구분	BOD(하천)/TOC(호소)	TP
하천	82.6% → **87.0%**	79.1% → **80.0%**
호소	87.8% → **91.8%**	79.6% → **73.5%**

- 주요 호소의 부영양화(49개소 호소)
  - ✓ 과영양 2개
  - ✓ 부영양 7개
  - ✓ 중영양 33개
  - ✓ 빈영양 7개소

물관리 중 물환경분야 주요 성과

- **권역별 하천/호소 목표기준 달성도 현황 (환경부 국립환경과학원, 2020년 전국 수질평가 보고서)**

중권역수(달성/대상)

구분	항목	계	한 강	낙동강	금 강	영산강·섬진강
하천	BOD	92/115	26/29	24/32	18/21	24/33
	TP	52/115	13/29	18/32	10/21	11/33
호소	TOC	23/49	8/13	2/14	8/10	5/12
	TP	8/49	0/13	4/14	3/10	1/12

※ 목표수질 달성도 평가 시 ‘20년도 연평균 데이터 이용

- **권역별 하천/호소 좋은물 달성도 현황**

중권역수(달성/대상)

구분	항목	계	한 강	낙동강	금 강	영산강·섬진강
하천	BOD	100/115	26/29	32/32	16/21	26/33
	TP	92/115	23/29	31/32	14/21	24/33
호소	TOC	45/49	12/13	12/14	9/10	12/12
	TP	36/49	9/13	10/14	7/10	10/12

※ 좋은물 달성도 평가 시 ’20년도 연평균 데이터 이용

- **주요 호소의 부영양화 현황(49개소 호소)**

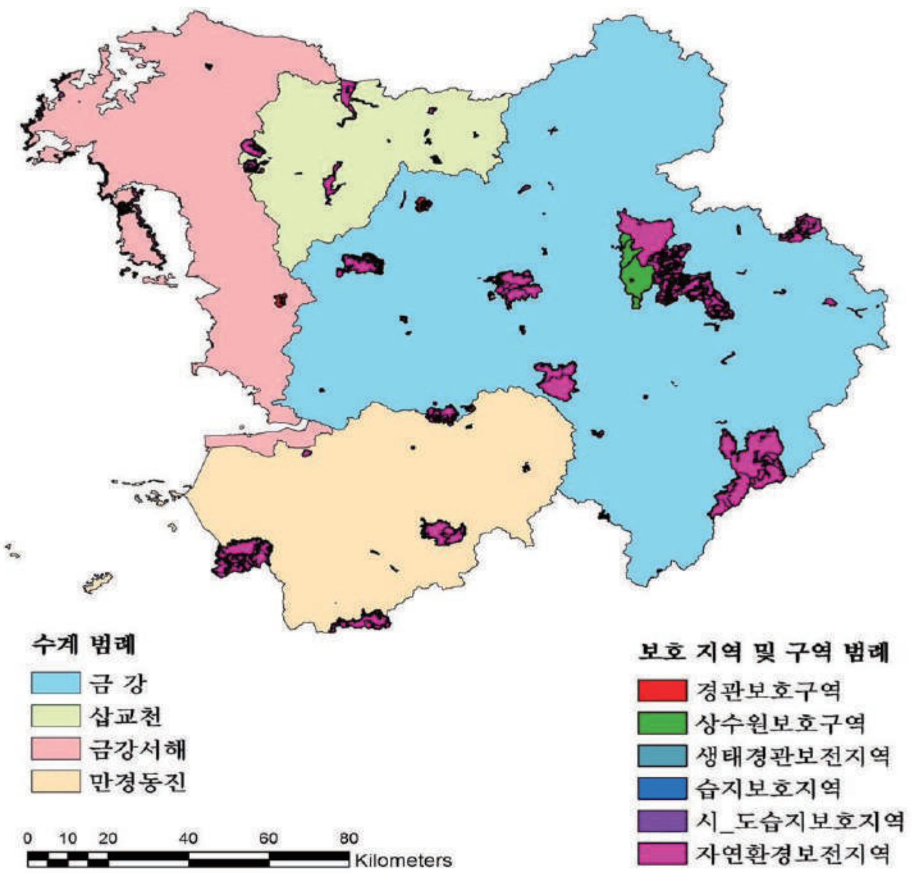
구 분*	계	한강	낙동강	금강	영산강·섬진강
	49	13	14	10	12
빈영양	7	소양호, 충주호	합천호, 밀양호	대야지, 부안호	동화호
중영양	33	파로호, 춘천호, 의암호, 청평호, 충주조정지, 팔당호, 괴산호, 횡성호, 광동호	안동호, 영천호, 가창호, 임하호, 운문호, 진양호, 사연호, 대암호, 안계호, 회야호	대청호, 탑정지, 용담호, 경천지, 보령호	담양호, 광주호, 장성호, 나주호, 옥정호, 주암호 주암조정지, 동복호, 수어호
부영양	7	경포호	낙동강하구, 보문호	금강하구, 예당지	영산호, 보성호
과영양	2	아산호	–	삽교호	–

* COD, 클로로필-a, 총인에 가중치를 부여하여 부영양화 지수를 산정, 빈영양(30미만), 중영양(30~50미만), 부영양(50~70미만), 과영양(70이상) 단계로 구분

환경부 국립환경과학원, 2020년 전국 수질평가 보고서

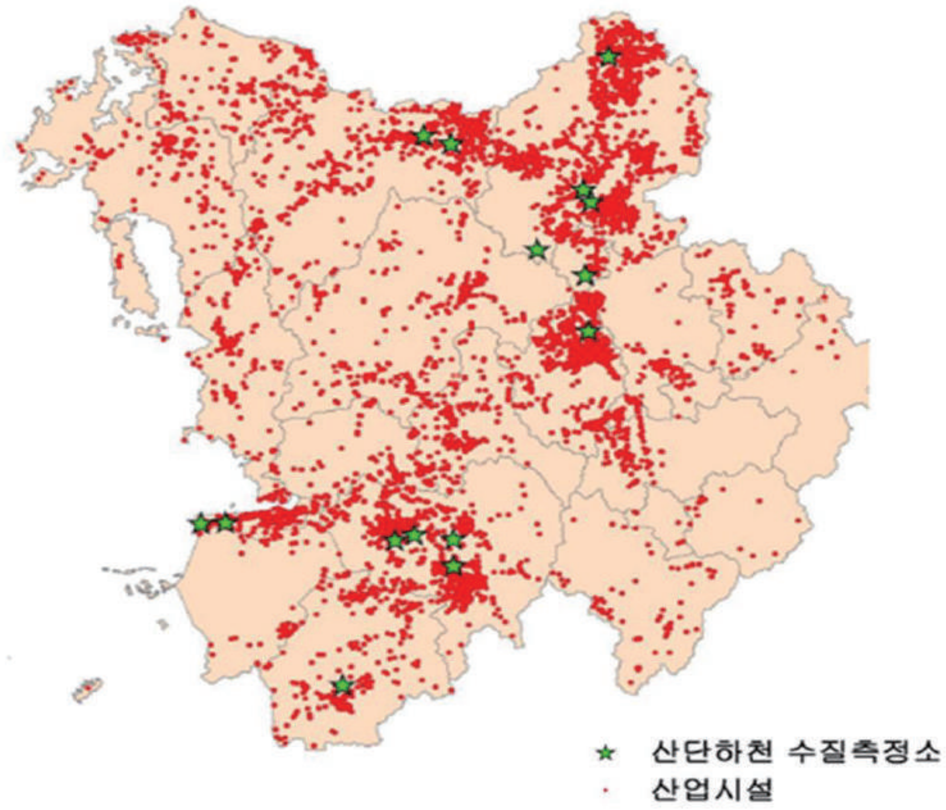
금강유역 물관리 현황

[금강유역 보호지역 및 보호구역 현황]



자료 : 한국보호지역 통합DB관리 시스템

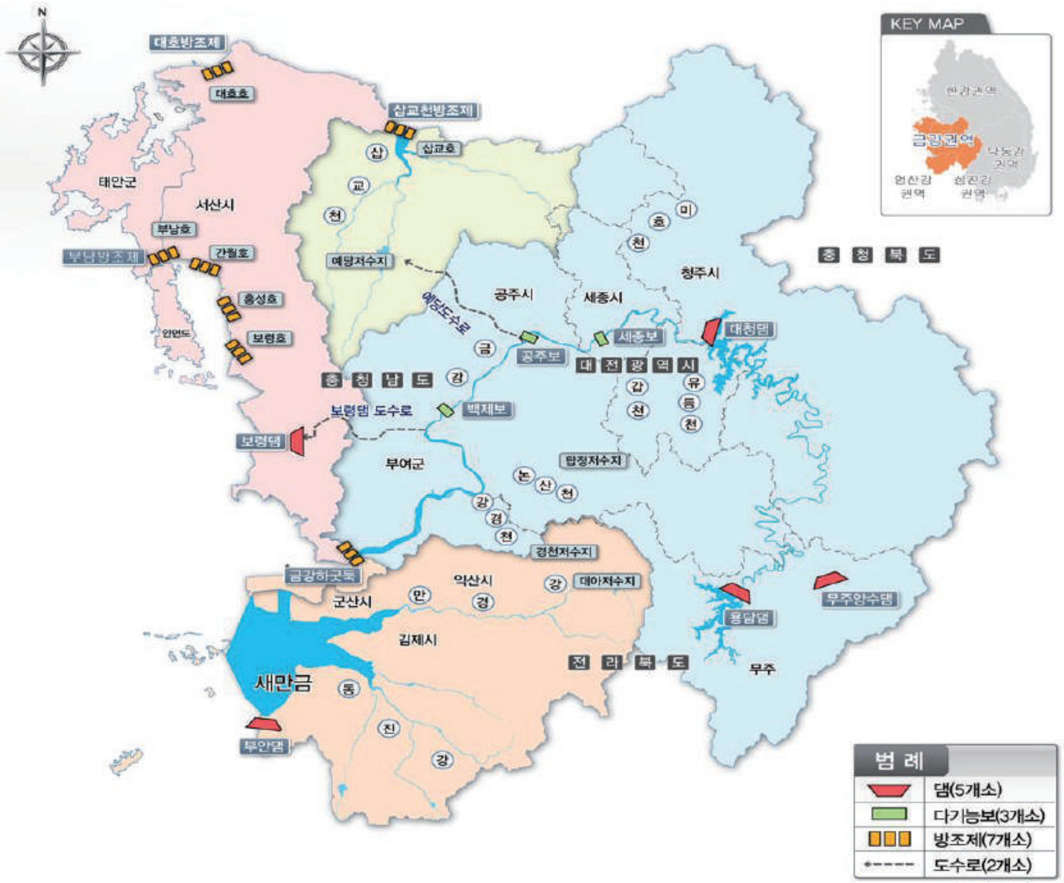
[금강유역 산업시설 분포현황]



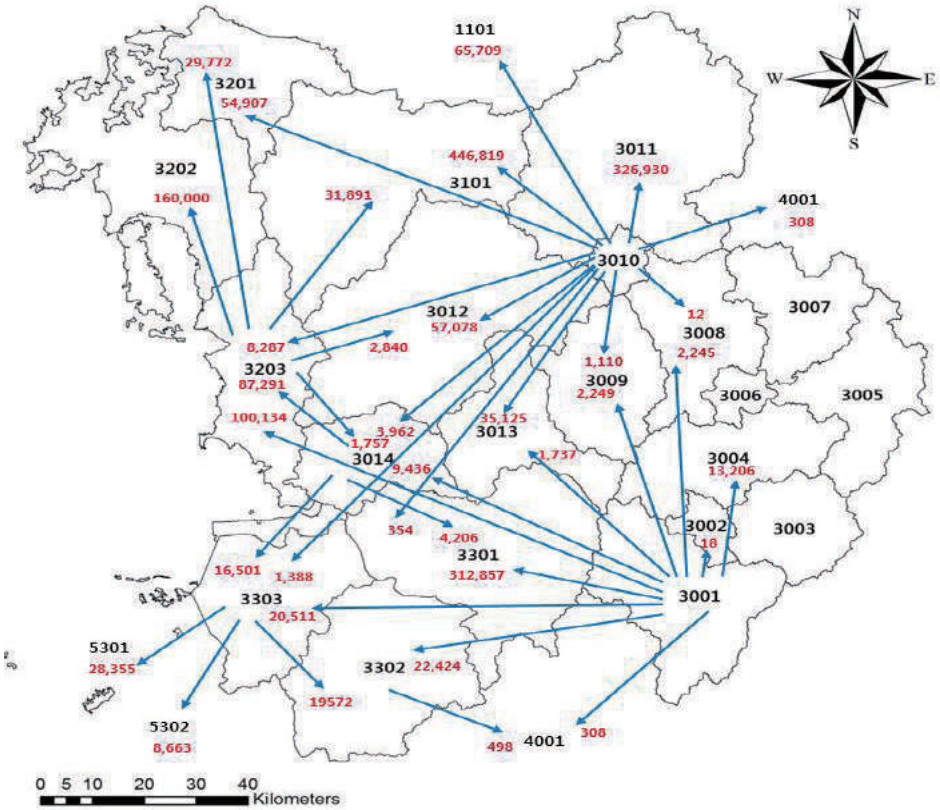
자료 : 2019년 하천유역조사 보고서

금강유역 물관리 현황

[금강유역 수원시설 현황]



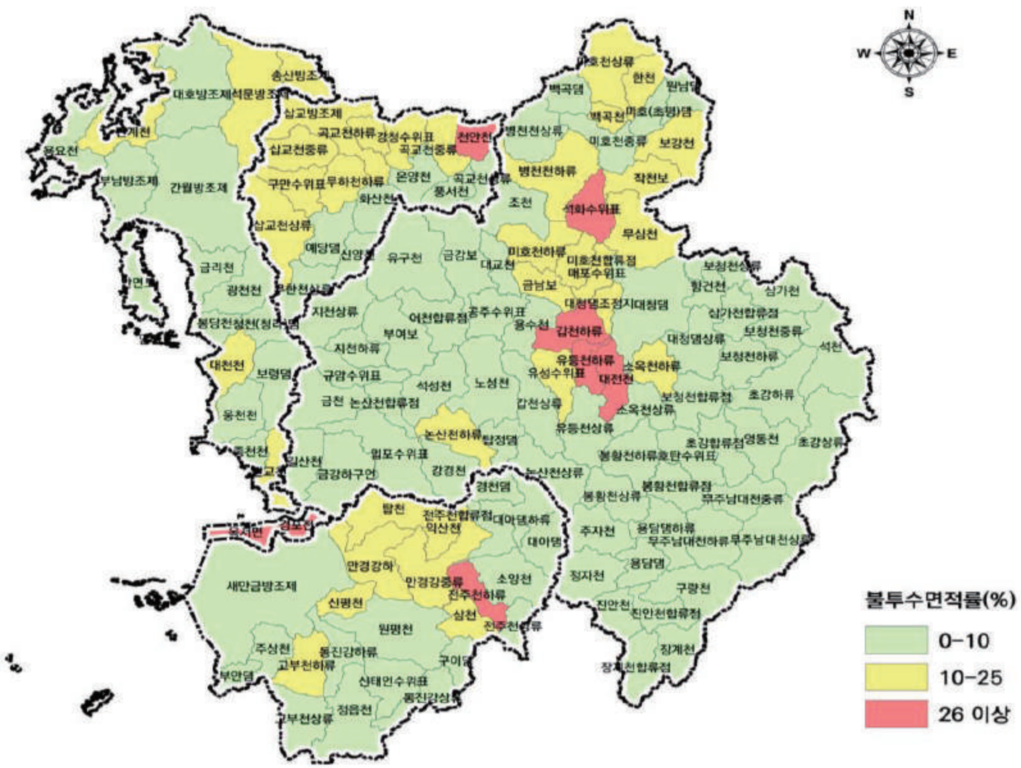
[물 이동 특성]



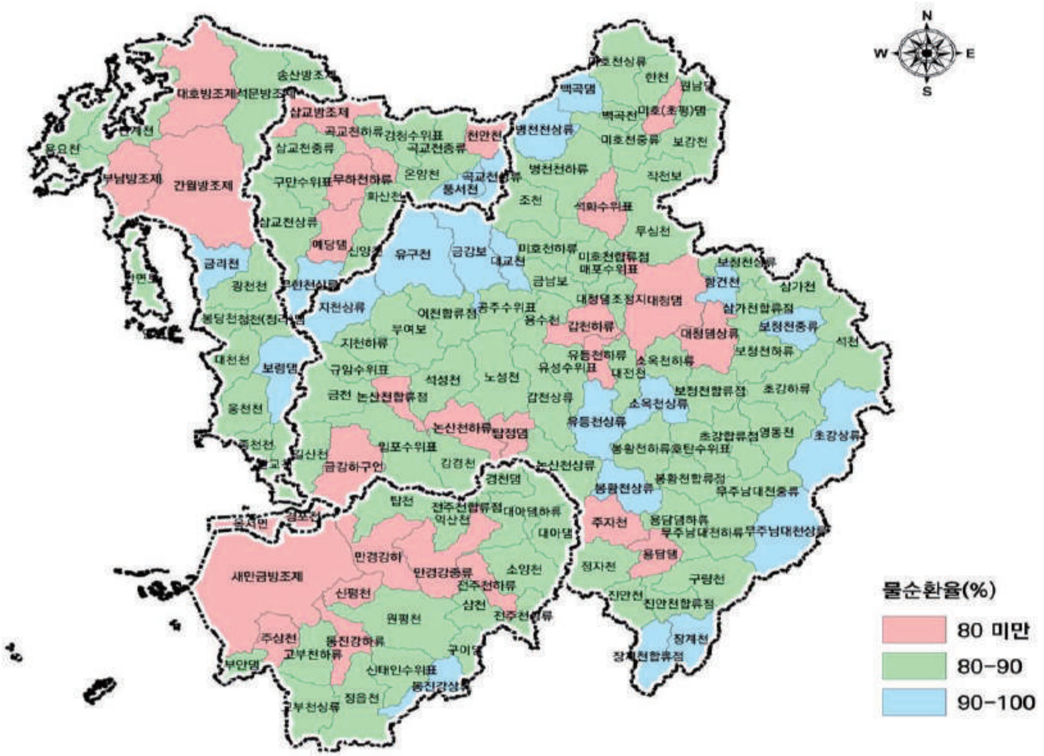
자료 : 2019년 하천유역조사 보고서

금강유역 물관리 현황

[금강유역 불투수면적율 현황]



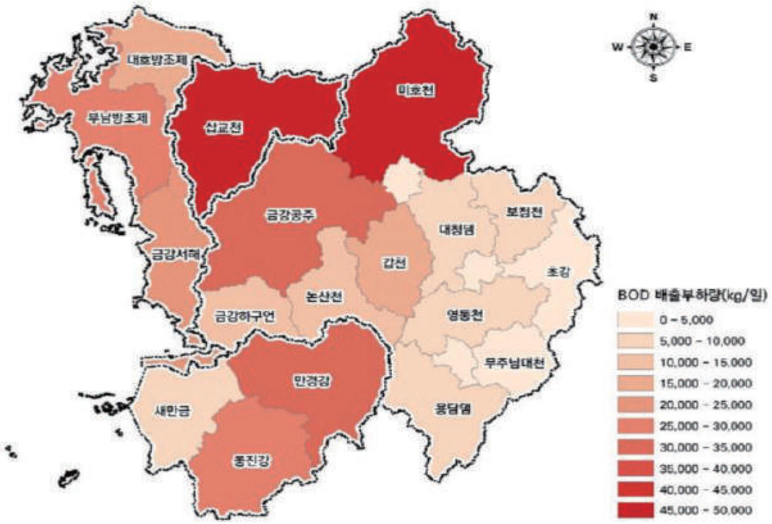
[금강유역 물순환율 현황]

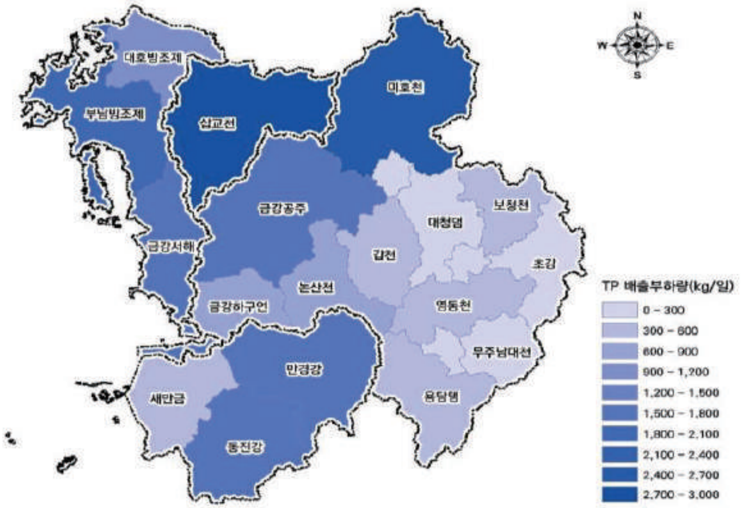


자료 : 환경부, 제3차 강우유출 비점오염원관리 종합대책(2021~2025)

금강유역 물관리 현황

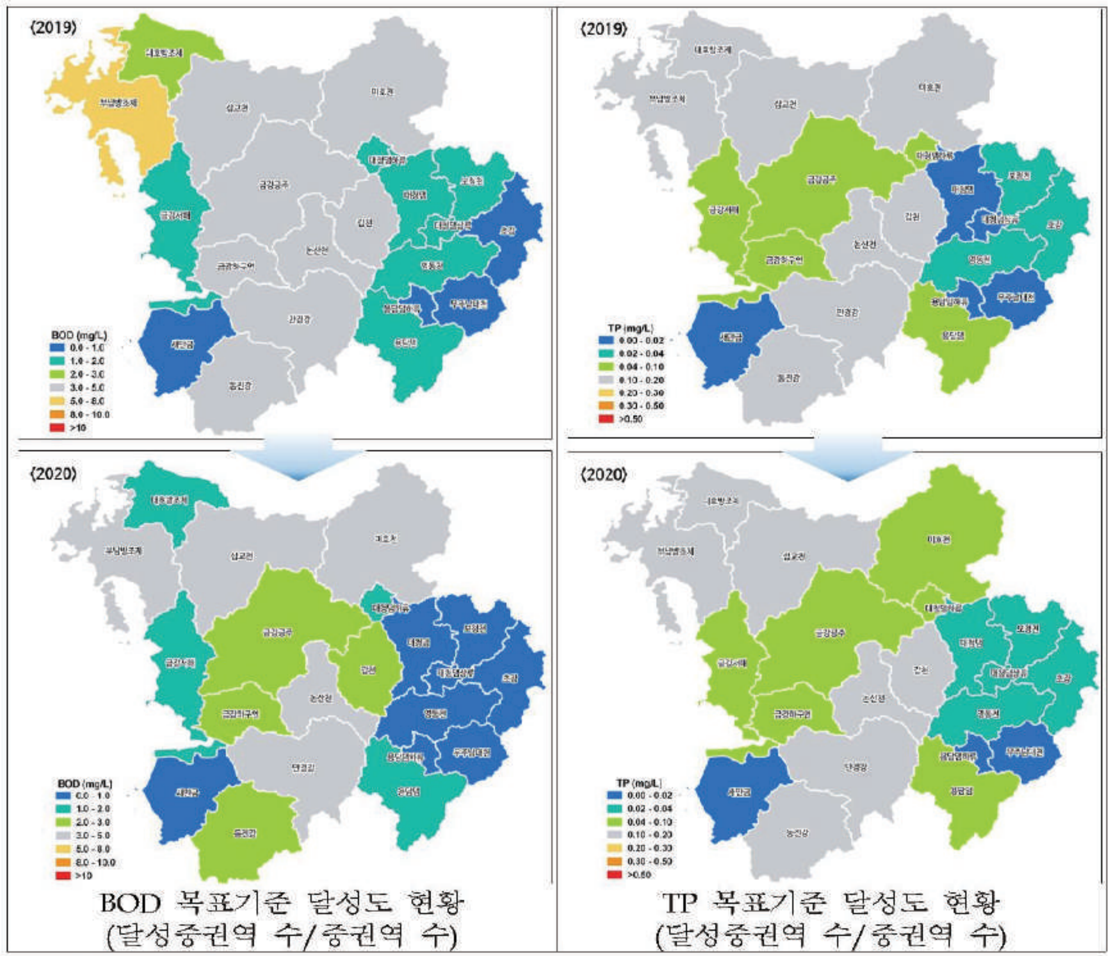
[금강유역 중권역별 배출부하량 분포 현황]





자료: 환경부 국립환경과학원, 2019년도 기준 전국오염원조사 보고서

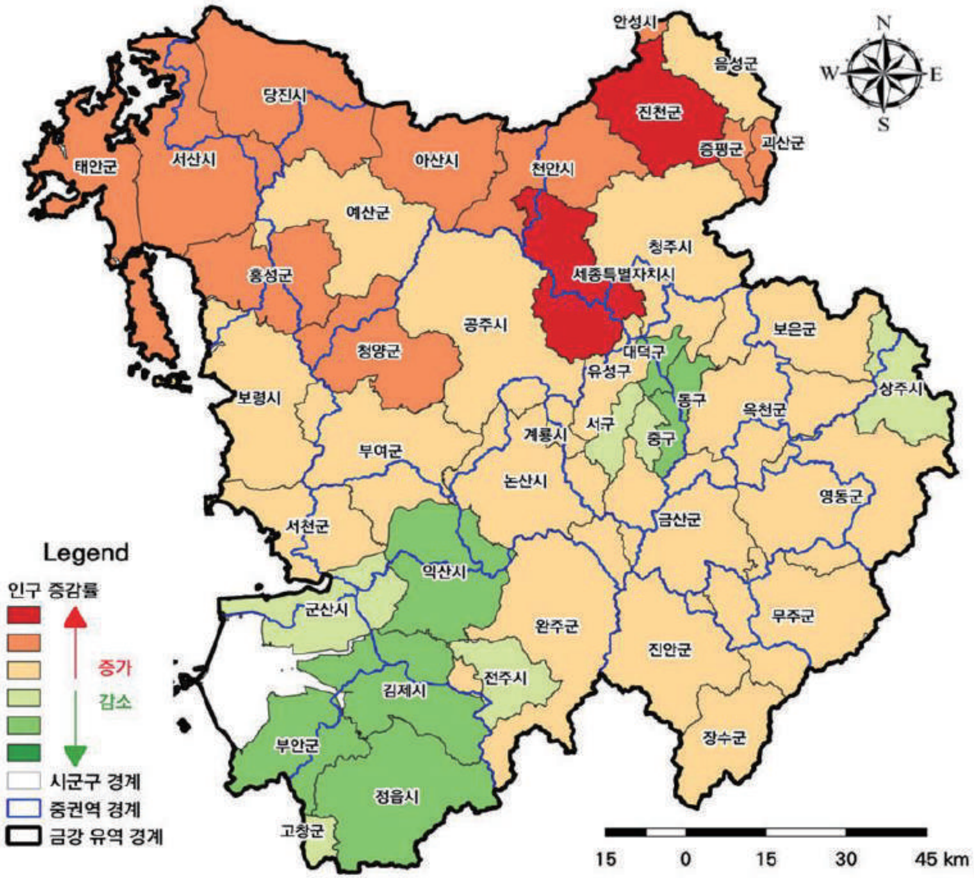
[금강유역 중권역별 목표기준 달성 평가]



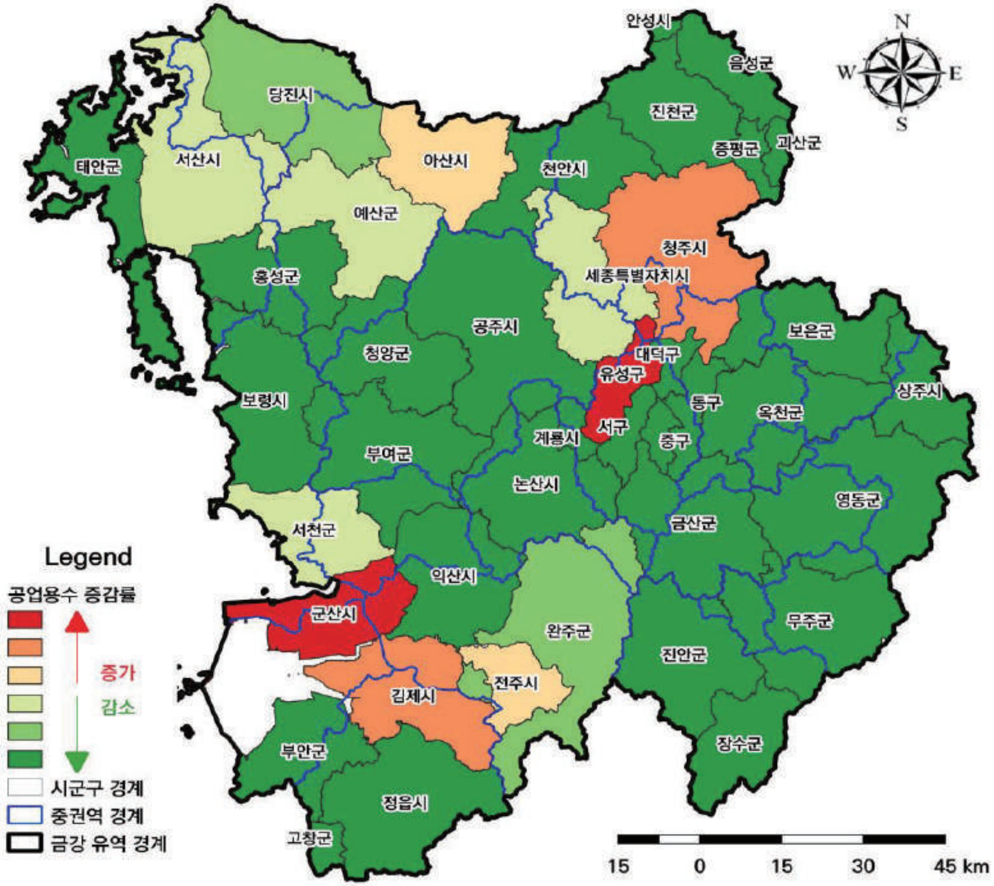
* 자료 : 국립환경과학원(2021), 2020년 전국 수질평가

금강유역 물관리 현황

[금강유역 인구변화]



[금강유역 공업용수 변화]



자료: 금강유역물관리위원회, 2021, 금강유역물관리종합계획 보고서

2. 물환경분야 관리방향성

한국의 2020 SDG 수준 및 경향

Notes: The full title of Goal 2 "Zero Hunger" is "End hunger, achieve food security and improved nutrition and promote sustainable agriculture".
The full title of each SDG is available here: https://sustainabledevelopment.un.org/topics/sustainabledevelopmentgoals

- SDG 6의 수준이 높은 이유는 높은 상하수도보급률에 기인하나 SDG13, SDG14, SDG15의 정체 및 저하는 육상 생태계 및 수생태계의 건강성 악화 의미 → 즉, 유역 토지이용변화로 인한 물순환 왜곡 영향
- 육상 및 수생태계의 건강성 악화 → 물순환(인공계, 자연계)과 탄소중립에 영향
- 인공계 및 자연계 물순환 회복 및 자연기반해법(Nature-based solutions) 기술 확대 필요

Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Lafortune, G., Fuller, G., Woelm, F. 2020. The Sustainable Development Goals and COVID-19. Sustainable Development Report 2020. Cambridge: Cambridge University Press.

국가 및 유역물관리계획의 물환경분야 추진 전략

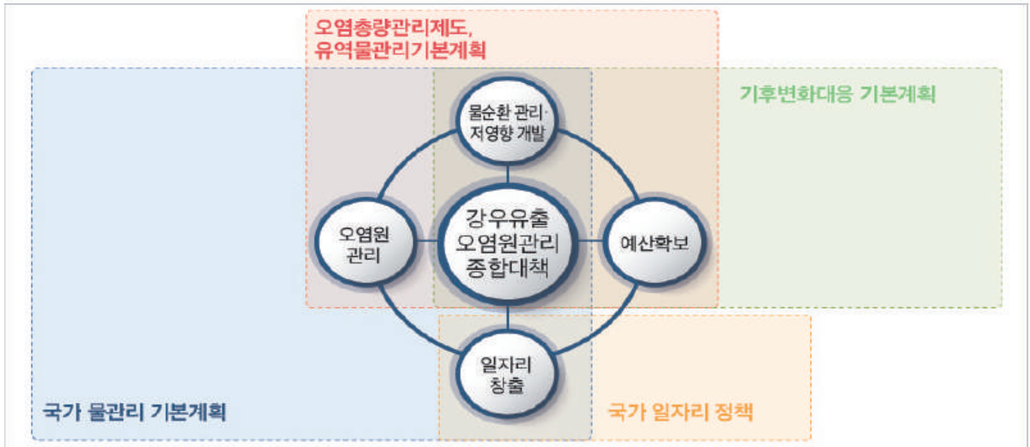
분야	미래 관리 방향	물환경 분야 추진전략
연결성 향상으로 유역과 하천의 자연성 강화	• 육상생태계 + 유역 토지이용 관리 + 하천 횡적 연결성 + 하천 종적 연결성 등 종합적 고려	• 유역별 분산형 물저류 시설 확보로 건천화 하천의 하천유지용수 확보 • 도시지역 LID 연계한 도심하천 생태복원 • 산업단지 물 연계 생태공간 확대 • 지방하천 수변구역 조성(수변생태벨트) • 하천별 지표종 선정으로 수생태 건강성 확보 • 하천시설물 조사 및 횡단구조물 개선(미기능 보 철거, 어도조성 포함) • 생태계 교란생물종(식물, 어류 등) 조사 및 관리 • 물과 연계되는 생태경관관찰지역 및 습지보전지역 확대 • 지방상수원 지정 및 주민 지원 관리 확대
통합적 물환경 관리로 자연과 사람의 공존성 확보	• 지류 하천관리 강화하고 점 및 비점오염관리 + 자연성회복 + 유역 물순환 체계 건전성회복 등 종합적 고려	• 축산폐수 및 축산 기인 비점오염원관리 강화 • 액비살포지 토양 양분량 관리 강화 및 유출저감 대책 추진 • 하천점용허가제 개선으로 하천부지 내 개발억제 및 완충지역 조성 확대 • 하천 수질 관련 사업시 유역진단 추진으로 비용효율성 확보 • 통합집중형 오염지류 수질개선사업 확대 • 도시지역 자연계 및 인공계 물순환 연계성 확대 • 재이용 및 그린인프라와 연계한 도시 분산형 하수처리시설 조성 • NBS(자연기반해법) 기반 농촌지역 소규모 하수처리시설과 비점오염저감 연계로 지방하천 생태용수 확보 • 미량오염물질 관리기반 구축

물관리 관련 분야별 물환경 전략

분야	미래 관리 방향	물환경 분야 추진전략
물이용	• 수원다변화 + 노후 수도 시설 개선 + 농업용수 합리화 등을 종합적으로 고려	• 상수원보호구역 주변 오염원관리, 수변생태벨트 조성 • 물재이용 확대 • 농업용수 효율화 및 저수지 기능 다각화
물안전	• 수원다변화통한 신규 수자원 확보 + 지방하천의 치수 안전률 확보 등 기반 종합적 물 안전성 향상	• 유역 내 저류공간 조성 확대(중소규모 저수지 조성 확대) • 물관리 시설물의 기후변화 취약성 평가 및 적응력 강화(극한기후 탄력성 회복) • 도심침수 저감위한 LID 및 그린인프라 확대
거버넌스	• 통합형 + 유역 관리 + 이해당사자 참여 물관리 거버넌스 구축을 통한 물 문화 창달	• 오염지류 거버넌스 구축 제도화(농업 및 축산비점 관련) • 물관리 시설물의 공공근로 사업 연계성 확대(주민 활용 환경관리) • 지역 축제의 물, 생태, 역사 연계성 확보 • 초중고 학생의 물과 생태교육 활성화(교육청과 연계)
물산업	• 디지털 물관리 + 유역기반 물관리 및 기술 검증 플랫폼 구축 + 예산 안전성 및 지속성 확보 + 민간 참여확대 지원제도구축으로 유역 물산업 진흥 추진	• 자연기반해법(NBS) 물관리시설(LID, 인공습지, 수변생태벨트, 완충녹지, 물과 연계된 녹지공간 등)의 주민참여 환경관리 확대로 경제적 기여 • 물관리 시설의 지능화로 지역 물산업 확대 • 분산형 물관리시설 확대 및 지역기업의 물관리시설 참여 확대 • 지역 맞춤형 물관리 인력 양성기관 육성(대학)

제3차 강우유출 비점오염원관리 종합대책

- 계획의 위상 및 역할
  - ✓ 제1차(04~11)·제2차(12~20) 비법정 대책, 제3차부터 법정대책('16. 법제화)
  - ✓ 국가물관리기본계획 중 물환경부문 관리계획의 목표 달성을 위한 비점오염원 관리분야의 전략 및 실행계획
  - ✓ 물관리일원화에 따라 추진중인 물관련 법정계획 정비방안의 기본원칙과 추진방향을 고려하되,
  - ✓ 국내·외 여건변화에 대응하고 비점오염 관리정책의 실효성 증대 위한 중장기 발전방안 강구 필요



관계부처 합동(2020), 제3차(2021-2025) 강우유출 비점오염원관리 종합대책

제3차 국가 기후변화 적응대책

비전: 국민과 함께하는 기후안심 국가 구현

목표
- ◈ 2℃ 지구온도 상승에도 대비하는 사회 전부문의 기후탄력성 제고
- ◈ 기후감시·예측 인프라 구축으로 과학기반 적응 추진
- ◈ 모든 적응 이행주체가 참여하는 적응 주류화 실현

3대 정책

① 기후리스크 적응력 제고
- 미래 기후위험을 고려한 물관리
- 생태계 건강성 유지
- 전 국토의 적응력 제고
- 지속가능한 농수산 환경 구축
- 건강피해 사전예방 체계 마련
- 산업 및 에너지 분야 적응역량 강화

② 감시·예측 및 평가 강화
- 종합 감시체계 구축
- 시나리오 생산 및 예측 고도화
- 평가도구 및 정보제공 강화

③ 적응 주류화 실현
- 기후적응 추진체계 강화
- 기후탄력성 제고 기반 마련
- 기후적응 협력체계 구축 및 인식제고

핵심 전략: 기후탄력성 제고 | 취약계층 보호 | 시민참여 활성화 | 신기후체제 대응

※ 8대 국민체감형 과제(홍수, 가뭄, 생물대발생, 산림재해, 식량안보, 감염병·질환, 취약계층, 거버넌스) 별도 평가 추진

관계부처 합동(2020), 제3차(2021-2025) 국가 기후변화 적응대책

번호	과제명
1	홍수예보 인프라 확충으로 관측 취약지역 해소
2	홍수예보 정확도 향상을 위하여 유관기관 협업체계 강화
3	홍수예보 정확도 향상을 위하여 유관기관 협업체계 강화
4	자연재난 대응을 위한 남북 공유하천 공동관리
5	도시지역 침수예방사업 다각화
6	도시지역 침수예방사업 다각화
7	도시하천유역 종합치수 추진체계 구축
8	도시하천유역 종합치수 추진체계 구축
9	기후변화를 반영한 댐.하천 설계기준 강화
10	물관리 인프라 안전관리 강화
11	하천 인접지역 홍수터 확대
12	침수우려지역의 상황정보 선제적 제공
13	재난정보 알림 실효성 강화
14	재난정보 알림 실효성 강화
15	민.관 합동 재난폐기물 대응체계 구축
16	재난폐기물의 안정적 처리기반 마련
17	지역 맞춤형 가뭄 예방 및 대응 강화
18	미래 극한가뭄 대응전략 수립 및 연구
19	메가가뭄 대응기술 개발
20	국민체감형 가뭄정보 생산 및 대국민 홍보 강화
21	국민공감형 기상가뭄 정보 생산가공 기반 구축
22	통합 가뭄 예·경보 추진
23	가뭄 피해 최소화를 위한 가뭄 종합대책 수립
24	지하수 통합 관리체계 구축 및 보전
25	하수재이용 확대 및 수요처 연계를 통한 활용성 제고
26	AI.ICT기반 실시간 상수도 자동 관리체계 구축
27	안정적인 용수공급을 위한 상수도시설 확충
28	물순환 관리체계 마련
29	물순환 모니터링 및 물수지 관리 강화
30	유역단위 지표수-지하수 연계 및 순환 체계 구축
31	수질 위험요인 선제적 관리
32	비점오염원 관리 강화
33	수생태계 건강성 위협요인 평가 및 변화 예측기술 개발
34	수량-수질-수생태 통합 관리
35	하천 생태계의 건전성 및 자연성 회복
36	하천유지용수 확보를 통한 하천의 기능성 회복
37	물관리 분야의 국가 계획 및 정책의 통합 추진
38	물환경 분야 측정망 및 정보시스템 통합·연계 운영

3. 물환경분야 주요 추진전략

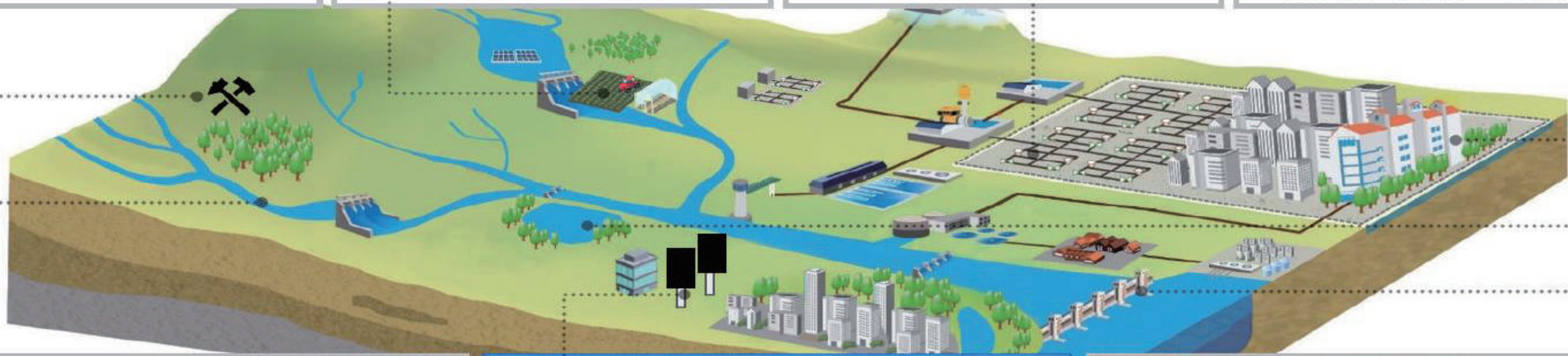
유역 공간구조별 주요 물환경관리 추진과제

산 림
- 노후화된 광산 유출수 정화시설 개보수 중점추진
- 고랭지 등 흙탕물 저감 사업 확대

농 지
- 양분관리제 등 가축분뇨관리체계 선진화
- 가축사육시설허가제도개선
- 순환관개 도입 검토 등 농업비점오염원 관리

하수도
- 대규모 하수처리장 성능향상 및 수질기준강화
- 유역 단위 하수관리체계 강화
- 시설보강 등 CSO 관리 강화
- 노후화된 대규모 → 소규모 하수처리장 전환 검토

도 시
- 제3기 신도시 빗물관리목표 관리
- 사전협의제, 녹색건축제 등 저영향개발추진
- 노후 산업단지 비점오염관리지역 지정
- 산업폐수 연계처리 유입수 상시 감시체계 구축
- 미량유해물질 확대 지정, 모니터링 확대



하 천
- 중점관리 지류 선정하여 지류총량제 확대
- 통합집중형 수질개선사업 확대
- 댐·보 연계운영 등을 통한 하천유지유량(환경생태유량) 확보
- 생태하천복원사업 지방이양에 따른 건강성회복 대책 마련
- 중소형 보, 수리구조물 평가 및 철거 하천 연속성 회복

지하수
- 유역단위 수질목표 설정 및 관리체계 도입
- 기저유출 유래 비점오염원 관리 체계 구축
- 지하수 수질초과 지역 비점오염원 관리지정을 통한 질소 관리 강화

호소·하구·해안
- 기수역 하천환경 조사(하굿둑 개방 연계)
- 오염원 유출에 대한 상시감시체계 구축
- 하구 부유 쓰레기 관리 강화
- 호소수생태계 건강성 회복방안 마련
- 국가하구법(가칭) 제정 및 하구관리 프로그램

출처: 이병국, 제2차 국가소통포럼 발표자료(2020. 11.27)

통합물환경관리 통합지표 개발 및 도입

- 기존 물환경관리 지표 문제
  - ✓ 수질과 수생태계 건강성은 상호 어긋나는 경향
  - ✓ 퇴적물과 수층과의 기작 고려 미흡
  - ✓ 유량과 수질과의 연관성 고려 미흡

- 공공수역 수질 및 수생태계 건강성을 평가할 수 있는 수질관리 통합지표 개발
  - 목적: 국가 제도/정책 이행을 위한 물환경 평가지표
  - **물환경 건강성 통합 지표= f[수질(TOC, T-P, TN, 미량오염물질 등) + 수생태계 건강성 + 퇴적물 + 유량]**

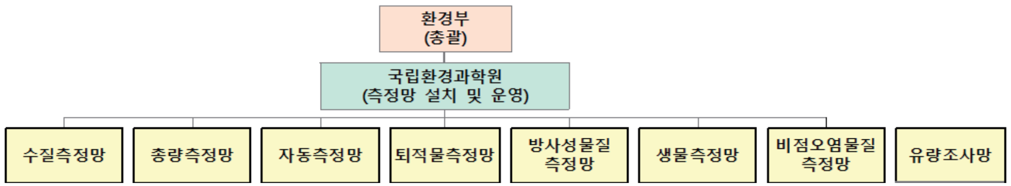
- 소하천과 지방하천 및 국가보조사업 평가지표
  - 목적: 데이터에 근거한 사업계획 및 데이터에 근거한 사업평가를 위해 IOT 기반 물환경 건강성 평가지표 필요
  - **IOT 기반 물환경 건강성 지표= f(DO, 전기전도도, 탁도 등)**

한혜진(2022).국가물관리기본계획 및 유역종합계획 이행체계 마련 및 물환경 부문 전략 , 물환경정책포럼 수질관리분과 발표자료

물환경측정망 및 운영체계 개선

- 설치 및 운영 근거
  - (총괄) 『환경정책기본법』 제22조(환경상태의 조사·평가 등)
  - (측정망별) 『물환경보전법』 제9조(수질의 상시측정 등), 제16조의2(방사성물질 등의 유입여부), 제21조(수질오염경보제), 『수자원법』 제9조(수문조사의 실시) 등

- 목적 및 활용방안 개선 필요
  - (기존 목표) 하천·호소 등 공공수역에 대한 수질·수생태계·유량 등 물환경 현황 조사
  - **(개선 필요성 1) 데이터 기반 국가보조사업 추진 및 효과평가 자료 구축 → IOT 기반 이동식 측정망**
  - **(개선 필요성 2) 통합물관리 기반 확보 → 기저유출 포함 지하수측정망(수질 포함) 통합관리 필요**



구분	계	수질						총량 (일반 병행)	자동	퇴적물			방사성물질			생물				비점오염		
		소계	하천	호소	농업 용수	도시 관류	산단 하천			소계	하천	호소	소계	하천	호소	소계	하천	하구	호소	소계	중권역	소권역
계	**6,732**	**1,952**	**691**	**200**	**955**	**37**	**69**	**373 (107)**	**72**	**326**	**179**	**147**	**90**	**77**	**13**	**3,883**	**3,035**	**668**	**180**	**36**	**6**	**30**
유역(지방) 환경청	**634**	372	223	80	-	-	69	100	72	-	-	-	-	-	-	90	-	-	90	-	-	-
물환경 연구소	**4,582**	168	161	7	-	-	-	273 (107)	-	312	179	133	90	77	13	3,703	3,035	668	-	36	6	30
시·도	**422**	332	272	23	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	90	-	-	90	-	-	-
수자원 공사	**139**	125	35	90	-	-	-	-	-	14	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
농어촌 공사	**955**	955	-	-	955	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 물환경 측정망 한계
  - 측정망 데이터 간 상호 연계성 부족으로 원인 규명과 관리대책 활용 미흡
  - 오염 발생원인과 데이터간 연계성 부족으로 데이터의 원인규명 활용 미흡
  - 국고보조사업 및 소유역 기반 국가계획 수립 등에 활용성 미흡
  - 유역 통합물관리 기반 패러다임 반영하는 물환경측정망 구축 필요
  - 기저유출로 인한 공공수역 기여도를 평가할 수 없음

물환경 측정망 현황

- **수질(1,952개소): 하천·호소 등 공공수역에 대한 수질 현황 및 추세 파악**
  - 하천 주요지점 및 중권역 대표지점, 취수원이 위치한 지점 등
- **총량(373개소): 오염총량관리 시행지역의 수질현황 및 이행사항 평가**
  - 총량관리 단위 유역 말단 및 물질수지 분석을 위해 필요한 지점 등
- **자동(72개소): 수질오염사고 대비 신속대응 위한 수질감시경보 체계 운영**
  - 취수원 및 대규모 수질오염원 인접 하천 등 수질오염감시 필요 지점 등
- **퇴적물(326개소): 수저 퇴적물의 환경질 현황 조사 및 평가**
  - 수계 대표성 및 퇴적물 환경질 변화 파악 가능 지점 등
- **방사성물질(90개소): 방사성물질(^{134}Cs, ^{137}Cs, ^{131}I) 및 폐기물의 공공수역 유입 여부 조사**
  - 취수원 상류 및 수계 유입 영향을 감시할 수 있는 지점 등
- **생물(3,883개소): 하천, 하구, 호소 등에 대한 수생태계 현황 파악**
  - 수생태계 목표기준 달성여부 및 수생태계 변화를 파악할 수 있는 지점 등
- **비점오염물질(36개소): 강우시 발생 비점오염물질의 실측자료 및 추세 파악**
  - [중권역]중권역 대표지점 또는 수질자동측정망 등 타 측정망 연계 활용이 가능한 지점
  - [소권역]비점오염원관리지역 등 오염부하 및 관리 효과 평가가 가능한 지점 등
- **유량 조사망(743개소): [수자원법] 근거** 수자원의 효율적 활용을 위한 수문조사(유량, 수위, 유사량 등) 실시

물환경 측정망 제도개선 방안

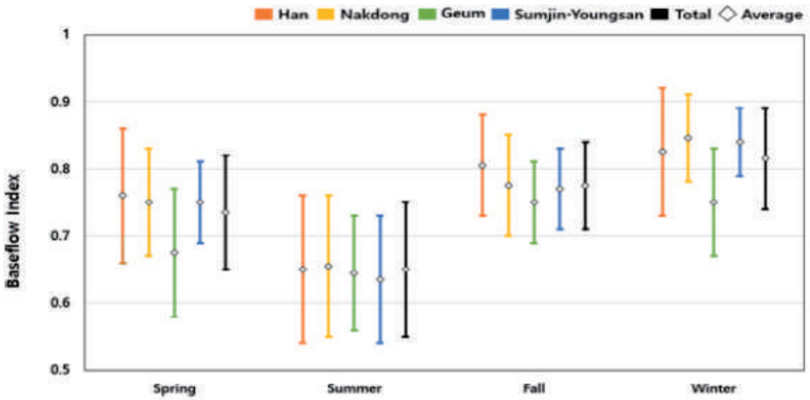
- **측정망 데이터 연계 및 원인 규명 개선**
  - 측정망 연계성 확대로 물환경 문제 발생 예측 강화
  - 유역 토지이용과 물환경측정망 데이터와 연계성 확대
  - 간접적 오염원인 자료와 연계로 원인 규명 강화
- **측정망 조정 및 개선**
  - 보조사업 및 중권역계획 수립위한 <u>IOT 기반 이동식 측정망 구축</u>
  - 유역 통합물관리를 위한 물환경측정망 조정 및 개선
  - 측정망 자료의 대국민 활용 확대로 물산업 기여
- <u>기저유출</u>의 공공수역 수질관리 영향 규명위한 <u>지하수 측정망(수질)</u> 필요
- 통합물관리 기반 <u>측정망의 통합 운영관리</u> 방안 필요
  - 공단, 국립환경과학원, 홍수통제소 등 분리 운영되는 측정망 연계 데이터센터 구축
  - 농업용 저수지 및 농촌진흥청 수질자료 관리 통합을 위한 데이터 연계시스템 구축

공공수역 기저유출 관리

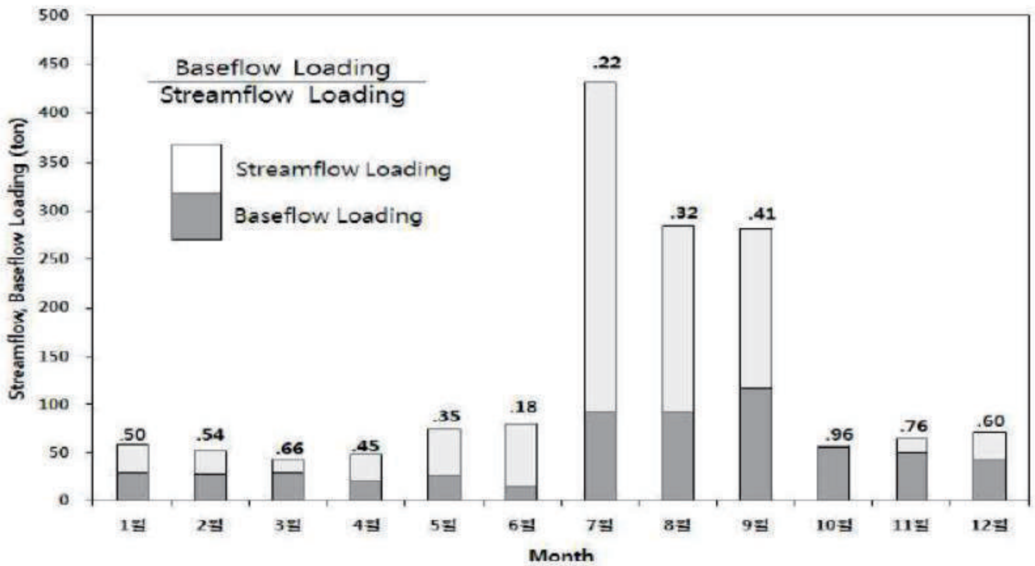
- 제1차 국가물관리기본계획(2021~2030)의 혁신1과제

혁신 ① 물순환 전 과정을 고려하는 통합물관리 체계 확립

- **지표수-지하수 통합연계관리 기반 마련**
- ➢ 유역 물자급률 제고를 위한 지표수-지하수 통합공급관리 체계 구축
- ➢ 유역별 하천 기저유출량, 오염부하량 등 하천-지하수 연계관리 기반 마련

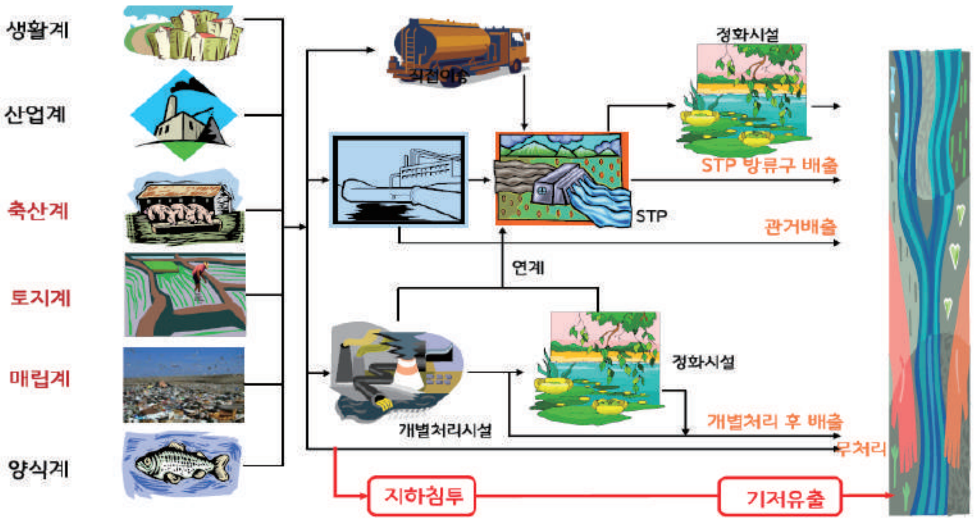


출처: 현윤정, 제2차 지하수-지표수 통합관리 포럼 발표자료(2022. 08. 30)



- 공간적 특성: 4대강 수계의 경우, 강우특성에 따른 차이는 있으나 기저유출량은 대부분 하천유출량의 약 54% 이상으로 직접유출량보다 높음(최윤호 외, 2014; 이승찬 외, 2017)
- 시간적 특성: 1년 중 2/3 이상 기간의 하천유량은 대부분 기저유출에 의하여 유지(건기시 하천유량은 기저유출량)
- 기저유출이 하천수질에 미치는 영향(BFI = base flow index)
  - 농업소하천 유역 유역에서의 영향평가(신용철 등, 2005): 질산성질소와 총인 부하량의 약 57%, 30%
  - 갑천유역에서의 영향평가(김건하와 이호식, 2009): BFI= 0.85-0.95 및 질산성질소 부하량의 약 59%
  - 항미천 유역에서의 영향 평가(환경부, 2013): 연평균 BFI= 0.38, 갈수기 BFI= 0.59, 하천질산성 질소의 52-58%

- 기저유출 오염부하 관련 오염원 배출경로



- 축산계 및 토지계 부하량이 높은 유역의 기저유출로 하천 오염 기여도 높을 것으로 추정

- EU 물관리지침
  - ✓ 지하수 환경목표: 환경목표달성을 위해 지하수 환경목표를 설정하고 지하수의 수량 및 수질 통합관리
  - ✓ 지하수 평가지표: 지하수 영향 받는 지표수 경우, 지하수 수량과 수질상태 평가시 지표수(수질, 수생태계)와 연계 평가
  - ✓ EU 지하수 지침: 유역 내 지하수 및 지표수에 함께 영향을 끼치는 오염물질을 선정하고 동일한 수질기준 적용
  - ✓ EU 질산염 지침: 유역 내 지하수, 지표수 상태를 함께 고려하여 질산염 관리지구 지정하여 질산염 관리

- **지표수-지하수 연계 관련 제도개선**
  - ✓ 지표수 수질과 연계하여 유역내 지하수 환경목표(목표수질) 설정
  - ✓ 하천 수질, 수생태 관리를 위해 지하수의 수량(기저유출량)과 수질을 통합관리
  - ✓ 질산염 관리를 위한 관리지구 지정 및 관리이행계획 수립(농업, 축산지역 중심)
  - ✓ 유역 내 질산염 관리를 위해 질산염 수질기준을 지표수와 지하수 동일하게 적용
  - ✓ 물환경정보 측정망 시스템에 지하수망 연계
  - ✓ 블루-그린 네트워크 기반의 수변완충지역 조성 확대

출처: 현윤정, 제2차 지하수-지표수 통합관리 포럼 발표자료(2022. 08. 30)에서 재인용

미량오염물질 관리기반 구축

- 문제점
  - ✓ 점오염원 및 비점오염원에서 다양한 종류의 미량오염물질(미세플라스틱, 의약품, 항생제, 농약 등) 배출
  - ✓ 미량 오염물질로 인한 물환경 및 생태계 건강성 영향
- 제도개선 방안
  - ✓ 미량오염물질 분석 및 평가기준 확립(다양한 분석기법의 라이버러리 필요)
  - ✓ 미량오염물질 발생원 및 배출원 인벤토리 구축
  - ✓ 미량오염물질 배출수 기준 정립

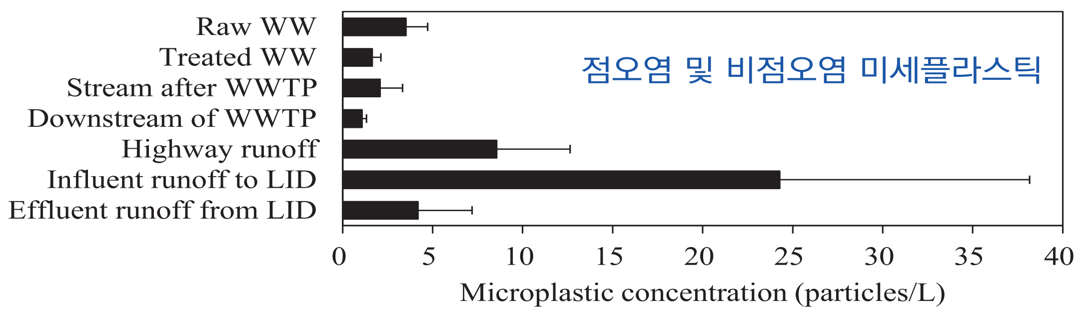
김이형 외(2021). Characterization and comparison of microplastic occurrence in point and non-point pollution sources, Science of The Total Environment(https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148939)

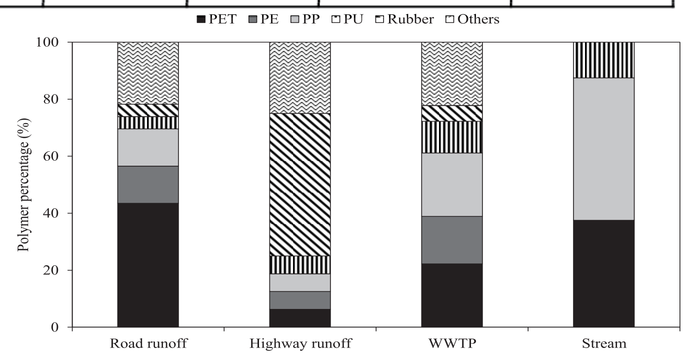
하수처리장 공정별 PPCP

	Point	Acetaminophen	Acetylsalicylic acid	Caffeine	Carbamazepine	Diclofenac	Naproxen
1	**Inflow**	**423.21**	**376.79**	**498.11**	**93.24**	**62.18**	**1,122.01**
2	DNR	74.02	23.10	14.92	78.99	60.31	108.11
3	DENIPO	72.14	ND	8.72	60.32	57.08	85.33
4	Outflow	**59.25**	ND	ND	43.11	**54.70**	**63.72**
5	Stream	46.79	ND	85.50	38.64	55.98	221.96

축산습지 공정별 PPCP

	Point	Acetaminophen	Acetylsalicylic acid	Caffeine	Diclofenac	Lincomycin	Naproxen	Sulfamethazine	Sulfathiazole
1	Inflow	**312.45**	**102.19**	50.31	**53.40**	192.98	39.41	**321.51**	32.95
2	Deep_Marsh	41.76	53.68	35.74	33.86	141.47	37.88	307.49	16.60
3	Outflow	**40.54**	**25.10**	35.72	ND	128.73	32.75	169.09	15.56
4	Stream	**137.40**	24.49	**63.31**	ND	ND	20.97	ND	4.82





방류수의 하천 기여율 근거 하수처리시설 개선

- 하수처리시설 방류수의 하천유량 기여율
  - ✓ 한강 비롯 4대강 주요지점의 하천유량 대비 하수처리장 방류수 비율은 평균 40~300% 차지
  - ✓ 전주하수처리시설의 만경강 유입유량의 약 50% 차지(금강수계 수계관리위원회, 2016)

- 공공수역 물환경 개선을 위한 하수처리시설 개선방향
  - ✓ 소규모 하수처리시설의 하류 이전 대신 NBS 연계 처리후 상류 방류
  - ✓ 도시지역 분산형 하수처리시설 도입(지하화 및 지상 공원)으로 도심하천 방류
  - ✓ 일정 규모 이상 개발사업의 경우 자체 하수처리시설 도입

출처: 문장원 외(2010). 하수종말처리시설 방류수의 하천유량 기여도, 한국수자원학회 2010 학술발표회

표 2. 하천유량 대비 하수종말처리시설 방류수량 비율 검토 결과

지점	관측유량 대비 방류수량 비율(%)			하천유지유량 대비 방류수량 비율(%)		
	최대	최소	평균	최대	최소	평균
한강대교	82.9	0.9	10.9	74.2	27.8	40.2
왜관	8.0	0.1	3.9	11.7	3.9	9.0
석화	85.3	0.5	17.3	138.5	44.1	103.1
나주	103.4	2.4	48.8	402.9	240.1	297.6

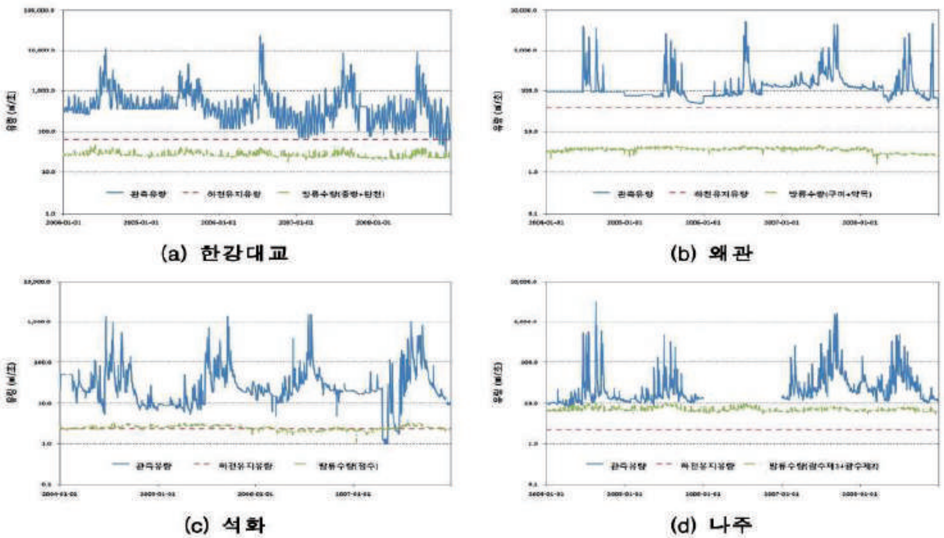
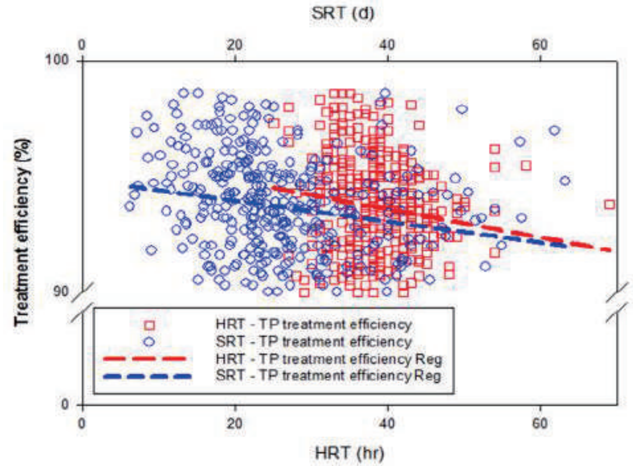


그림 2. 하천유량과 하수종말처리시설 방류수량 비교

소규모 하수처리시설의 NBS 연계 추진

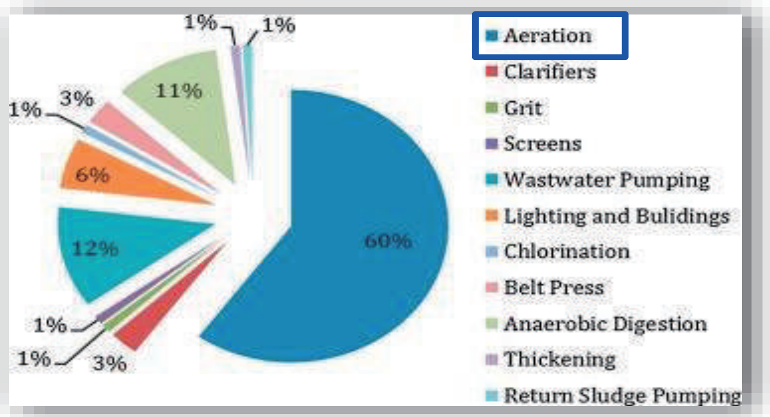
- 1996년 「농어촌 주택개량촉진법」근거 농림부(농축식품부)와 행자부(행안부)가 마을하수도(500m³/일 미만) 설치 추진 → 07년 하수도법상 공공하수처리시설에 포함 환경부 이관(2018년 기준 총 3,440 개소(환경부, 하수도통계, 2019) 이송은 에너지 비용 상승

- 소규모 하수처리시설 문제점
  - 하수의 유량 및 농도의 큰 변화로 처리효율 낮음
  - 처리효율 대비 소규모 하수처리시설의 에너지 소요 높음(예, 송풍)
  - 고령화 및 지역소멸로 처리시설의 하류이동은 상류하천 건천화 유발
  - 생태하천복원사업 추진시 처리수 상류 이송은 에너지 비용 상승



(d) TP

임지열과 길경익(2015). 계절에 따른 농촌 지역 하수종말처리장의 처리 효율 변화, 17(3), pp. 311-319.



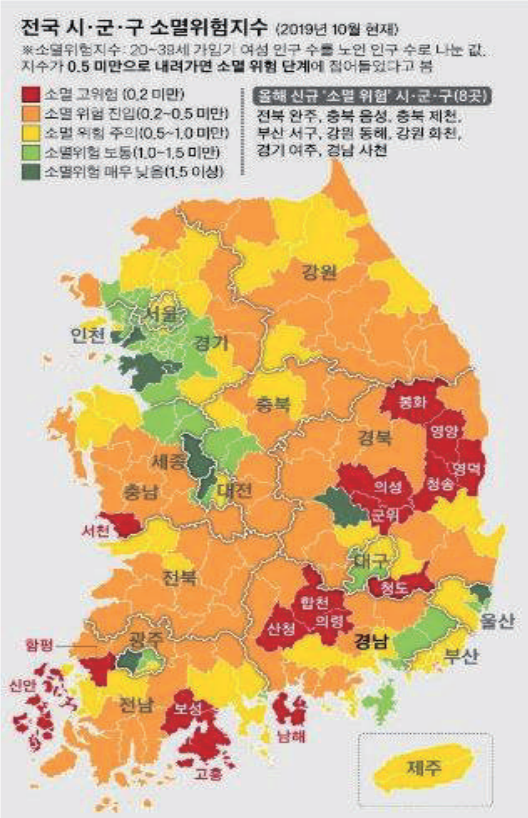
Gu Y., Li Y., Li X., Luo P., Wang H., Robinson P., Wang X., Wu J., Li F.(2017). The feasibility and challenges of energy self-sufficient wastewater treatment plants Author links open overlay panel, Applied Energy, 204, pp. 1463-1475

Process	Energy consumption (KWh) flow rate ($m^3\ d^{-1}$) 15	150	750	1500	3000
Oxidation Ditch	1291	1527	2508	3709	6061
Trickling Filter	1269	1309	1420	1537	1754
Rotating Biological Contactor	1442	1466	1506	2060	2275
Compact Sequential Batch Reactor	1250	1863	4265	7288	13325
Waste Stabilization Ponds	12	36	76	104	144
Constructed Wetlands-Lagoon	12	36	76	104	144
Constructed Wetlands-Chlorination	1193	1216	1256	1284	1324

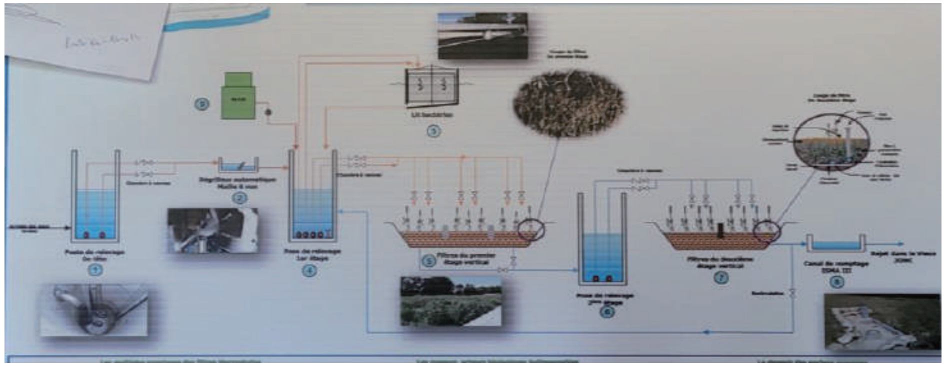
GRATZIOU, MK., TSALKATIDOU, M., KOTSOVINOS NE.(2006). ECONOMIC EVALUATION OF SMALL CAPACITY SEWAGE PROCESSING UNITS, Global NEST Journal, Vol 8, No 1, pp 52-60.

- 소규모 하수처리시설 개선 방안

이상호 한국고용정보원 연구위원 자료제공 및 중앙일보 그래픽(2019. 11. 15).

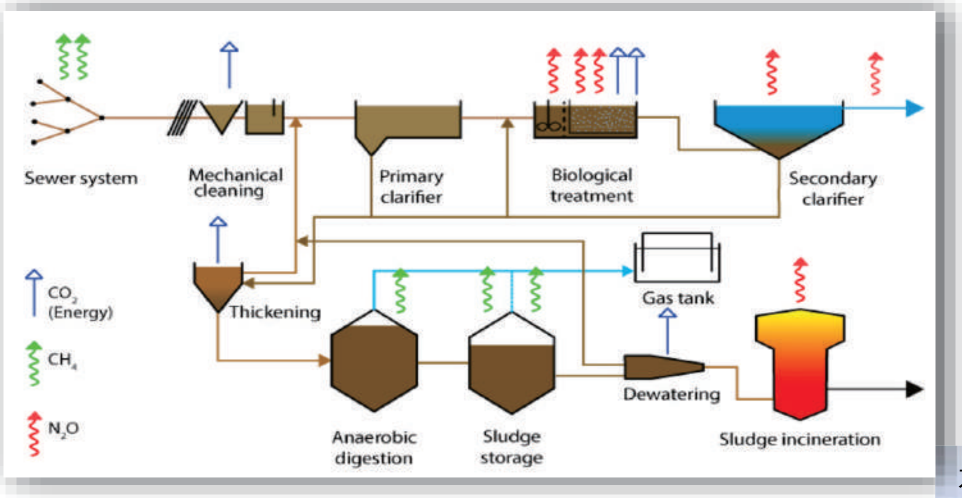


소규모 하수처리(250m3/d): TF + 인공습지 + 총인처리(철염응집)(프랑스 사례)



- 소규모 하수도시설 개선방향: 처리효율 향상, 탄소중립, 농업용수/생태용수 재이용 추진
- 소규모 하수도시설
  - ✓ 1일 하수처리용량 50m³ 미만 시설: 유입수 성상 낮은 지역에 자연형 시설 추진(인공습지 등)
  - ✓ 1일 하수처리용량 50~200m³ 시설: 총인 농도 3mg/L 이하 지역 신규시설 및 시설 개선사업은 자연형 시설로 추진, T-총인 농도 3mg/L 이상 지역은 NBS 및 고도화된 시설 연계
  - ✓ 1일 하수처리용량 200~500m³ 시설: 고도화된 처리시설 적용

탄소중립 및 생태용수 연계 농촌유역 NBS 기반 구축



자료: eawag, Empa, ETH Zurich(www.eawag.ch/)

- 제도 개선
  - ✓ 소규모하수처리시설 및 자연적 물관리기법(둠벙, 습지 등) 연계
  - ✓ 마을습지 확대 및 인벤토리 구축 → 유역 마을 습지 조사 및 관리시스템 구축
  - ✓ 축산단지 내 자연기반해법(NBS) 기반 완충녹지 의무화
  - ✓ 액비살포지 완충녹지 설치 의무화

시설재배지 수질영향 저감 제도개선

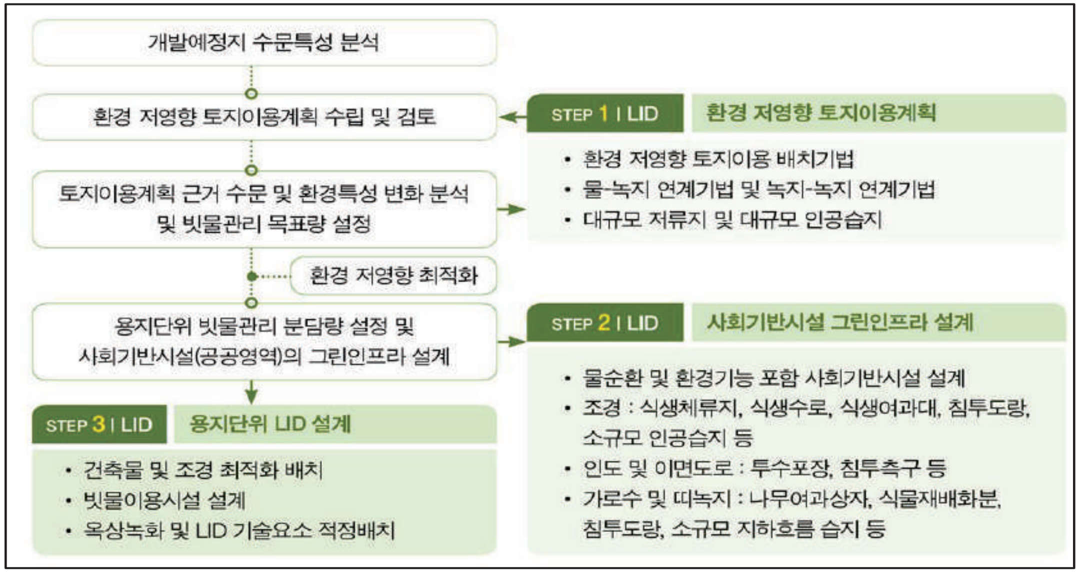
- 시설재배지 경작현황
  - ✓ 9월~5월: 시설재배지 경작(양액을 매일 토양으로 주입) → "지하수 이용 매일 양액 강우로 기저유출"
  - ✓ 6월~8월: 시설재배지 내부 휴경 및 토양개량(대규모 고농도 유출부 배출)

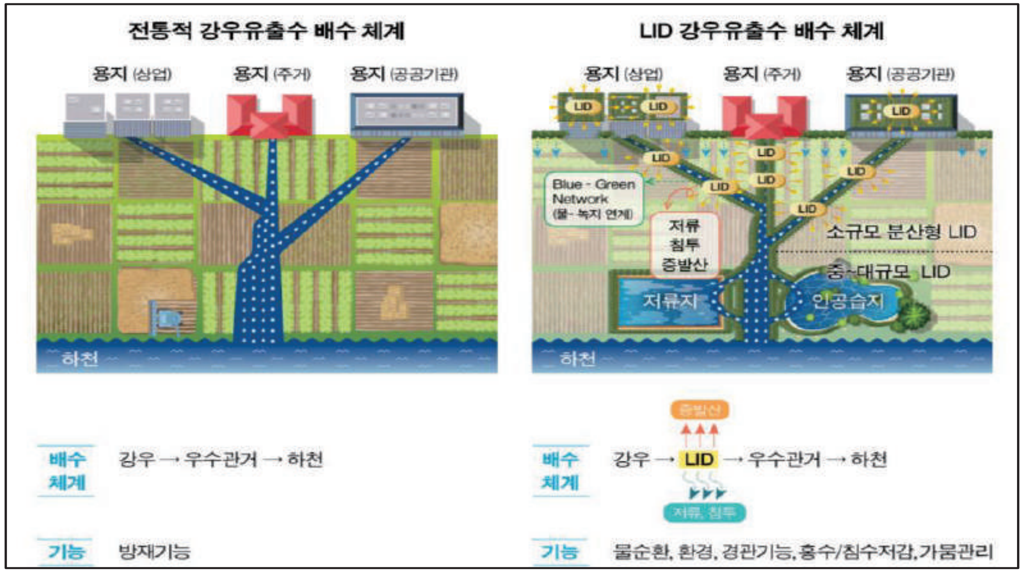
- 관리를 위한 제도개선
  - 지하수 이용 및 기저유출로 인한 수계 영향 조사
  - 농업용수 비용체계 도입(환경개선 분담금)
  - 수변구역 수변생태벨트 조성 및 시설재배지 배수분구별 NBS 기반 관리

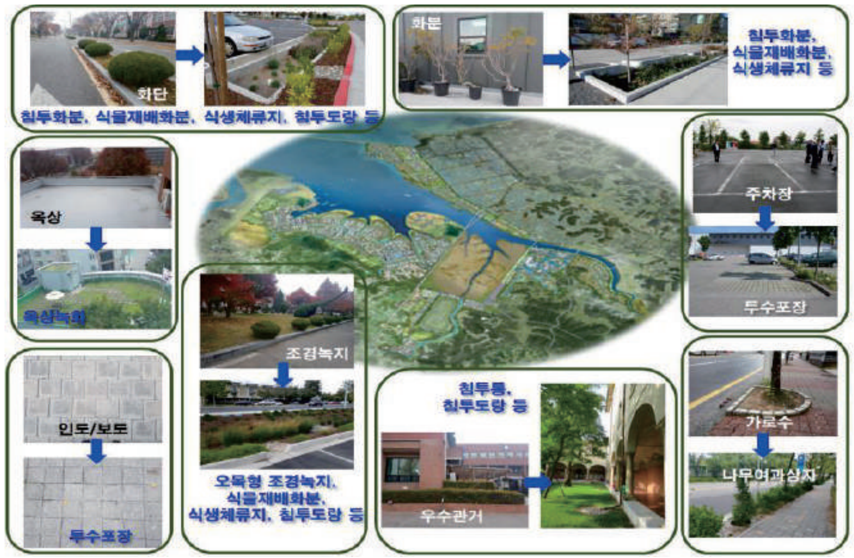
Classification	Tomato (N=20)	Paprika (N=20)	Cucumber (N=20)	Strawberry (N=20)	Total (N=80)
pH	6.31±0.68	6.15±0.59	6.38±0.28	6.39±0.77	6.31±0.60
EC	4.43±0.99^{a}	3.85±0.85^{ab}	3.32±1.02^{b}	1.50±0.76^{c}	3.27±1.42
NO_3–N	430.61±139.02^{a}	344.66±115.36^{b}	299.31±117.93^{b}	143.87±86.29^{c}	304.61±154.78
NH_4^+–N	10.63±4.78	9.76±14.22	10.34±17.83	12.40±14.88	10.78±13.60
PO_4–P	52.31±23.60^{ab}	69.82±56.49^{a}	40.15±19.07^{bc}	20.25±15.00^{c}	45.63±37.06
K^+	520.76±137.21^{a}	501.01±398.15^{a}	333.78±115.22^{b}	148.16±103.79^{c}	375.93±267.01
Na^+	89.15±57.19^{a}	107.76±66.23^{a}	98.07±80.27^{a}	31.54±23.33^{b}	81.63±66.43
Mg^{2+}	133.38±45.81^{a}	114.96±50.35^{a}	108.17±68.76^{a}	32.00±26.00^{b}	97.13±62.71
Ca^{2+}	341.10±128.49^{a}	446.56±329.00^{a}	213.79±96.77^{b}	125.56±70.19^{b}	281.75±220.35
Si^{4+}	36.39±21.82^{ab}	46.02±29.09^{a}	24.74±13.05^{bc}	12.75±7.13^{c}	29.97±23.00
Cl^-	82.82±80.29^{ab}	92.65±58.19^{a}	51.32±32.54^{bc}	36.00±42.05^{c}	65.70±59.82
S^{2-}	177.21±88.81^{a}	199.63±137.13^{a}	114.27±78.08^{b}	46.45±48.57^{c}	134.39±109.80
$HCO3^-$	35.76±48.39	23.36±40.87	37.05±38.25	27.13±23.78	30.82±38.55
Fe	1.10±0.79^{ab}	1.02±1.16^{ab}	1.58±1.23^{a}	0.70±0.91^{c}	1.10±1.07
Mn	0.15±0.09^{b}	0.11±0.13^{b}	0.41±0.57^{a}	0.19±0.30^{b}	0.21±0.34
Zn	0.32±0.20	0.26±0.28	0.45±0.36	0.36±0.36	0.35±0.31
Cu	0.07±0.08	0.05±0.05	0.08±0.06	0.11±0.28	0.08±0.15
B	0.76±0.41^{ab}	0.61±0.31^{b}	0.89±0.45^{a}	0.27±0.28^{c}	0.63±0.43
Mo	0.03±0.01^{ab}	0.01±0.03^{b}	0.04±0.07^{a}	0.03±0.03^{ab}	0.03±0.04

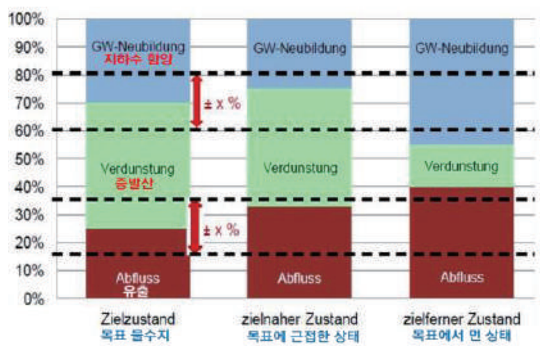
진유정 외(2021). 수경재배 시설원예단지 작물 유형별 배액 특성 및 부하량 평가 연구, 한국습지학회지

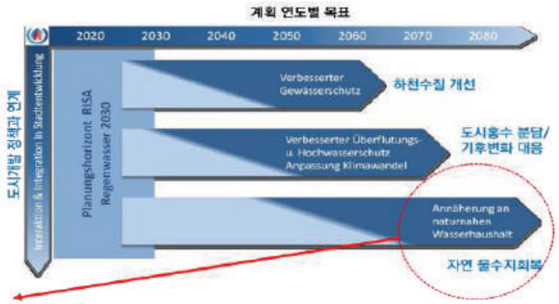
도시지역 불투수면적 및 물순환 관리











〈자료 일부: 권경호 박사 자료 참조〉

- **제도 개선**
  - ✓ 도시지역 블루-그린 네트워크 구축
  - ✓ 그레이 인프라를 그린인프라로 전환
  - ✓ 물순환 조례의 근거 법령 마련으로 물순환 의무화
  - ✓ 탄소중립, 도시침수 연계 도시 물순환 방안

비점오염관리 빗물요금 도입

〈베를린의 상하수도/빗물 요금 현황〉 자료: 베를린 상하수도 사업본부, 2020

	상수요금 [EUR/m³]	오수요금 [EUR/m³]	빗물요금 [EUR/m²/year]
1. Jan. 2020	1.694	2.210	1.797
1. Jan. 2018	1.694	2.210	1.840
1. Jan. 2016	1.694	2.303	1.804
1. Jan. 2015	1.694	2.307	1.744
1. Jan. 2014	1.694	2.464	1.825
1. Jan. 2013	2.027	2.464	1.825
1. Jan. 2012	2.027	2.464	1.897
1. April 2010	2.027	2.464	1.897
1. Jan. 2009	2.038	2.543	1.840
1. Jan. 2008	2.071	2.567	1.717

〈빗물 요금 적용 방식〉

- **제도개선**
  - ✓ **원인자 부담원칙의 공공요금 부과:** 도시 빗물 배수 비용(독일은 전체 하수도 비용의 약 40%)은 빗물을 많이 배출한 사람이 더 많이 부담
  - ✓ 기존 요금 총액은 같고 배분 방식 개선(추가 요금 징수 아님)
  - ✓ **공공재원이 아닌 민간 재원 이용한 도시 물관리**
  - ✓ **설치 빗물관리 시설의 유지관리 감독 기능 강화**
  - ✓ 일회성이 아닌 지속적인 요금 체계와 연계 → 설치 시설 유지관리 기능

하천건천화 저감 및 생태용수 확보 방안

- 하천 건천화 원인
  - ✓ 하천수 이용(수장기 하천취수량 추이)
  - ✓ 토지이용의 고도화로 인한 불투수면적률
  - ✓ 과다한 농업용수 사용(지하수위 저하 등)

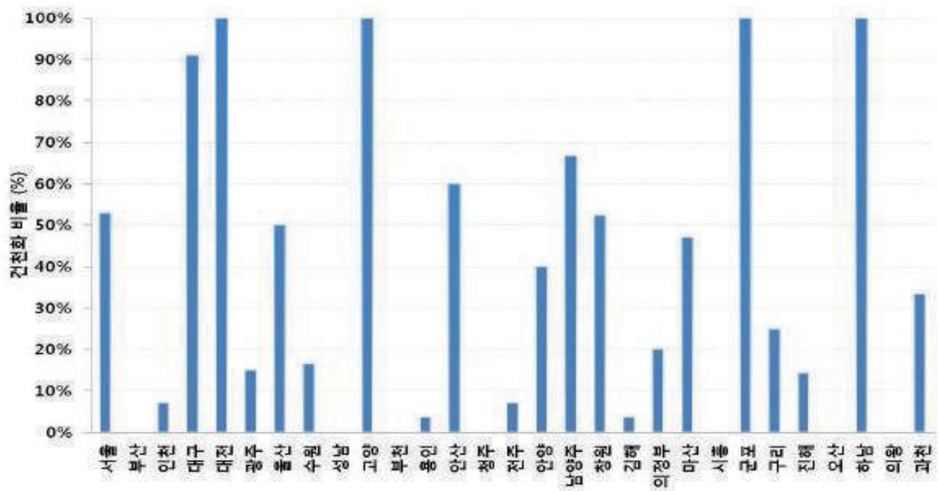
- **건천화 저감 및 생태용수 확보 방안**
  - ✓ 도시지역 LID 및 그린인프라 확보(불투수면적관리 등)
  - ✓ 생태면적률 제도를 물의 저류 및 보유기능과 연계(현재 녹지위주 체계)
  - ✓ 농촌지역 저류공간 확보 및 농업용수 비용 체계 도입(농업용수 절약방안)
  - ✓ 시설재배지 조성시 저류지 조성과 연계
  - ✓ 소규모하수처리시설의 하류 이전 대신 자연기반해법 연계
  - ✓ 일정규모 개발시(예, 인구 2만명 이상) 하수처리시설 의무 설치(지하화 및 공원화)
  - ✓ 도시 하수처리시설의 도심시 분산배치시 국고보조금 지원 비율 향상
  - ✓ NBS 기반 비점오염, 그린인프라, LID 등 물환경/수생태 관리 위한 부서(수생태보전과)의 지속가능성 확보

[표 1] 시・도별 건천화 하천 현황

구분	국가하천 (개소)	지방하천 (개소)	건천화 하천 (개소)	비율 (%)
서울특별시	3	36	11	30.6
부산광역시	4	44	0	0.0
대구광역시	2	25	0	0.0
인천광역시	0	31	3	9.7
광주광역시	3	31	2	6.5
대전광역시	3	26	3	11.5
울산광역시	1	101	10	9.9
경기도	15	600	53	8.8
강원도	5	248	13	5.2
충청북도	5	169	18	10.7
충청남도	9	628	82	13.1
전라북도	11	461	37	8.0
전라남도	7	654	89	13.6
경상북도	6	359	78	21.7
경상남도	10	674	83	12.3
합계	84	4,087	482	11.8

* 비율은 지방하천 개소 수에 대한 건천화 하천 개소 수의 비율임

출처: 김상욱(2010). 도시하천의 건천화 방지를 위한 물순환 건전화 대책, 국회입법조사처



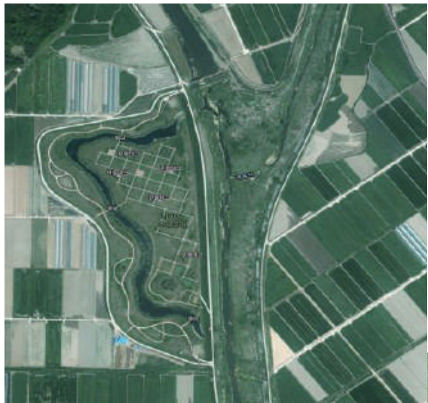
출처: 안종호 등(2011). 물 재이용을 통한 도시하천 물순환개선 정책방향, KEI

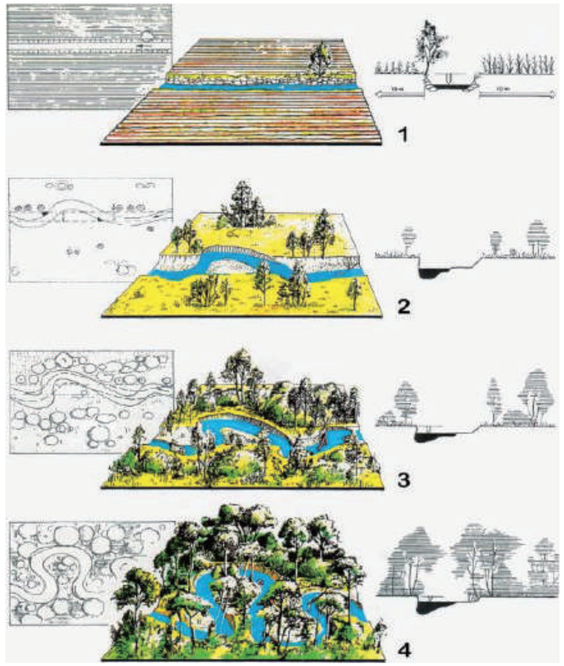
NBS 기반 하천정비

- 필요성
  - ✓ 물관리일원화로 **하천관리에 치수, 이수 기능에 물환경(수질, 수생태) 관리** 필요
  - ✓ 하천 고수부지의 개발 가속화(지자체 하천 관련 예산)
  - ✓ **자연과 사람이 공존하는 방향으로 둔치관리 필요**
  - ✓ 저영향개발기법(LID), 2030 탄소감축, 2050 **탄소중립 이행위한 수변생태벨트 역할 강화**

- **관련 제도 개선**
  - 둔치의 개발화는 <u>비점오염물질의 하천 직유입 발생</u>시키기에 **하천점용 허가기준 개선 필요**
  - **하천설계기준 개선**(상류하천 홍수터 복원, 제방후퇴), 중류하천(천변저류지 등), 하류하천(기수역 복원 등)

전략 01 물환경의 자연성 회복	전략 02 지속가능한 물이용 체계 확립	전략 03 물재해 안전체계 구축
①오염원 관리 강화를 통한 목표 수질 달성 ②안전하고 깨끗한 상수원 확보 및 지하수 보전 관리 ③하천유역의 자연성 회복 및 수생태계 건강성 확보 ④수변공간 관리체계의 정비 및 강 문화 활성화 ⑤물환경 관리 기준 및 관리체계 개선	①미래 물부족 대비를 위한 수요관리 강화기반 조성 ②공급시설 효율화 및 수원 다변화를 통한 수자원확보 ③서로 배려하는 합리적 물 배분 기반 마련 ④국민이 믿고 마시는 수돗물 공급 ⑤물 복지 사각지대에 있는 취약지역의 물 기본권 보장	①가뭄관리체계 선진화 및 극한가뭄 대응체계 구축 ②기반시설 홍수안전 강화 및 예방 투자 확대 ③기후변화에 따른 극한 홍수 대응체계 구축 ④ 홍수 예보체계 고도화 ⑤ 도시 침수 관리체계 강화
전략 04 미래 인력양성 및 물 정보 선진화	**전략 05 물 기반시설 관리 효율화**	**전략 06 물산업 육성 및 국제협력 활성화**
①물관리 전문인력 양성 및 일자리 창출 ②물 관련 조사·분석·정보화 관리 체계 지능화 ③세계 최고 수준의 물관리 기술 확보	①재해예방 위한 선제적 유지관리체계 마련 ②생활안전 관리수준 상향 ③스마트 기술을 통한 유지관리 성능 고도화	①물 관련 글로벌 선도국가 도약을 통한 국제 위상 제고 ②물산업 육성 생태계 조성 및 활력 제고 ③국내기업 해외 진출 활성화 ④ 남북 공유하천 관리 및 북한 수자원 조사·분석체계 구축





유역-하천 연계 통합물관리를 위한 하천 관련 예산 확보

- 재정분권 추진방안 주요내용(2018.10.30)
  - ✓ 지방세 확충, 기능이양(균특회계 포괄보조사업-지역밀착형 사무)의 지방정부 이양
  - ✓ 균특회계의 포괄보조사업(지역자율계정사업)을 지방이양 가능 사업 → 하천 관련 사업 이관
- 하천 관련 사업 문제점
  - ✓ 유역 통합물관리에서 유역과 하천 연계사업 필요 → 현실적으로 불가능
  - ✓ 극한기후 발생 증가로 상하류 연계 하천관리 필요(지방하천)
- **하천 관련 사업 제도개선**
  - ✓ **유역 오염원관리사업 추진시 지자체 하천사업 필수 연계(중권역 물환경관리계획 등)**
  - ✓ **국가하천 비율 향상 필요(일본 60%가 국가하천, 한국 국가하천은 약 10%)**

[표 1] 2020년 부처별 지방이양사업 내역

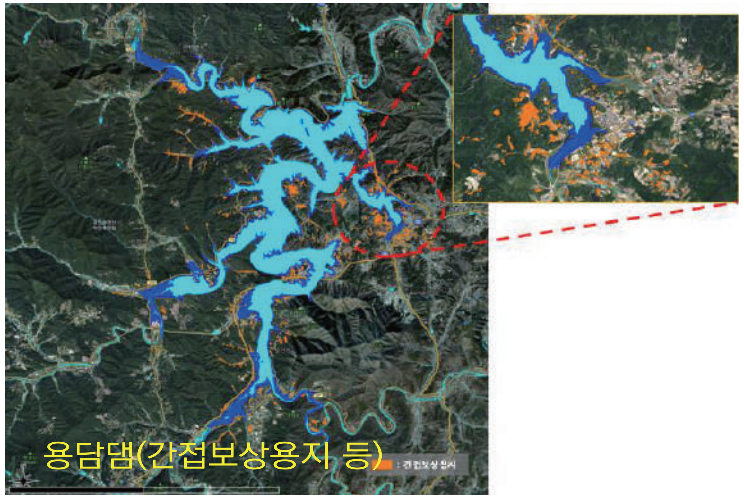
부처	사업명	지방 이양(백만 원)
행정안전부	소하천 정비	25,846
국토교통부	지방하천 정비	569,680
농림축산식품부	농업기반 정비	178,835
환경부	생태하천복원	91,928
	지방산단 공업용수도 건설	39,741
	상수도시설 확충 및 관리	352,533

국토교통부 한국하천일람(2013.12.31기준)자료

댐상류 통합 물환경관리 추진 기반 구축

- 문제점
  - ✓ 수면관리자의 유역 물환경관리사업 한계(댐상류 소권역 외 지역에 대한 수질조사 사업 이행 불가)
  - ✓ 기후변화로 유입되는 강우폐기물의 효율적 관리 어려움
  - ✓ 유역 매수토지와 댐 및 하천 홍수터를 포함하는 수변생태벨트 추진 어려움(관련 근거조항 없음)

- 제도개선 방안
  - ✓ 수면관리자의 유역-하천 연계 물환경사업 추진 근거 필요(물환경보전법 등)
  - ✓ 수계법 개정으로 댐상류지역 유역 매수토지-하천 연계사업 근거 마련



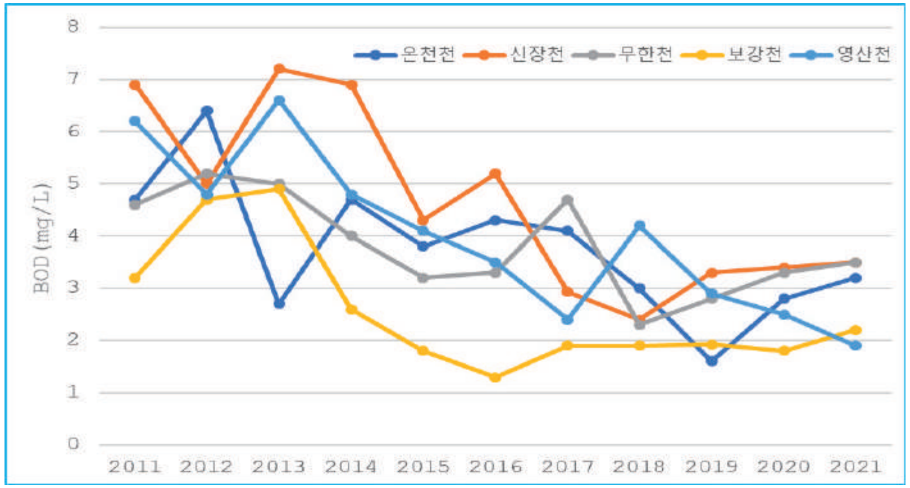
이영기(2022). 공공수역 수질관리를 위한 제도개선 방안, 물환경정책포럼 수질관리분과 발표자료

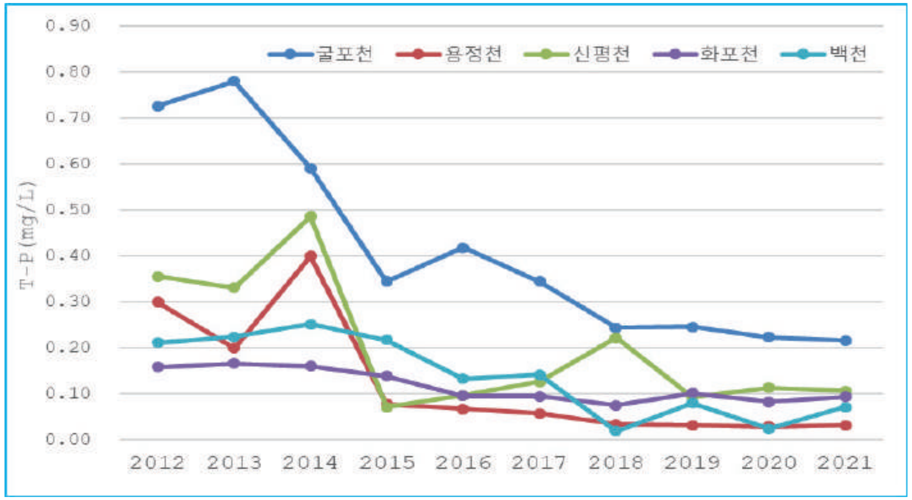
유역-하천 연계 물환경관리 추진

- 필요성
  - ✓ 개별사업 위주 수질관리 한계 및 유역-하천 연계 통합물환경관리 필요
  - ✓ 수질관리사업 명칭을 [원인 개선]이 아닌 [개선 후 미래 모습] 반영 개선(예, 오염지류개선사업 → 푸른 우리강 사업)

- **유역-하천 연계 물환경관리 제도개선**
  - ✓ **통합집중형 오염지류개선사업(건강한 우리강 사업)**

- **유역-하천 연계 사업 추진(안)**
  - ✓ **유역 물순환 개선사업 (오염원 분리사업)** : 하수관로정비, 오수관로개선, 분류식화 사업, 차집관로 개선 등
  - ✓ **유역 물환경 관리사업 (오염원 처리사업)** : 하수처리, 가축분뇨처리, 산단폐수처리, 비점오염(인공습지, LID) 등
  - ✓ **하천 건강성 사업 (하천회복사업, 사람과 자연 공존 사업)** : 생태하천복원, 홍수터 복원, 천변저류지 , 유량확보, 퇴적물관리, 친수사업 등





안영미(2022). 통합 · 집중형 수질관리를 위한 제도 개선방안, 물환경정책포럼 수질관리분과 발표자료

통합물관리의 효율적 추진을 위한 기타사항

국가 및 유역물관리 계획 분석을 통한 분야별 업무 분류

물관리 분야	분야별 주요 업무
• **물이용**	• 수요(생활, 공업, 농업용수), 공급(가용수자원, 대체수자원, 물확보율), 먹는물 안전성, 합리적 물배분, 상수도(광역, 지방), 재이용 등
• **기후변화 물안전**	• 가뭄관리, 도심침수, 홍수관리, 물관리시설물 기후변화 취약성, 지방하천 재해안전성 등
• **수생태**	• 강 자연성회복, 횡적/종적 하천연결성, 완충지역 조성 및 수변생태벨트, 하천유지유량, 하천시설물관리(미기능보 관리 등), 홍수터 관리 등
• **물환경**	• 하수도, 비점염원관리(도시, 농촌, 축산비점 등), 오염지류하천 수질개선, 하천점용허가제 개선, 유역 불투수 및 물순환율 관리 등
• **물관리 거버넌스**	• 물관리의 이해당사자 참여방안, 주민참여형 물관리, 물문화, 물 및 생태교육 등
• **물산업**	• 물관리시설 개선, 분산형 물관리시설, 주민참여 물관리, 디지털 물산업, 물산업 인력양성 등

통합물관리 효율적 추진방안

개선 필요성	개선방안
• 통합물관리 분야에 대한 **공무원의 이해도** 향상 필요	• 주기적 교육 프로그램 운영 필요
• 통합물관리 업무 총괄 기능의 **상위조직 [유역 물순환] 부서** 필요	• 하부 물관리 분야 조직 업무 조절
• 통합물관리에 기반한 **하부 물관리 부서의 기능조정**	• 물관리 부서간 협업체계 제도화
• **물관리 분야 전문성 확대**를 위한 공무원의 전문화 필요	• 전문공무원 제도 확대
• **협업체계로 통합물관리 달성**을 위하여 **공무원 평가제도 개선**	• 융합적 협업체계 노력으로 성과도출
• **물관리 분야(물이용, 물안전, 수생태, 물환경 등)의 연계성** 확대	• 유역진단 추진으로 물분야 연계된 비용효율적 국고보조사업 추진(재정집행률 제고, 선진형 물관리사업, 진단-설계-시공-평가 연계성 확보)
• 국민소득 4만불시대 물관리 추진을 위한 **거버넌스 상설화**	• 전문가, 주민, 이해관계자 등 참여로 물관리 고도화
• 2030 탄소감축 및 2050 탄소중립과 연계한 통합물관리 추진	• 물-에너지-식량 연계성 확보

4. 결론

결론

- 물환경분야 관리방향 설정 고려사항
  - ✓ 국가 및 유역계획 수립으로 통합물관리 관련 추진과제의 원활한 이행
  - ✓ 제3차 비점오염종합대책 및 제3차 국가 기후변화적응대책의 원활한 추진
  - ✓ 유역-하천 연계, 사람-자연 연계, 수질-수생태 연계, 지하수-지표수 연계 필요

- 물환경분야 관리 방향성
  - ✓ 통합물환경관리를 위한 **통합지표 개발** 필요
  - ✓ **물환경측정망 개선**(통합관리, 지표수-지하수 연계)
  - ✓ **유역-하천 연계 제도 개선** 필요(하천법, 물환경보전법, 수계법 등)
  - ✓ **수변완충지역 조성 제도** 기반 구축
  - ✓ **수면관리자의 유역 물환경관리** 참여 확대
  - ✓ **미량오염물질 관리기반** 구축
  - ✓ 탄소중립 및 하천유지용수 연계위한 **소규모 하수처리시설의 NBS 연계**기반 구축
  - ✓ 통합물관리 기반 **통합집중형 물환경관리 추진**을 위한 제도개선(중권역계획 등)
  - ✓ **극한 기후 대응 물환경관리 고도화** 추진 필요
  - ✓ **환경개선분담금 활성화**(시설재배지, 빗물요금 등)
  - ✓ **하천 관련 예산**의 지속가능성 확보
  - ✓ NBS 기반 비점오염, 그린인프라, LID 등 **물환경/수생태 관리 위한 부서(수생태보전과)의 지속가능성** 확보
  - ✓ 수질관리사업 명칭을 [원인 개선]이 아닌 **[개선 후 미래 모습] 반영 개선**(예, 오염지류개선사업 → 푸른 우리강 사업)

감사합니다.

기후변화에 따른
통합물관리 정책 방향

한국환경연구원 안종호 본부장

대한환경공학회 대전세종충청지회, 금강수계관리위원회, 충남연구원 공동 세미나

『 금강수계 통합물관리 현재와 미래 』

기후변화에 따른 통합 물관리 정책 방향

안 종 호

선임연구위원 / 물국토연구본부장

KEI 한국환경연구원 Korea Environment Institute

최근 물 관리 정책의 주요 변화

2018 2019 2020 2021

물관리 일원화

- 물관리일원화 관련 법령 제 · 개정
- 『정부조직법』 개정안 공포 하천관리 업무 일원화
- "국가물관리기본계획" 확정
- 국가물관리위원회 및 유역물관리위원회 출범 및 활동

수돗물 유충 · 녹물

- 인천, 서울 등 수돗물 적수(녹물) 발생
- 인천 수돗물 유충 발생
- 정부원인조사반 구성 및 운영
- 『수돗물 안전관리 종합대책』 발표
- 『수돗물 위생관리 종합대책』 발표

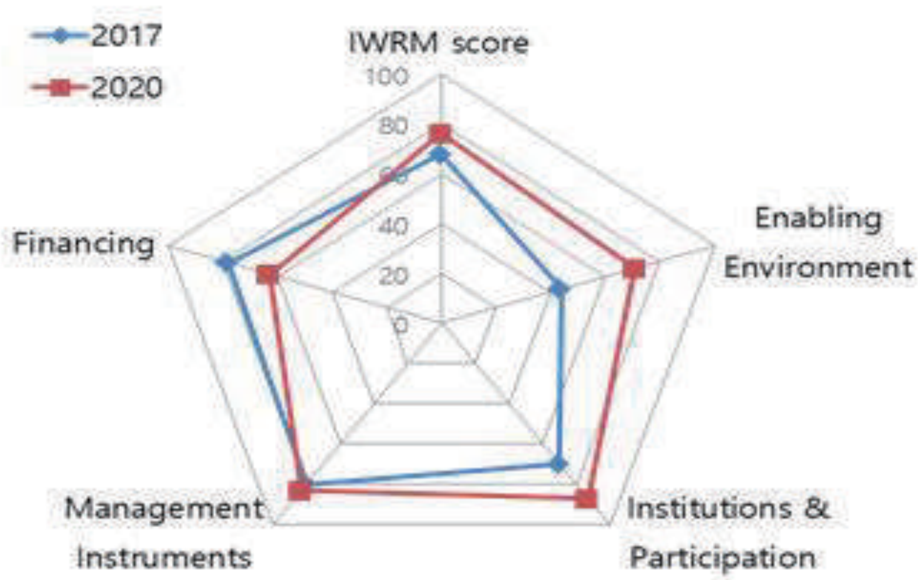
댐 하류 홍수

- 댐하류 홍수 피해 발생 (섬진강, 용담, 대청, 합천, 남강 댐 158개 지구)
- 관계부처 발표 『풍수해대응 혁신종합대책』
- 홍수위험지도 등 홍수정보 제공 발표
- 정부후속조치계획 발표

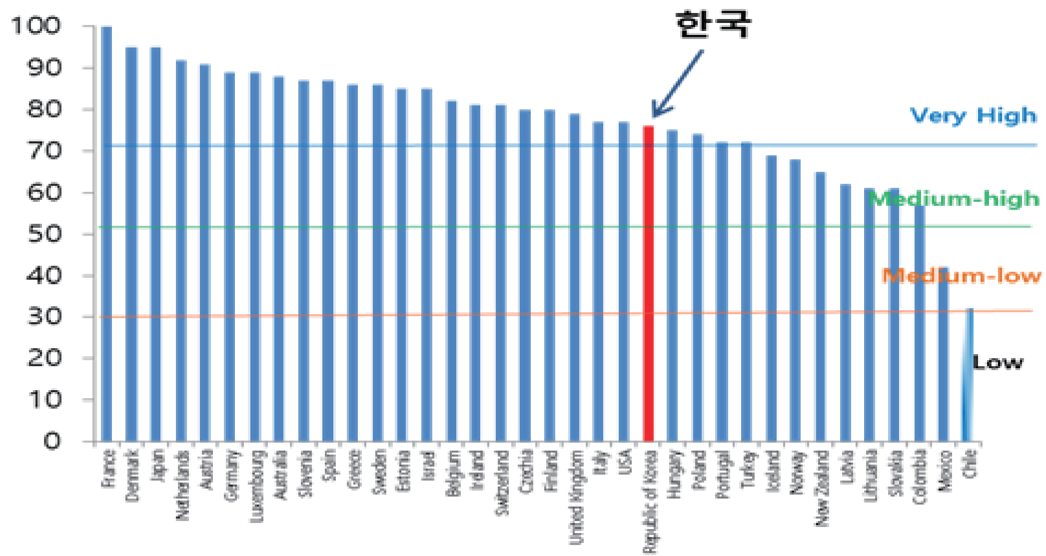
그린뉴딜

- 한국판 뉴딜 종합계획 발표
- 2050 대한민국 탄소중립 선언
- 탄소중립 추진전략 발표
- 물분야 대응전략 발굴

우리의 통합 물관리 (IWRM) 수준



우리나라의 IWRM 부문별 이행점수 비교
(2017년, 2020년)



OECD 국가별 IWRM 이행점수 비교(2020년)

6 CLEAN WATER AND SANITATION

SDG 6

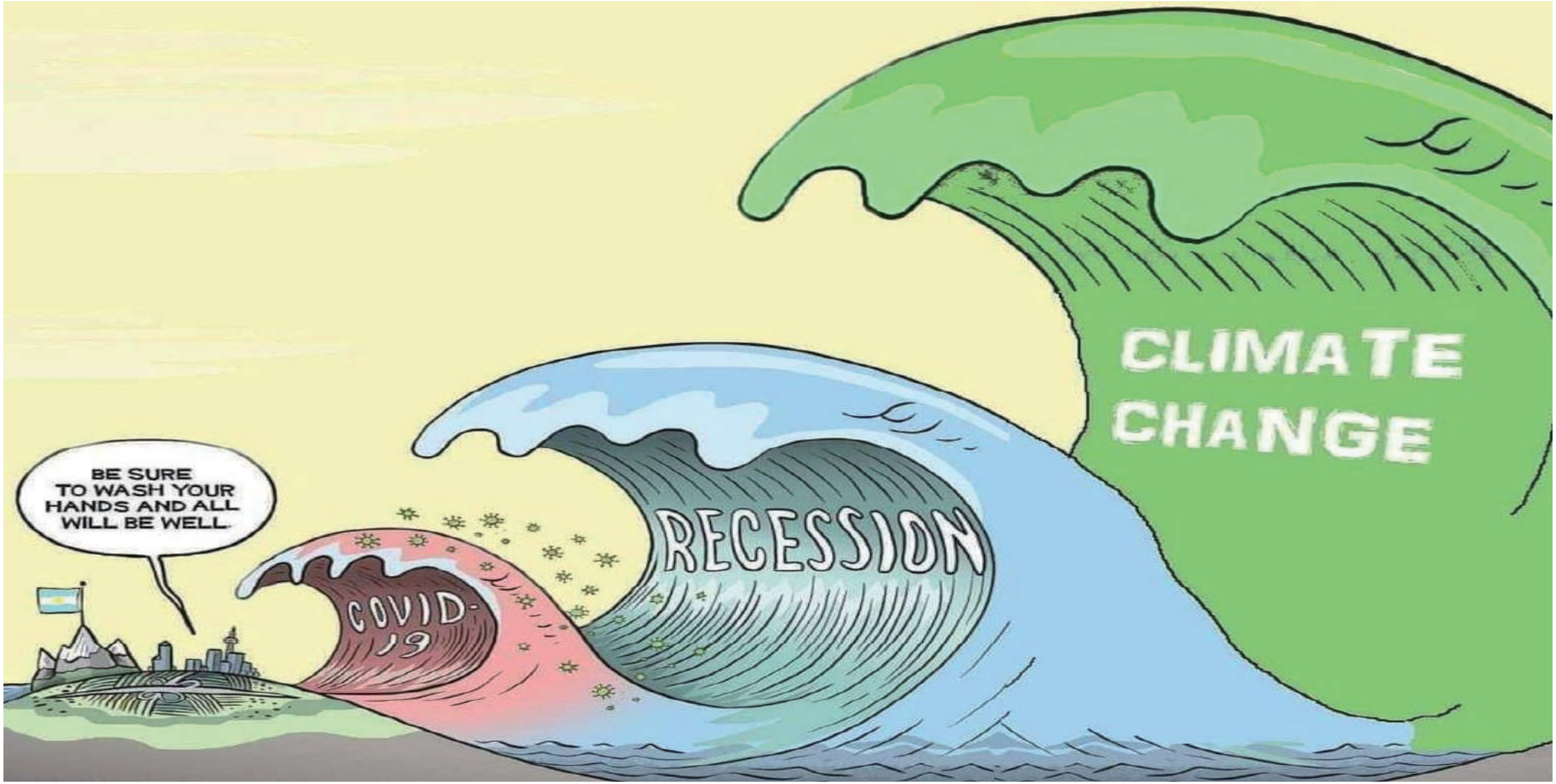
"Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all

"모두를 위한 물과 위생의 이용 가능성, 지속 가능한 관리 보장"

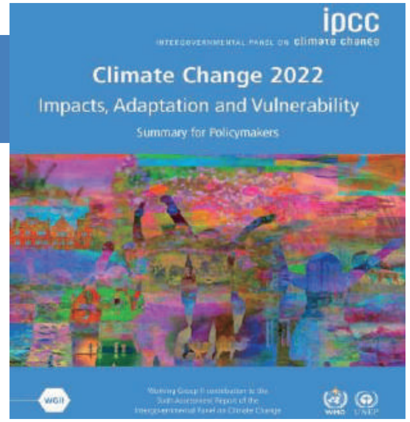
6.4.1 물이용 효율을 대폭 증대

6.6.1 습지, 강, 지하수층, 호수 등 물 관련 생태계를 보호하고 복원

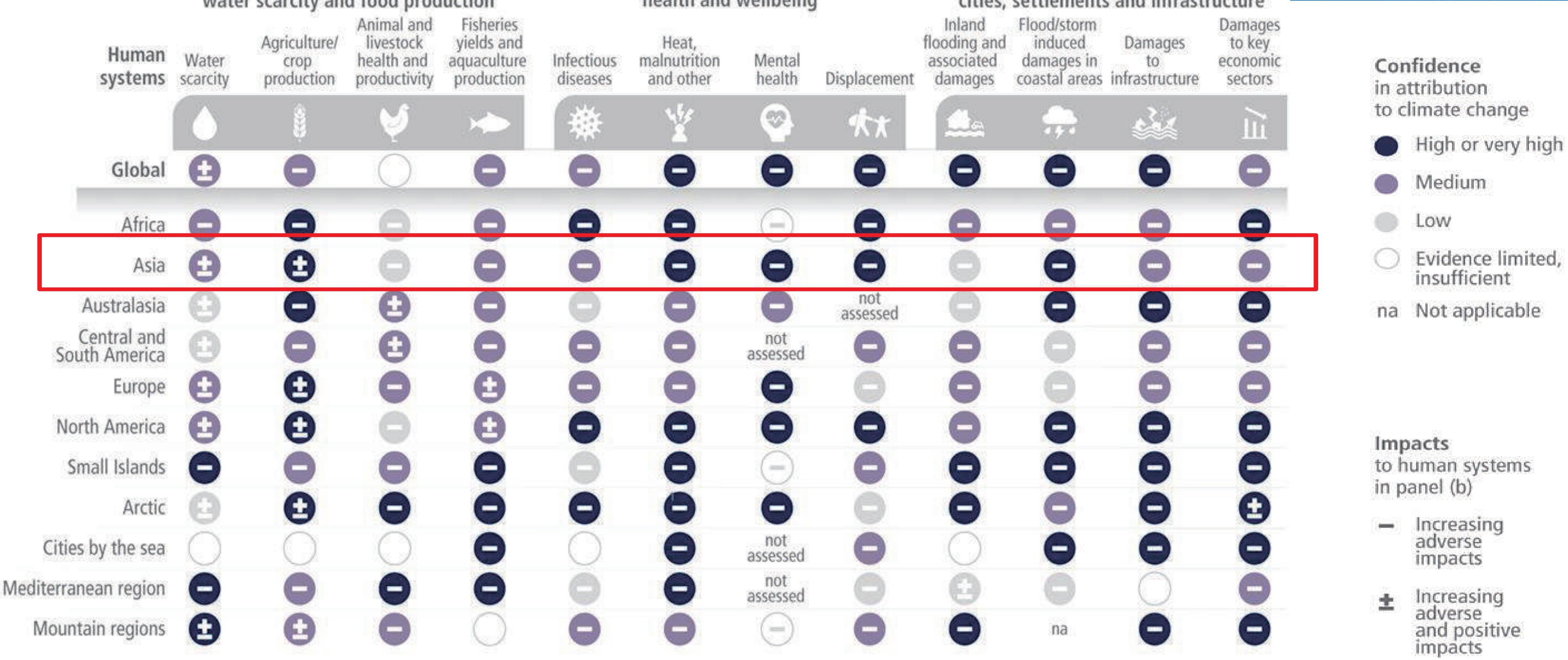
기후위기 시대


BE SURE TO WASH YOUR HANDS AND ALL WILL BE WELL.
COVID-19
RECESSION
CLIMATE CHANGE

기후변화 영향



이미 기후변화로 인한 영향을 경험하고 있으며, 기후위험으로 나타난다

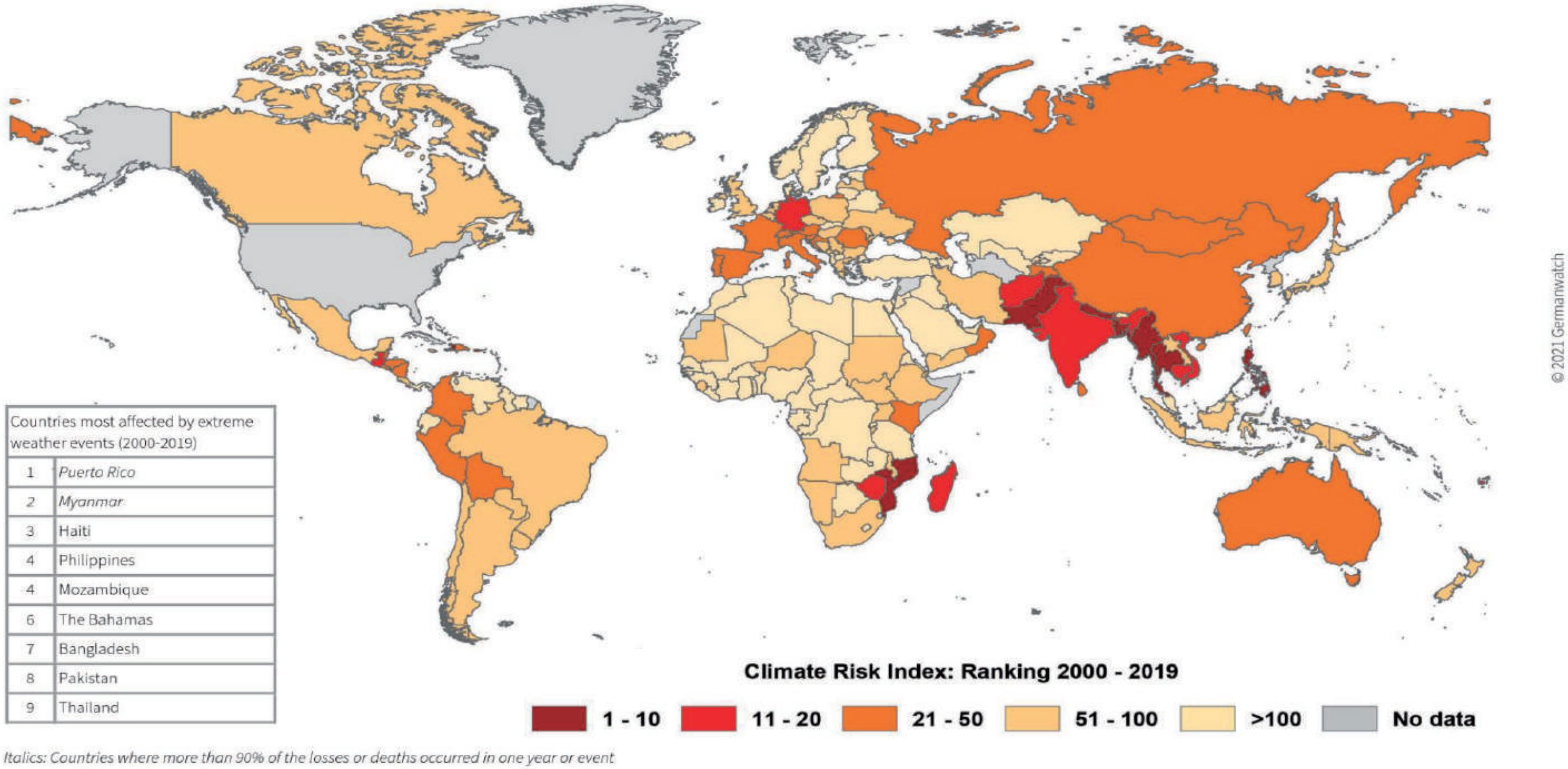


< 관측된 기후영향 : human systems (IPCC AR6, 2022) >

기후변화 영향

이미 기후변화로 인한 영향을 경험하고 있으며, 기후위험으로 나타난다

- 전지구 평균 기온 ≠ 내가 사는 곳의 기온, 기후변화에 대한 준비상태 차이



<그림> Global Climate Risk Index 2000-2019 (Germanwatch, 2021)

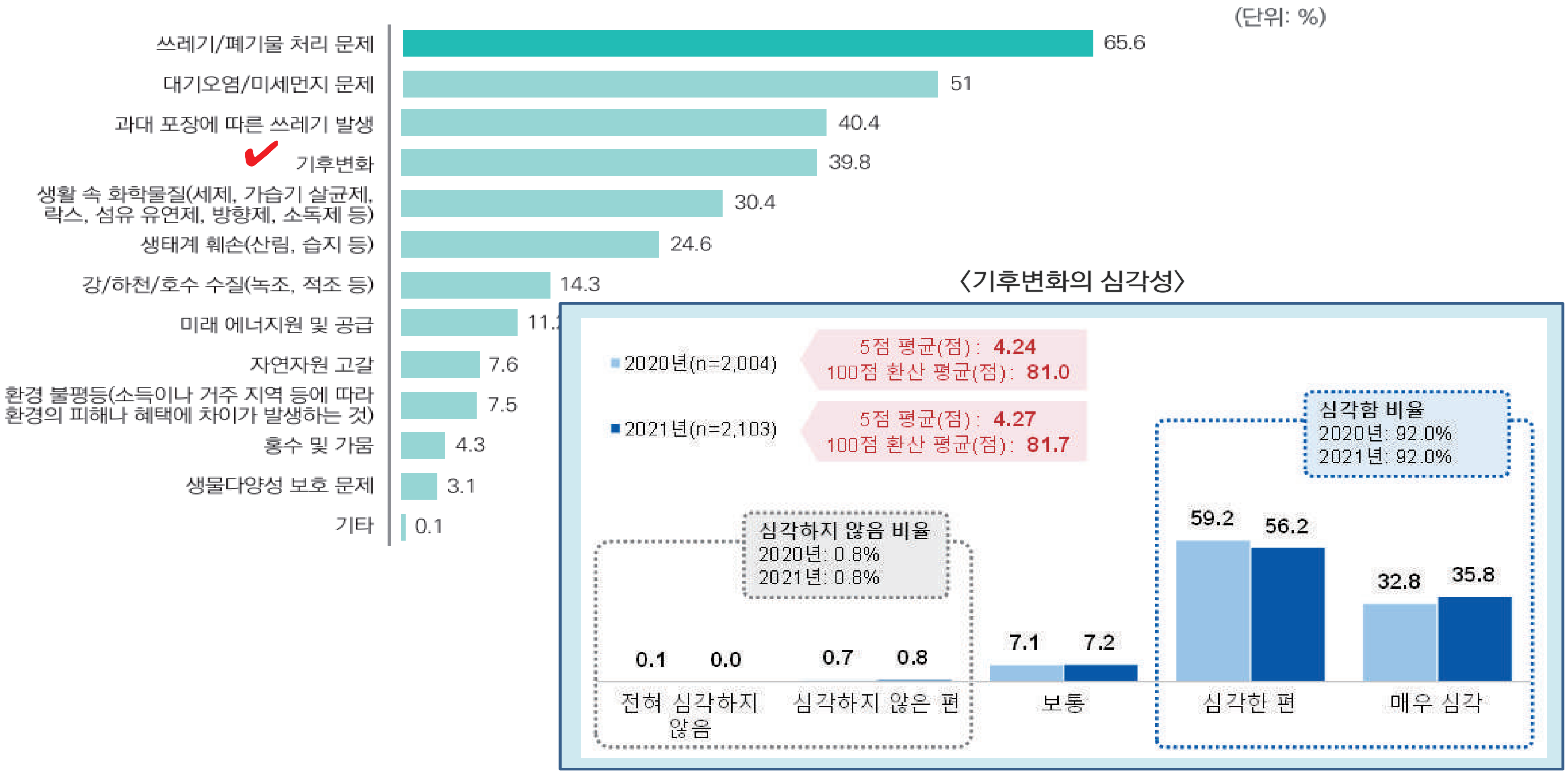
기후변화 잠재적 영향과 위험

구분	1.5℃	2℃	비고
고유 생태계 및 인간계	**높은 위험**	**매우 높은 위험**	
중위도 폭염일 온도	3℃ 상승	4℃ 상승	
고위도 극한일 온도	4.5℃ 상승	6℃ 상승	
산호 소멸	70-90%	99%이상	
기후영향·빈곤 취약 인구	2℃온난화에서 2050년까지 최대 수 억 명 증가		
물부족 인구	2℃에서 최대 50% 증가		
그 외	평균 온도 상승(대부분의 지역), 극한 고온(거주지역 대부분), 호우 및 가뭄 증가(일부 지역)		
육상 생태계	**중간 위험**	**높은 위험**	
서식지 절반 이상이 감소될 비율	곤충 6%, 식물 8%, 척추동물 4%	곤충 18%, 식물 16%, 척추동물 8%	2℃에서 두 배
다른 유형의 생태계로 전환되는 면적	6.5%	13.0%	2℃에서 두 배
대규모 특이 현상	**중간 위험**	**중간-높은 위험**	
해수면 상승	0.26-0.77m	0.30-0.93m	약 10cm 차이. 인구 천만 명이 해수면 상승 위험에서 벗어남
북극 해빙 완전 소멸 빈도	100년에 한 번 (복원 가능)	10년에 한 번 (복원 어려움)	1.5℃ 초과 시 남극 해빙 및 그린란드 빙상 손실

*자료 : 지구온난화 1.5°C 특별보고서 해설서(기상청, 2020), 지구온난화 1.5°C SPM 주요내용('18.10 기상청 기후정책과)

기후변화에 대한 인식 수준

그림 2. 우리나라가 직면한 가장 중요한 환경문제

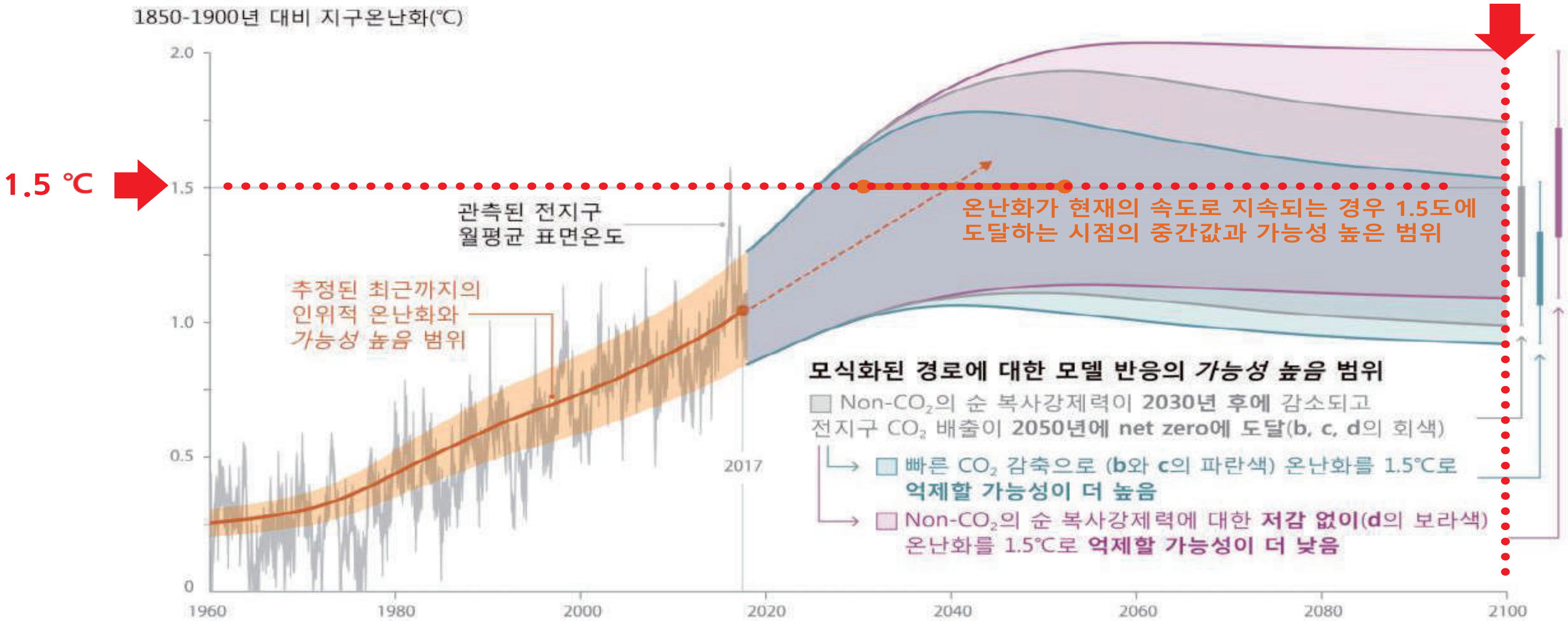


* 자료 : 2021 국민환경인식조사(염정윤 외, KEI 환경포럼 10권 1호, 2021),
2021 기후변화 적응 관련 대국민 인식조사(KEI KACCC, 2021)

지구 온난화 전망

2050 탄소중립으로 기후위기를 극복할 수 있다?

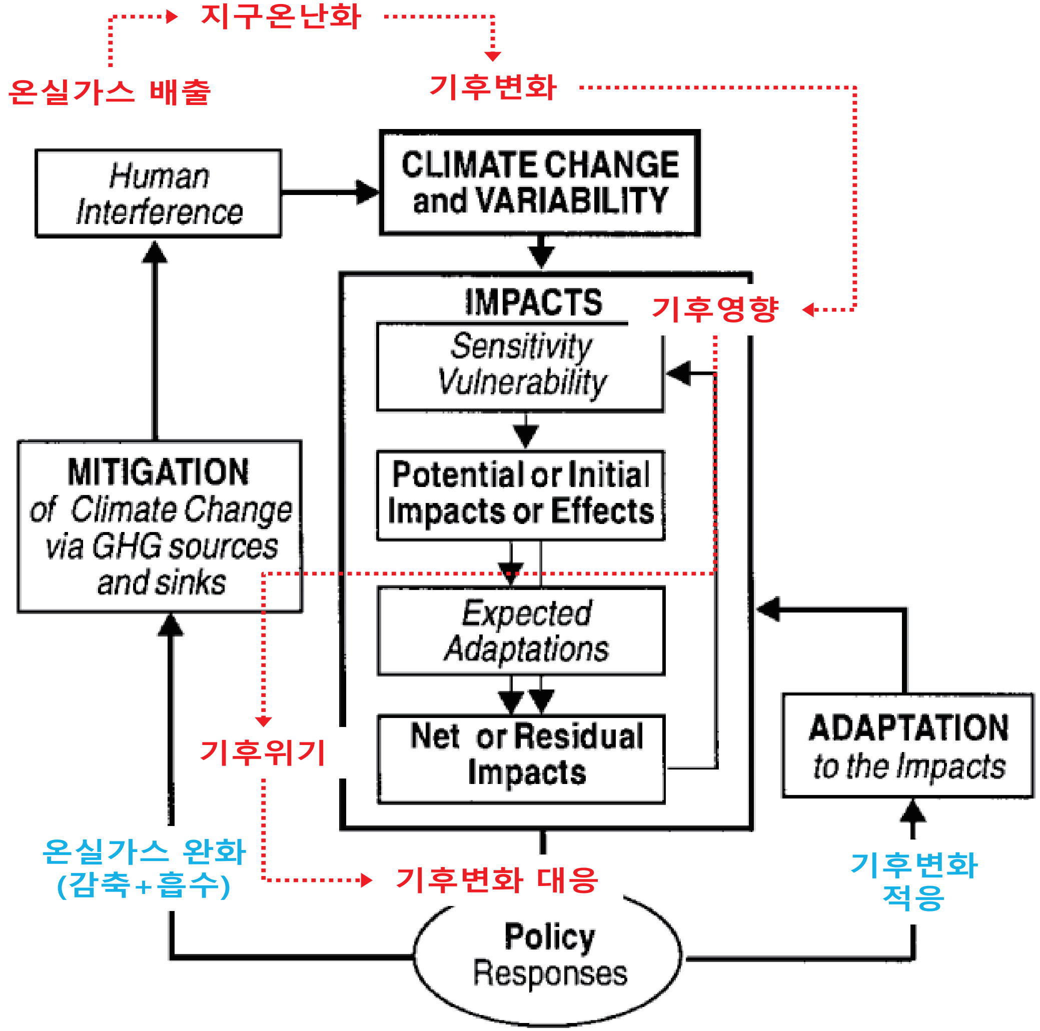
- (목표) 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 감소, 2050년 net zero 도달 : 2100년 1.5도 안정화
- 산업화 이전(1850~1900) 대비 2011~2020년의 전지구 지표면 온도 1.09 ℃ 상승(AR5, 2003~2012 0.78℃ 상승)
- 1.5℃ 지구온난화 도달 시점 : 2030~2052년(SR1.5, '18) → 2021~2040년(AR6, '21)
- 2100년이 되기 전에 그래프는 1.5℃를 넘는데?



<그림> 관측된 전지구 기온변화와 모식화된 인간활동에 의한 배출 및 강제력 경로에 따른 모델 반응(IPCC SR15, 2018)

*자료 : 지구온난화 1.5℃ 특별보고서 해설서(기상청, 2020)

기후변화 대응



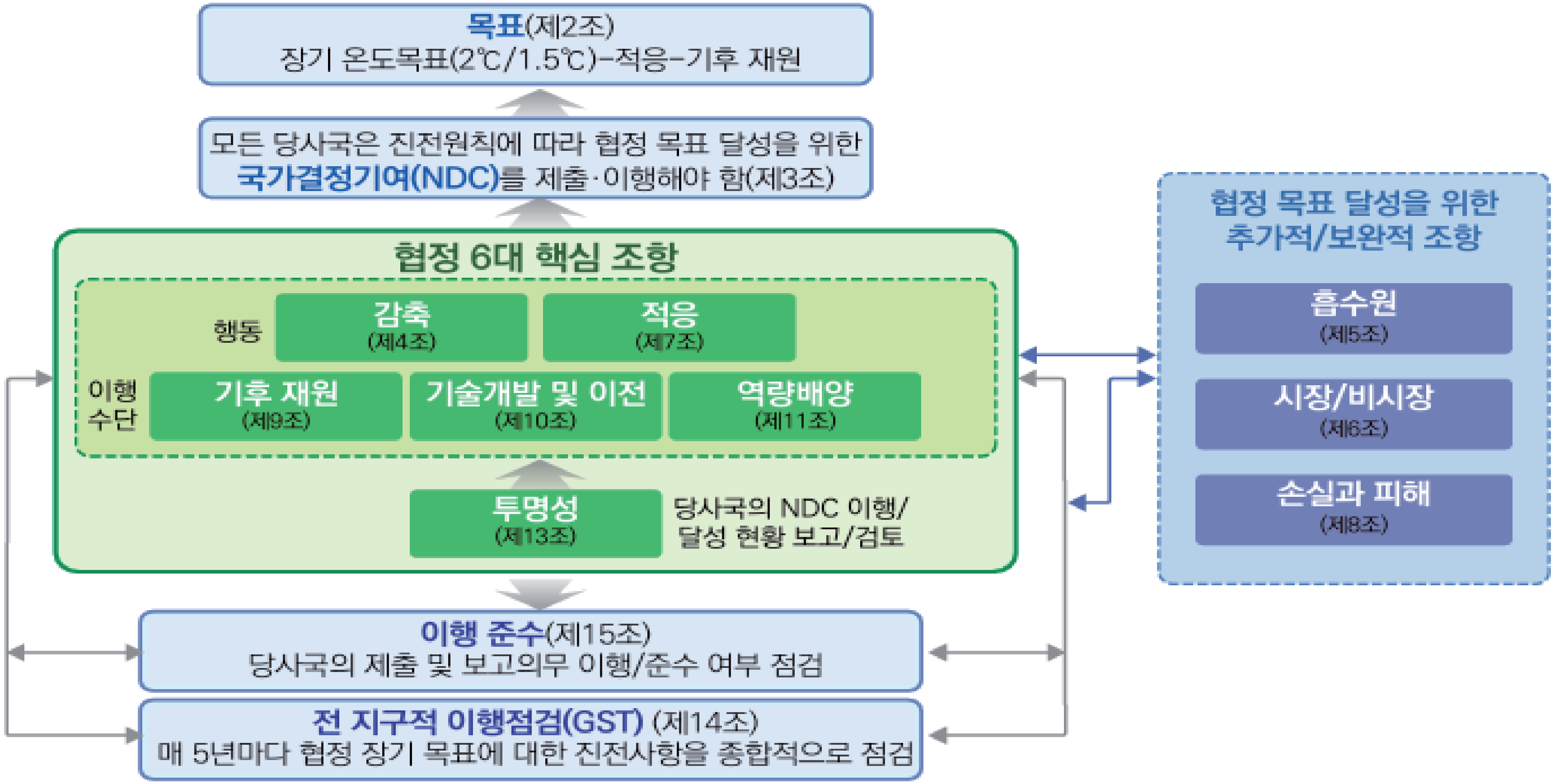
<그림> IPCC 평가상 적응 개념(smit et al, 1999)

* 출처: 신지영(2022), 국회기후변화포럼-제12기 대학생 기후변화 아카데미 , KEI

기후변화 대응

파리협정, 193개(192+EU) 모든 당사국이 참여하는 新기후체제

- [목표] 산업화 이전 대비 지구평균 온도 2℃ 보다 현저히 낮은 수준 유지 및 1.5℃ 상승 억제 노력



*자료 : 파리협정 함께보기(환경부, 2022)

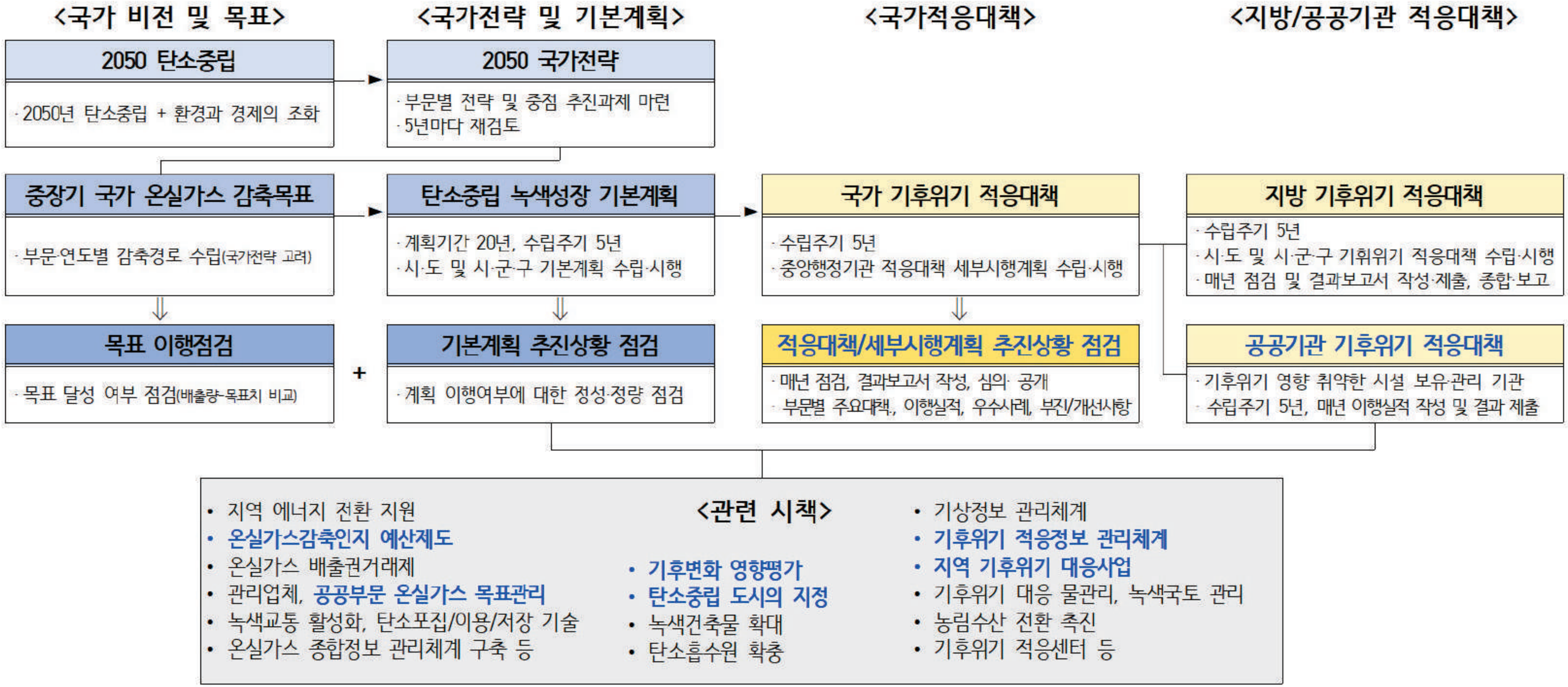
탄소중립과 녹색성장

❖ 탄소중립·녹색성장 기본법 주요체계

* 자료: 대한민국 정책브리핑('21.09.01). 탄소중립 세계 14번째 법제화... 탄소중립기본법 국회 통과

기후위기 적응정책

기후위기 대응을 위한 계획 및 시책



<그림> 탄소중립·녹색성장 기본법상 목표, 계획 및 시책

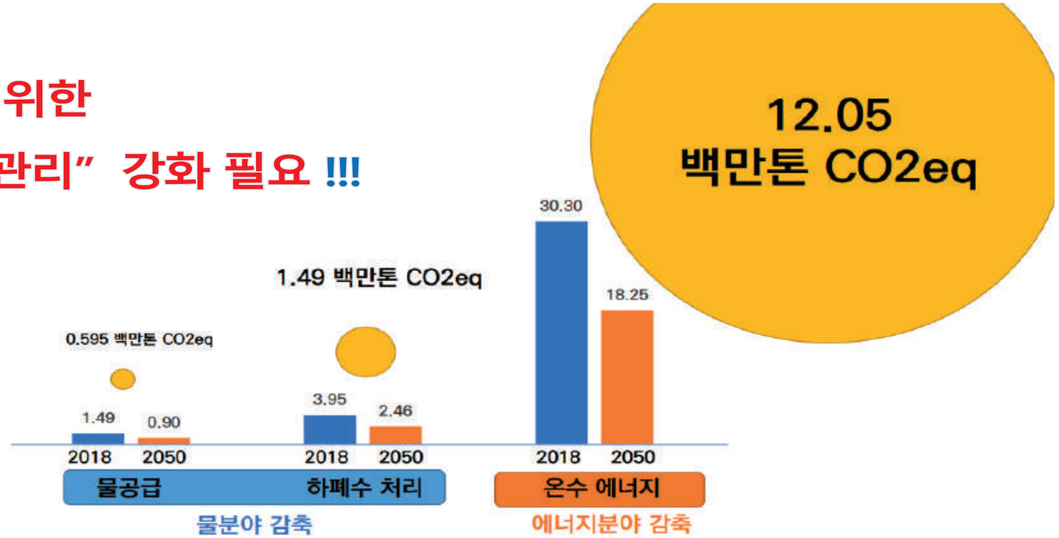
* 자료 : "2050 탄소중립을 향한 경제·사회 전환 법제화 탄소중립기본법 국회 통과" 환경부 보도자료(2021.8.31) 및 탄소중립·녹색성장 기본법을 바탕으로 저자 작성

탄소중립과 물관리

❖ 물관리 분야 총 배출량은 12.02 백만톤 CO2eq. (국가 배출량의 1.65% 수준)

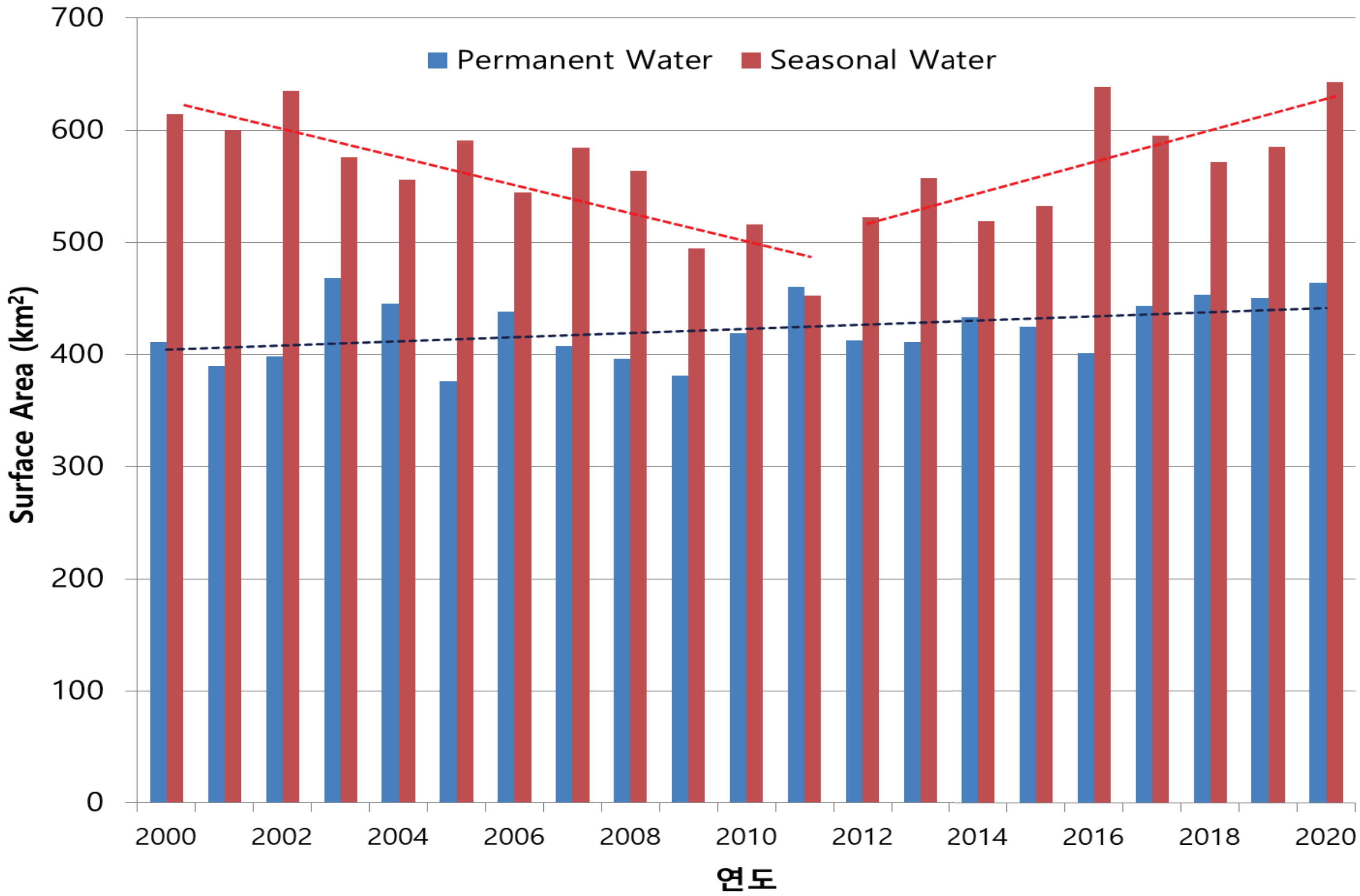
물서비스/관리 부문	물서비스/관리 세부부문	배출활동	백만톤 CO_2eq	비율(%)
물공급 서비스	생활, 공업용수	전력사용	2.501	20.3
	농업용수	전력사용	0.541	4.4
물환경 관리	하·폐수·분뇨 처리	처리공정	1.865	15.1
		전력사용	2.084	16.9
	가축분뇨처리	처리공정	4.936	40.0
		전력사용	0.093	0.8
수자원 관리	수자원확보, 공급, 홍수조절	습지 (인공침수지)	0.319	–
	수자원 수질 확보	하천공간 (수변구역 및 상수도보호구역)	△ 1.04	–
물관리 분야 총 배출량('18 LULUCF 포함)			12.02 ('18년 국가 전체 온실가스 총 배출량(727.6)의 1.65%)	100.0
물관리 분야 순 배출량('18 LULUCF 포함)			11.701 ('18년 국가 전체 온실가스 순 배출량(685)의 1.71%)	

➢ 온실가스 감축 위한
"물 수요관리" 강화 필요 !!!



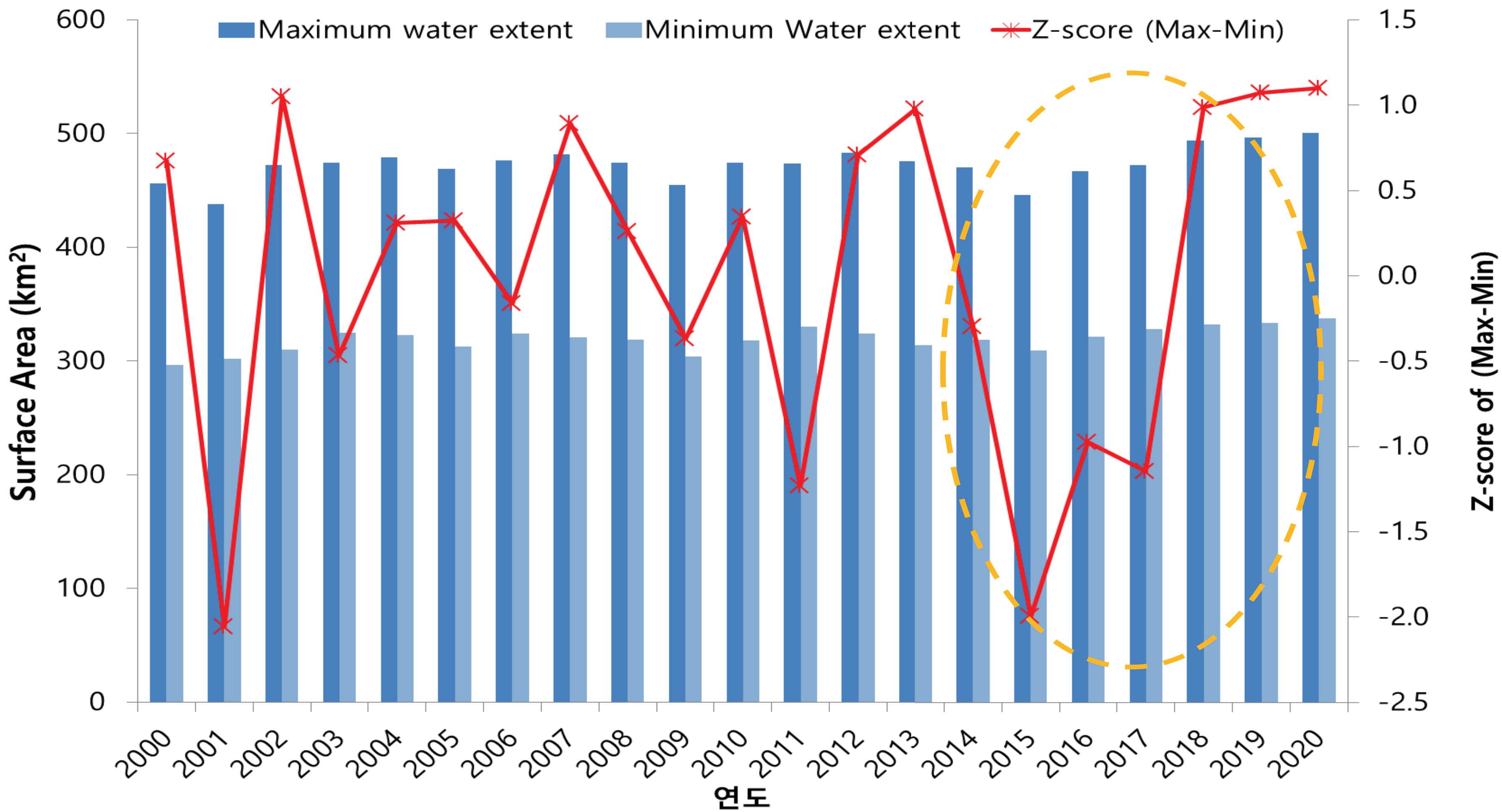
* 출처: 한혜진(2022.5), 물분야 탄소중립 이행을 위한 여건분석 및 정책추진 방향, KEI 수요세미나

우리나라 하천과 호소의 표면적 변화



(출처) UN Environment Programme (UNEP) through www.sdg661.app (https://map.sdg661.app/#!)

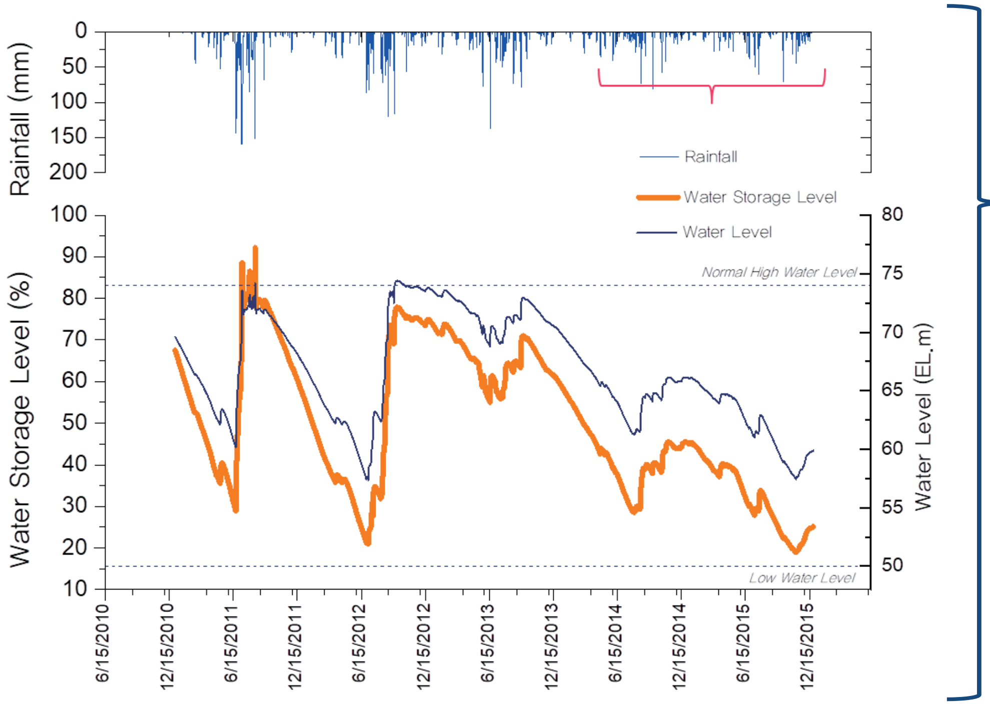
우리나라 인공저수지의 표면적 변화



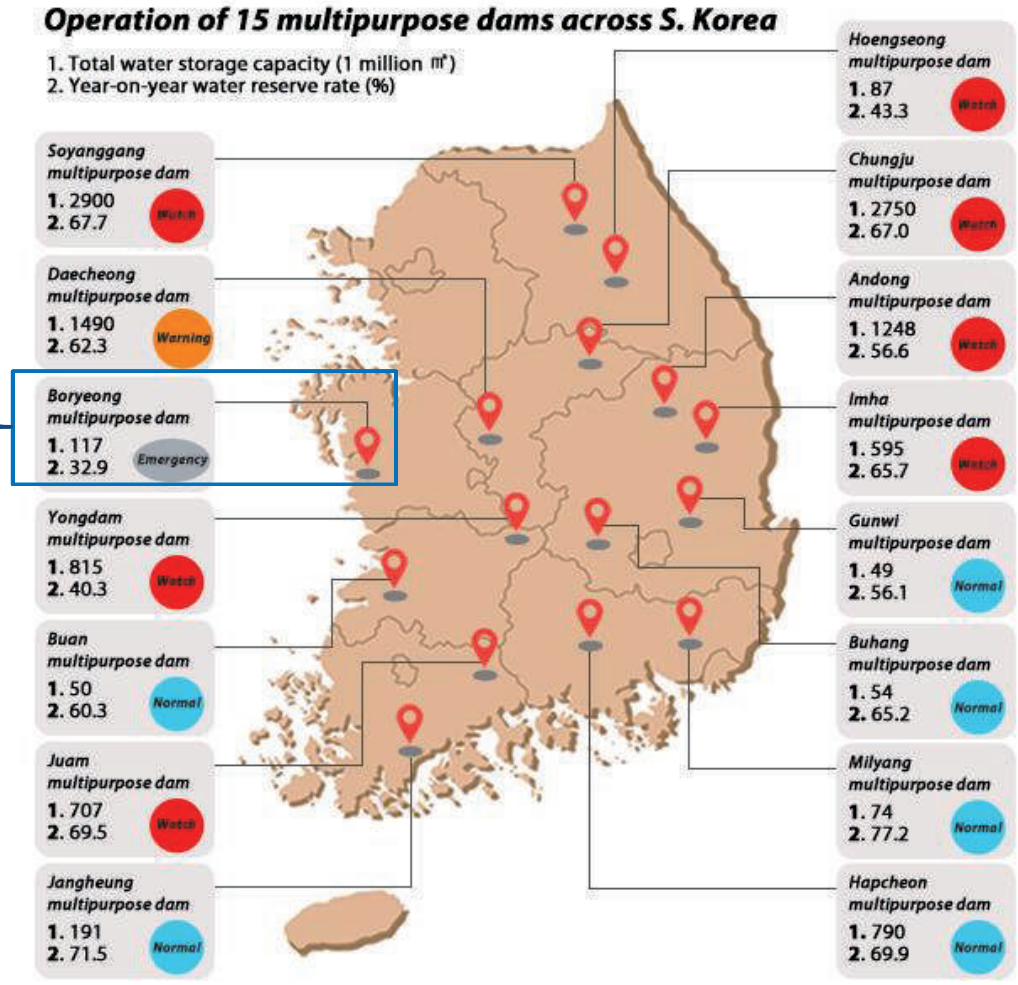
(출처) UN Environment Programme (UNEP) through www.sdg661.app (https://map.sdg661.app/#!)

2015년 가뭄 – Set the scene

➢ 충남서부권은 2014년부터 2015년까지 지속된 가뭄으로 보령댐 저수위는 20% 이하로 떨어짐



Data from K-water Dam Information System



가뭄대응의 한계와 시사점

- **물 절약을 위한 금전적 인센티브는 물 사용자의 행동을 영구적으로 바꾸지 못함**
  - 지난 기간에 비해 물 사용량 감소량기준 절약한 1 m^3 에 대해 1,240원 제공
  - 물 사용자에게 평상시에 소비적인 물 사용을 장려하는 부정적 신호가 될 수 있음
  - 절수기 구입이나 설치에 대한 금전적 인센티브 주는 것이 물 수요 관리 측면에서 더 바람직.

- **현재 가뭄 비상 매뉴얼에는 사전 대비 도구가 부족**
  - 매뉴얼은 도시의 물 부족이 임박했을 때 가뭄 대책을 시작하도록 규정
  - 주요 내용이 수질 오염 사고 시 비상 급수 조치에 중점을 둠

- **가뭄 특성을 반영한 취약성 및 지역별 원인분석 등 기본정보가 없고, 맞춤형 대책, 투자우선순위 등 실효성 있는 대책이 마련되지 않음**

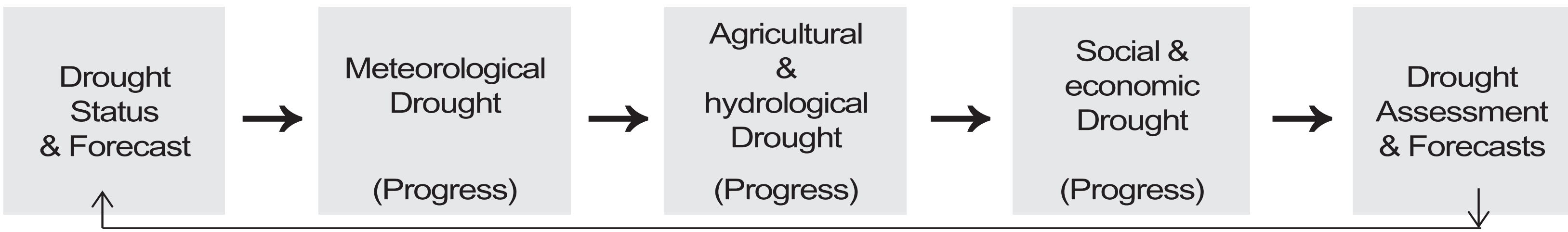
[시사점]

- **증가된 기후 변동성으로 인해 가뭄은 위험 기반 및 적응적 접근을 통해 관리 필요**
- **불확실한 환경에서 가뭄 관리에 유연한 정책 필요**
- **전주기 가뭄분석 및 예보기술을 개발하고 지역별 가뭄대응능력 자료를 분석·수집하여 통합관리를 위한 협업체계 구축이 절대적으로 필요**

지역맞춤형 전주기 통합 가뭄관리

- ➢ **전주기 가뭄대응...**
  - ✓ 전년도의 가뭄상태(이월 유무), 장기(3개월, 6개월) 일기예보, 가뭄지수(날씨, 수문학, 날씨 등)에 기초한 올해 기상 가뭄 발생 여부 결정
  - ✓ 기상 가뭄 상황에서 농업 및 수문 가뭄 진행 상황에 따른 현장 가뭄 정보(작물 피해, 물 공급 제한, 조류 번성 등)의 신속한 수집
  - ✓ 날씨, 농업, 수문학, 사회경제적 가뭄 등을 평가하여 내년 가뭄 대비
- ➢ **가뭄의 빈도와 강도가 높아짐에 따라 선제적 가뭄대응체제로 가뭄 리스크 저감**

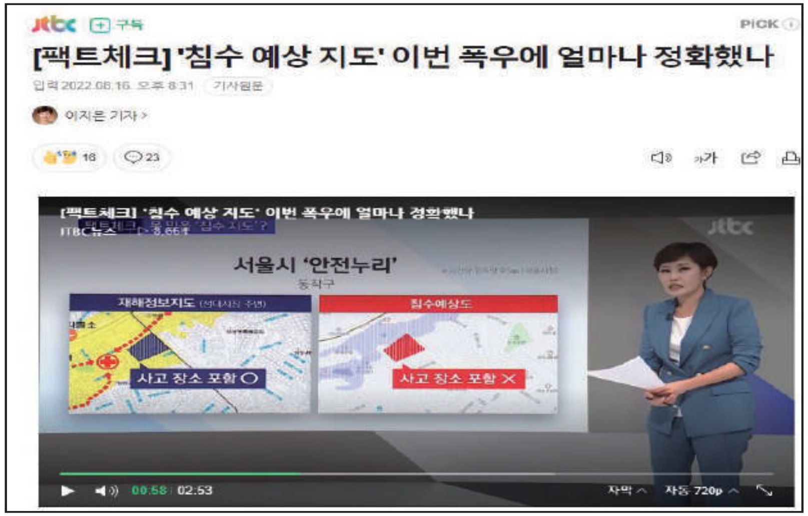
  * 선제적 대응은 복구 후보다 4배 더 경제적 (US National Drought Reduction Center)
- ➢ **시, 군, 유역에서 확장되는 상향식 가뭄 관리 방식으로 맞춤형 개선**
  - 지역가뭄대책 수립 지원체계 구축
  - 지역의견 반영 및 공감대 확보를 위한 지역 이해관계자 중심 조직 운영
- ➢ **가뭄 예방, 대비, 대응 및 복구 단계를 효과적으로 실행할 수 있는 전주기 통합 관리**



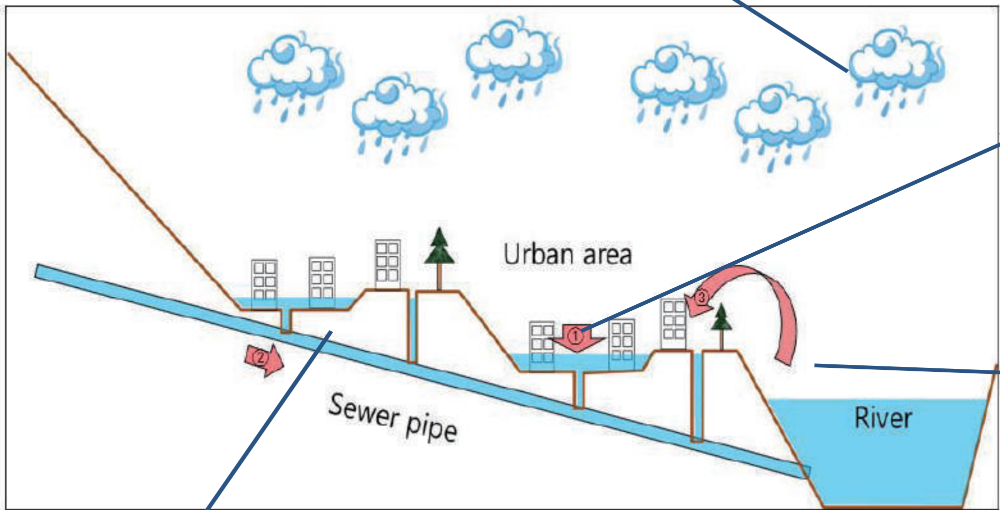
집중호우 피해 대응

2020년 장마기간 홍수피해 현황

222년8월 서울시 강남지역 침수



도시 침수 대응 정보



출처: 이승수(2022.9), 기후위기 대응을 위한 도시침수 관리 정책 개선방안 연구, 최종보고자료, KEI

도시침수지도

빗물처리시설(배수펌프장,하수관거 등)이 감당하기 힘들 정도로 많은 양의 비가 갑자기 쏟아졌을 때 용량 초과 및 고장 시 피해가 예상되는 가상의 침수범위와 침수 깊이를 나타낸 지도입니다.

* 관련법령 : 수자원조사 계획 및 관리에 관한 법률 제7조

하천범람지도

하천범람지도는 하천이 범람하거나 붕괴되는 상황을 가정하여 하천주변의 예상 침수범위와 침수 깊이를 표출한 지도입니다.

* 관련법령 : 수자원조사 계획 및 관리에 관한 법률 제7조

침수흔적도(2020)

태풍, 호우, 해일(지진해일 포함)등 자연재해로 인한 침수피해가 발생한 지역에 대하여 침수흔적 조사 및 측량을 실시하고 침수구역에 대한 침수위, 침수심, 침수시간 등을 조사하여 연속지적도 및 수치지형도등에 표시한 지도입니다.

* 관련법령 : [자연재해대책법] 제21조

도시침수 대응 통합정보시스템 구축

➢ 침수위험 통합정보 제공체계 구축 필요

- 현 도시침수관련 정보체계 한계

  * 낮은 구축율 : 지자체 의지 및 낮은 주민인식으로 예산투자 미흡

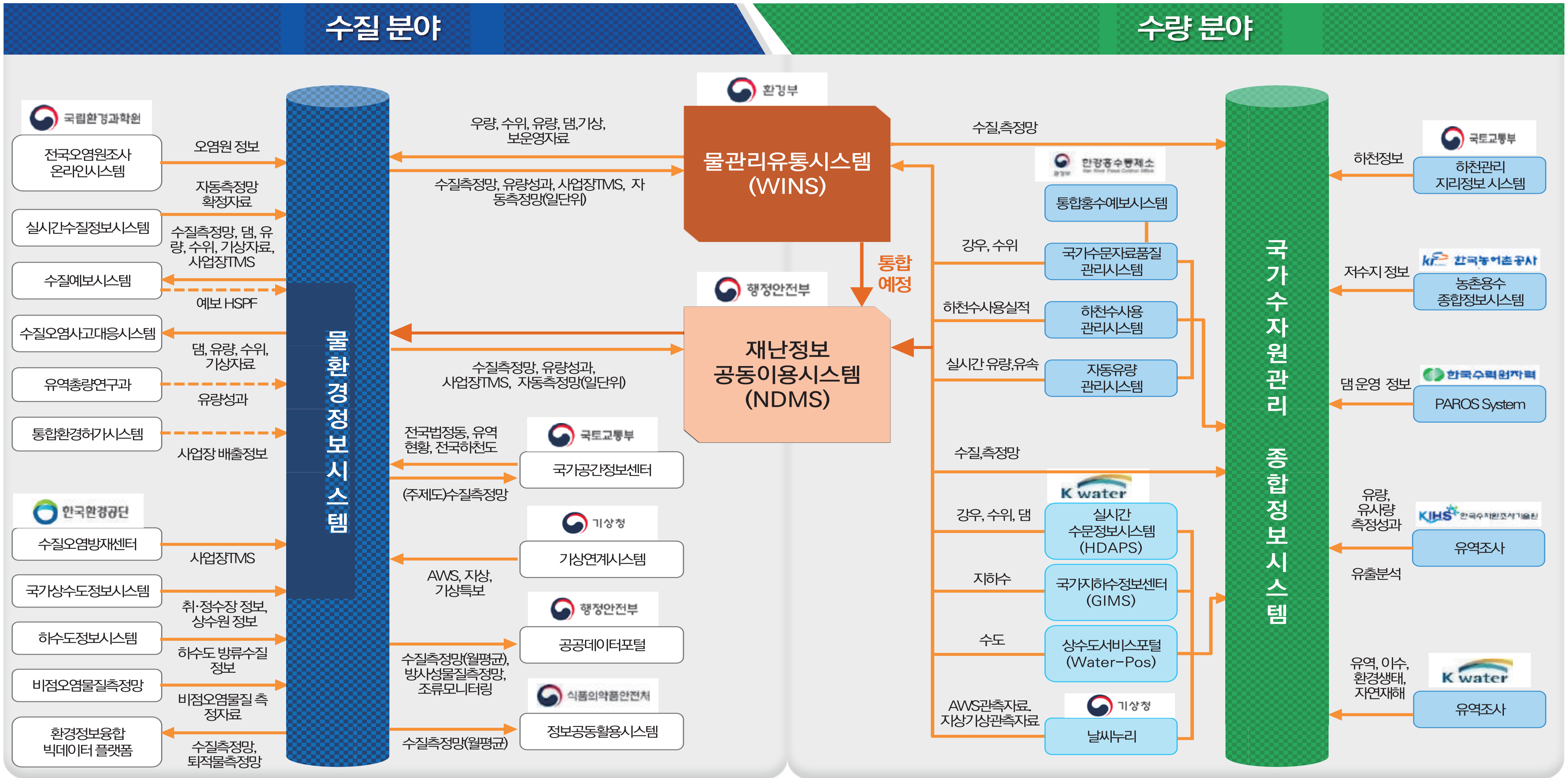
- (개선사항)
  - ✓ (제도적) 지자체 특성에 맞게 구축 의무 법제화
  - ✓ (기술적) 정보의 정확도 개선, 하천+내수 통합모의
  - ✓ (활용성 제고) 재해정보 연계, 안전 홍보 강조

➢ 도시침수 예경보시스템 구축 필요

- 기상강우 정보 기반 → 유출범람 기반
- 예경보 시스템 구축의 법적기반 마련
- 지자체 예경보 운영체계 마련

물 정보 통합관리 필요성

물정보체계 현황



물 정보 통합관리 필요성

미국 EPA 시스템 대비 국내 현황 비교

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">미국 EPA
정보시스템</th><th colspan="2">국내 물 관련 정보시스템</th><th rowspan="2">시사점</th></tr>
<tr><th>유사시스템 명칭</th><th>구현 수준</th></tr>
<tr><td rowspan="2">데이터
통합</td><td>WATERS</td><td>물환경정보시스템
국가수자원관리종합정보시스템</td><td>★★★★☆</td><td rowspan="2">• KRF 기반 자료검색 및 조회, 표출을 위한 GIS 기반 정보관리 체계 구현 완료 (물환경정보시스템)
• 관심 하천 구간, 집수구역 단위 모든 데이터 검색 가능 (물환경정보시스템)
• 데이터별 차트, 추이분석, 메타정보 제공 (물환경정보시스템)
• 보 주변 다양한 데이터셋 제공 및 비교분석 (물환경정보시스템)
• 개별 업무단위 정보시스템이 독립적으로 개발 및 운영되고 있어 실시간 자료 공유 및 연계 미흡
• 메타데이터 기반의 정보 관리 및 검색 체계 부재로 효율적인 자료 관리 및 공유 미흡</td></tr>
<tr><td>RAD</td><td>시나리오별 자료관리
(물환경정보시스템)</td><td>★☆☆☆☆</td></tr>
<tr><td>공간분석지원</td><td>NHDPlus Tools</td><td>KRF 및
추가 분석 모듈
(물환경정보시스템)</td><td>★★★☆☆</td><td>• 하천환경정보를 내비게이션처럼 손쉽게 확인 할 수 있도록 국내 최초 적용 (물환경정보시스템)
• 점, 선, 면 정보의 유기적인 결합 및 확장 가능 (물환경정보시스템)
• 물 흐름에 따른 네트워크 기반 분석 가능 (물환경정보시스템)
• KRF 연계 분석 가능 자료 부족
• 다양한 속성 조건에 의한 상하류 탐색 및 임의 공간 범위 통계 추출 등의 기능 부재
• 웹 GIS 기반의 물환경 공간정보 원-스톱 조회는 가능하나 (물환경정보시스템), 매쉬업을 통한 각종 환경 주제도 제작 어려움
• 주제도 제작 및 활용도가 저조하여 공간적 상관성을 고려한 다차원적 분석 한계</td></tr>
<tr><td>지리정보 기반
자료 제공</td><td>National Water
Dashboard</td><td>물환경정보시스템
국가수자원관리종합정보시스템</td><td>★★☆☆☆</td><td>• 다양한 자료의 연계 분석을 위한 기반 조성 완료 (물환경정보시스템)
• 수질,수량,기상,수생태 등 원클릭 종합정보 제공 (물환경정보시스템)
• 제공 데이터가 한정적으로 통합물관리 관점의 데이터 연계가 필요</td></tr>
<tr><td>대국민
정보제공</td><td>How's My Waterway</td><td>물환경정보시스템
국가수자원관리 종합정보시스템</td><td>★★★☆☆</td><td>• 지역사회 공감/참여 가능 정보 및 콘텐츠 부족
• 위치기반 체감형 서비스의 미흡</td></tr>
</table>

물 정보 통합관리 필요성

서비스 제공 현황 및 문제점

대국민 사용자

- 외부 공개 시스템의 존재에 대한 이해 부족
- 자료를 여러 시스템에서 수집 및 구축하여 업무 효율성 저하
- 자료의 종류 및 현황 등 정확한 파악이 어려움
- 일차원적 자료 수집만 가능하여 시간과 인력이 과다 필요

내부 사용자

- 일부 자료만 기관 간 상호 공유되어 타 기관 사용자가 즉각적으로 연계하여 활용하기 어려움
- 기관별 자료 품질관리 시스템을 통해 자료가 업데이트 될 경우 타기관에서 확인하기 어려움

운영 환경

- 중복 제공되는 정보가 다수 존재
- 유역 현황을 한눈에 확인할 수 있는 유역 단위 통합정보 제공 미흡

기초 자료 및 정보의 중복·분산

필요 정보에 접근하는데 많은 시간 소비

자료의 수집 및 가공의 반복으로 분석 및 업무 수행능력 저하

자료간 연계 활용성 부족 및 공유체계 미흡

공동활용 저해 및 전략적 의사결정 지원 어려움

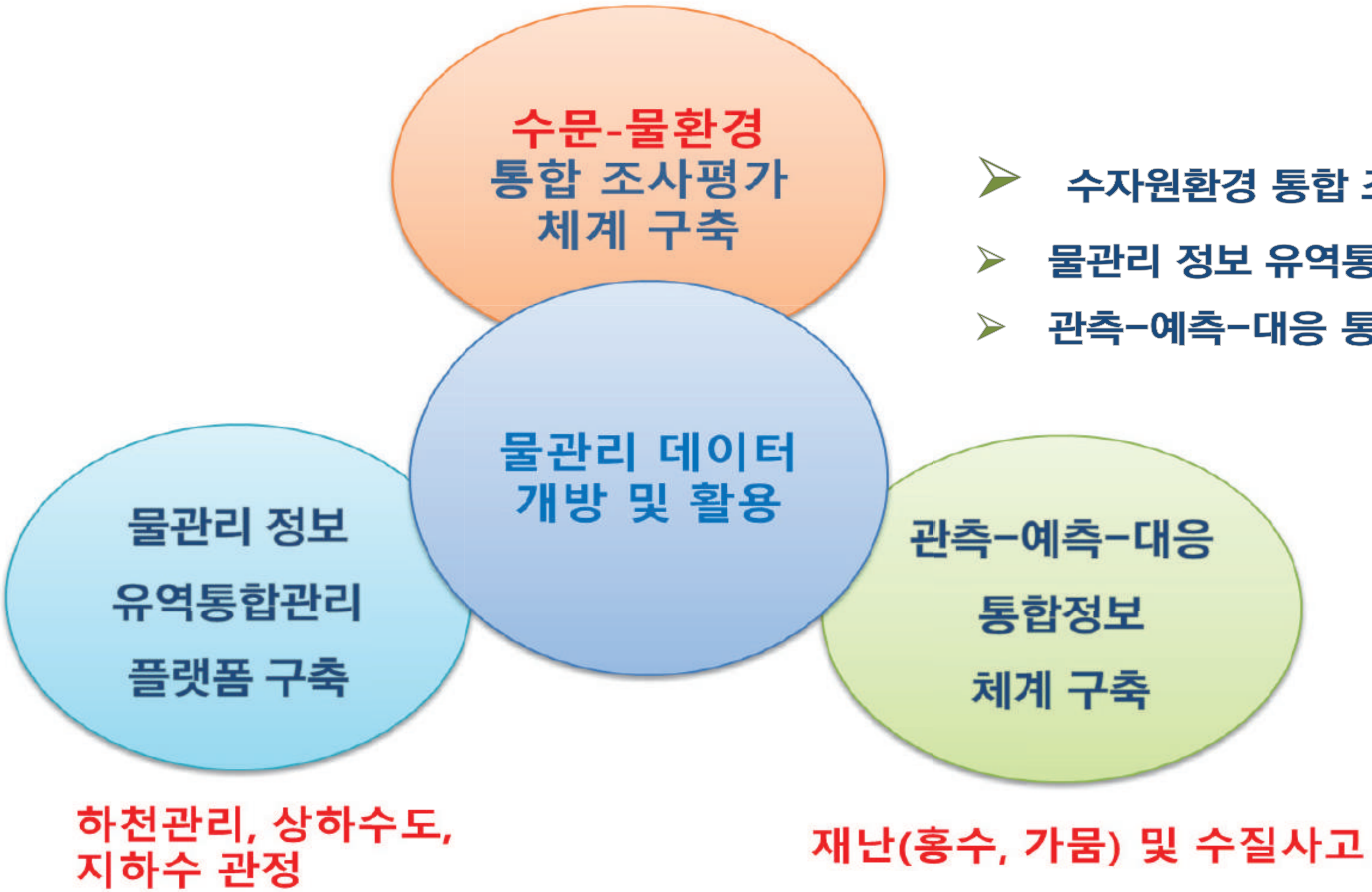
통합물관리 정책 방향을 반영하는 시스템의 부재

통합물관리 정보시스템 구축 추진 방향

- 「데이터 3법」 개정, 「물관리기본법」 제정, 『물관리기본계획』 수립, 『국가 데이터 정책 추진방향』 마련
  → 물관리 데이터의 개방 및 통합과 이를 통한 활용성 증대를 위한 정책추진 여건은 마련되었음
- 정보 접근성 및 활용성 제한, 중복관리, 자료 일관성 문제 등 개선 여지 확인

- 물관리 정보시스템
  - 효과적인 정보시스템의 형태 결정
    (ex. 하나의 채널을 통해 모든 정보 통합 제공 vs. 기존 시스템 유지 및 연계성 제고)
  - 데이터 수집·관리 과정의 표준화·효율화 논의 필요
- 중장기 운영방안
  - 필요한 인력·예산의 규모 파악 및 확보 방안 마련
  - 정책적 컨트롤 타워, 실무조직의 구성 및 운영 방안 마련
  - 뉴딜사업에 반영 추진
- 법적 정비
  - 정책 추진을 위한 법적 정비 필요
    (ex. 개별법 개정을 통한 일관성 및 효율성 제고 추구 vs. 전체를 아우르는 별도 법 제정)
  - 실행력을 갖출 수 있는 구체적인 방안 마련

통합물관리 정보시스템 구축 추진 방향



- 수자원환경 통합 조사·평가체계
- 물관리 정보 유역통합관리 플랫폼
- 관측-예측-대응 통합정보 체계

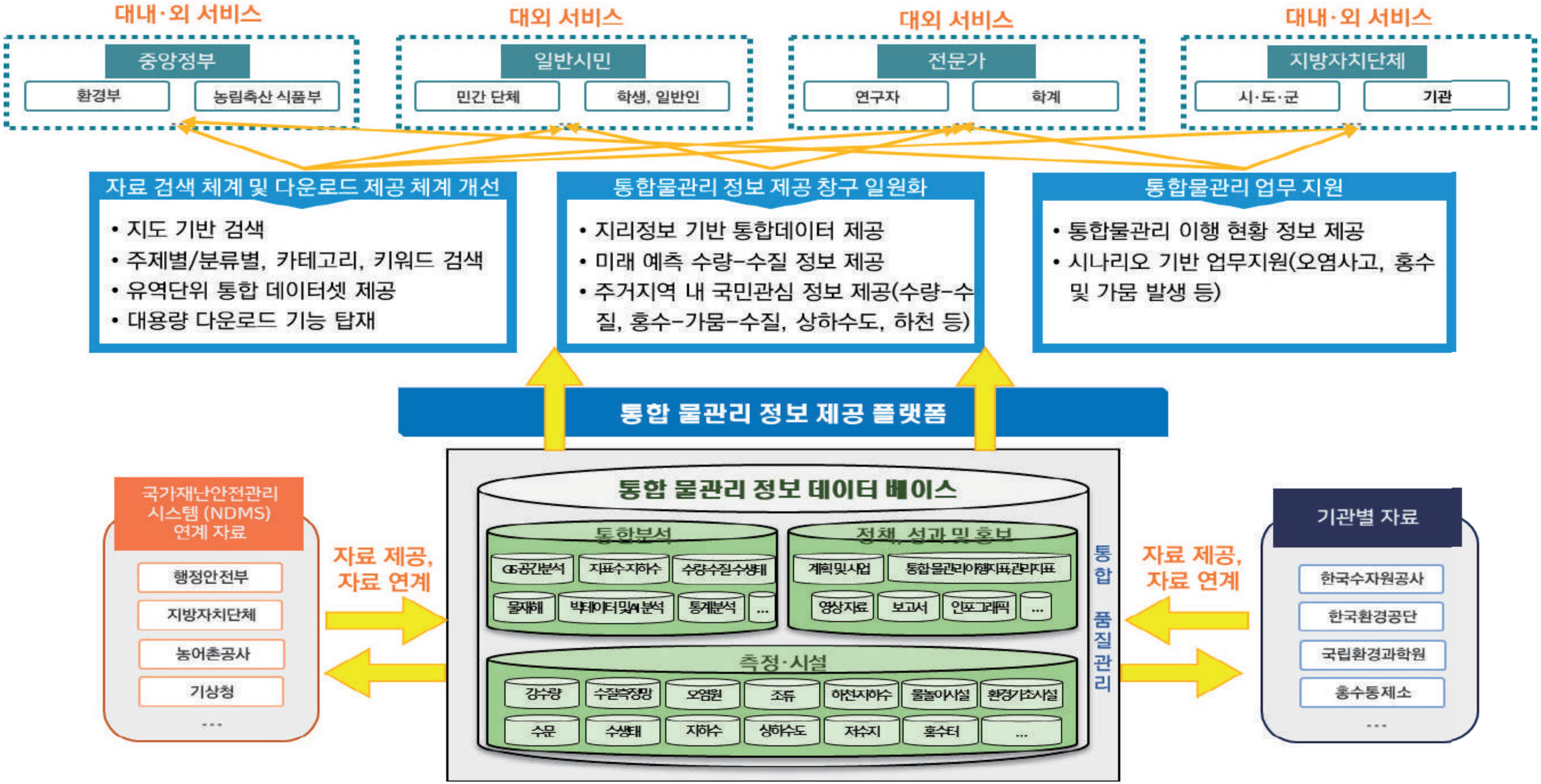
통합물관리 정보시스템 구축 추진 방향

▌서비스 제공 영역 및 추진방향

서비스	대상	방향	주요내용
데이터 개방	전문가 연구자 지자체	한번에, 편하게, 과감하게, 적극적으로	• (접근성 향상) 수량(WAMIS)/수질(물환경정보시스템) 정보 통합 제공 • (활용성 제고) 데이터 표준화 → 미래 확장성(4차산업혁명시대 대응) • (개방 데이터 확장) 원(raw)데이터, 미확정 데이터 등 • (양방향) 전문가·시민참여 데이터 공유 플랫폼
국민 관심정보	일반시민 지자체		• (예·경보 물날씨 제공) 홍수, 가뭄, 수질(조류) 통합정보(포털 사이트 연계) • (관심정보 확장) 도시침수, 물놀이형 수경시설 및 친수구역 수질 등
교육·홍보	일반시민 초중고		• (물관심) 물에 대한 관심 및 이해도 증진 • (물문화) 생태, 역사, 문화, 경제적 가치 등 정보 제공 • (물교육) 교육 목적의 데이터 활용 등 수요자 참여 유도

국가 통합물관리정보플랫폼 구축
(데이터 통합,표준화, 확장, 공유)

통합물관리 정보플랫폼 구축 모델(안) 예시



보다 개방적이고 투명한 물 관리 데이터 정보화 필요

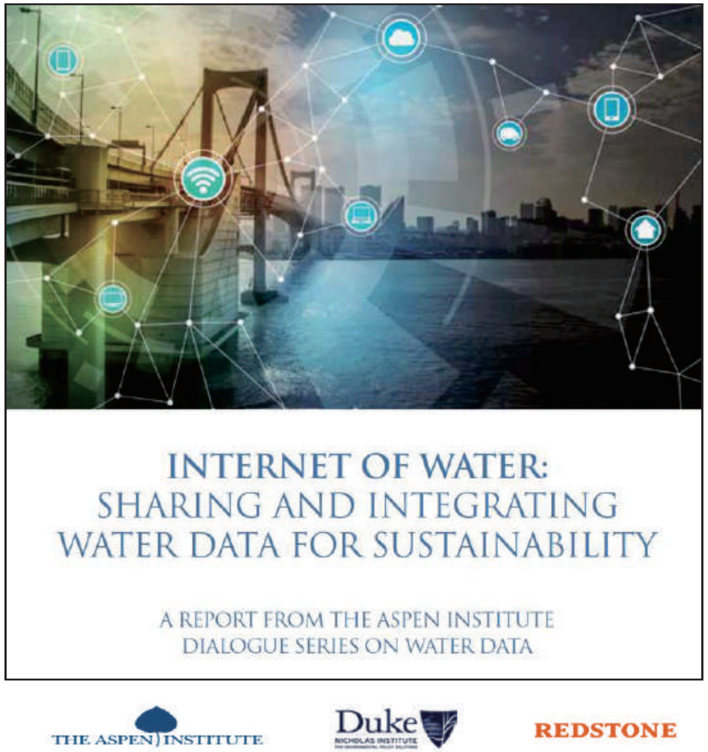
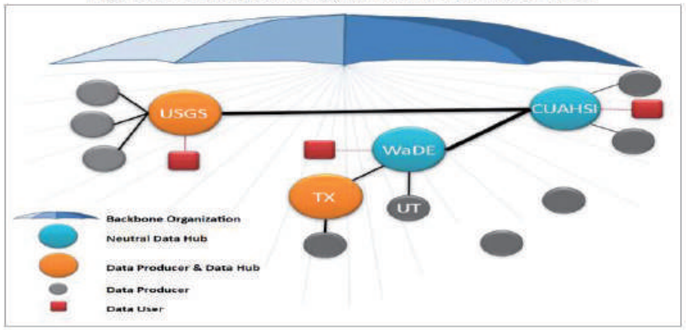


Figure A: Conceptual Diagram of the Internet of Water



❖ **기본원칙**

- 사용자 기반 접근 방식은 물 데이터의 가치를 극대화해야 함
- 기존 공공 수자원 데이터를 공개하는 것이 최우선 과제
- "물 인터넷" 아키텍처는 데이터 생산자, 허브 및 사용자의 연합임
  - · 데이터에 대한 통제와 책임은 데이터 생산자가 가장 잘 관리 필요
  - · 공공 수자원 데이터 허브의 연합 시스템은 데이터 사용자의 다양한 요구를 보다 잘 충족 할 수 있도록 확장 성과 재정적 안정성을 제공
  - · backbone 조직은 데이터 허브를 연결하고 시스템의 거버넌스를 촉진해야하지만 데이터의 생산이나 사용을 관리해서는 안됨

❖ **물 데이터 개방 활성화**

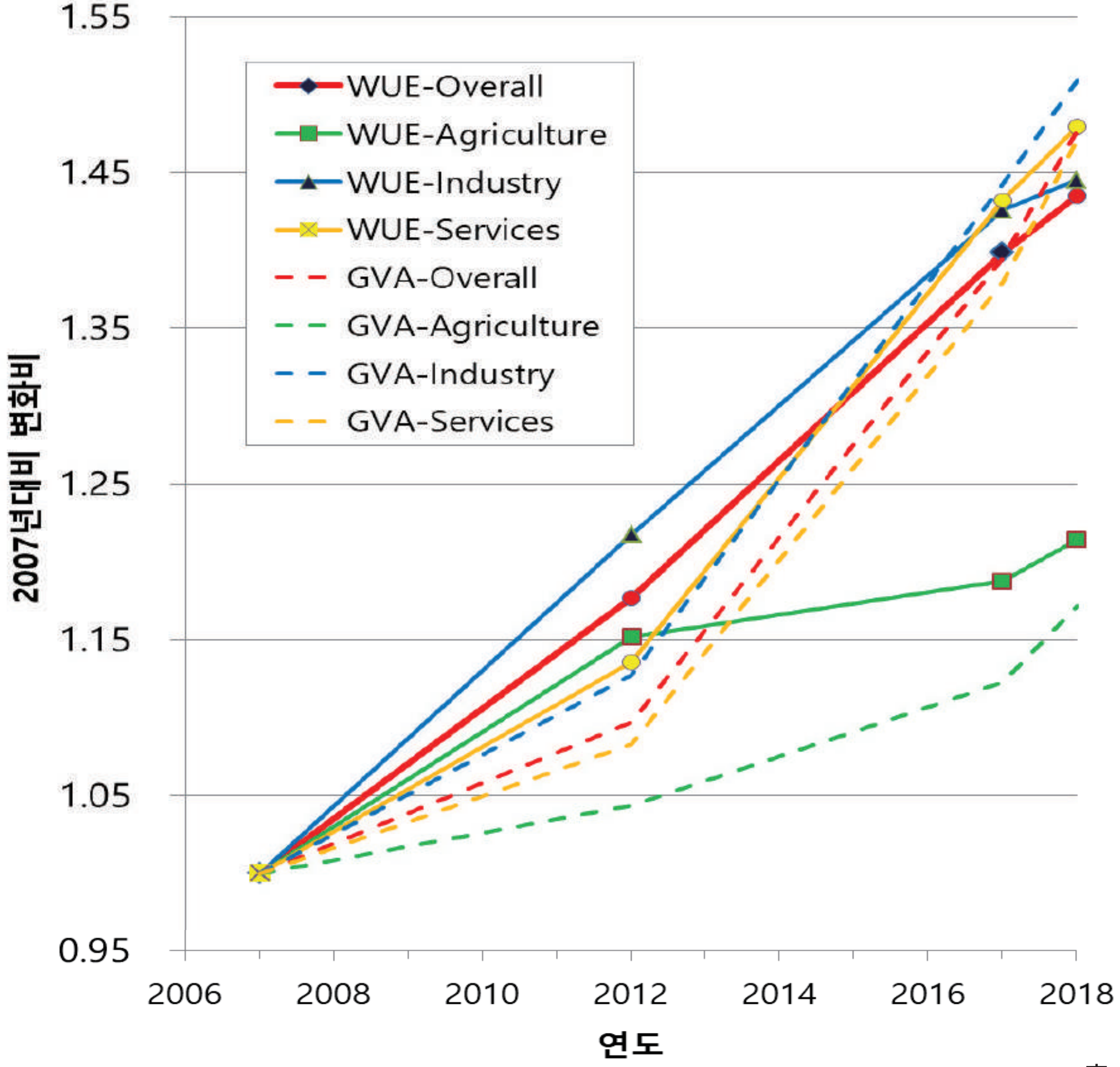
- 공공 관리하는 모든 기존 공공 수자원 데이터를 식별하는 수자원 데이터 카탈로그를 개발
- 기존의 공공 수자원 데이터를 열기 위한 도구를 개발하고 생산자와 사용자가 모두 사용 가능토록 함
- **규제, 관리 관행, 허가 및 자금을 공개 데이터 제공에 포함 필요**

❖ **물의 인터넷 만들기**

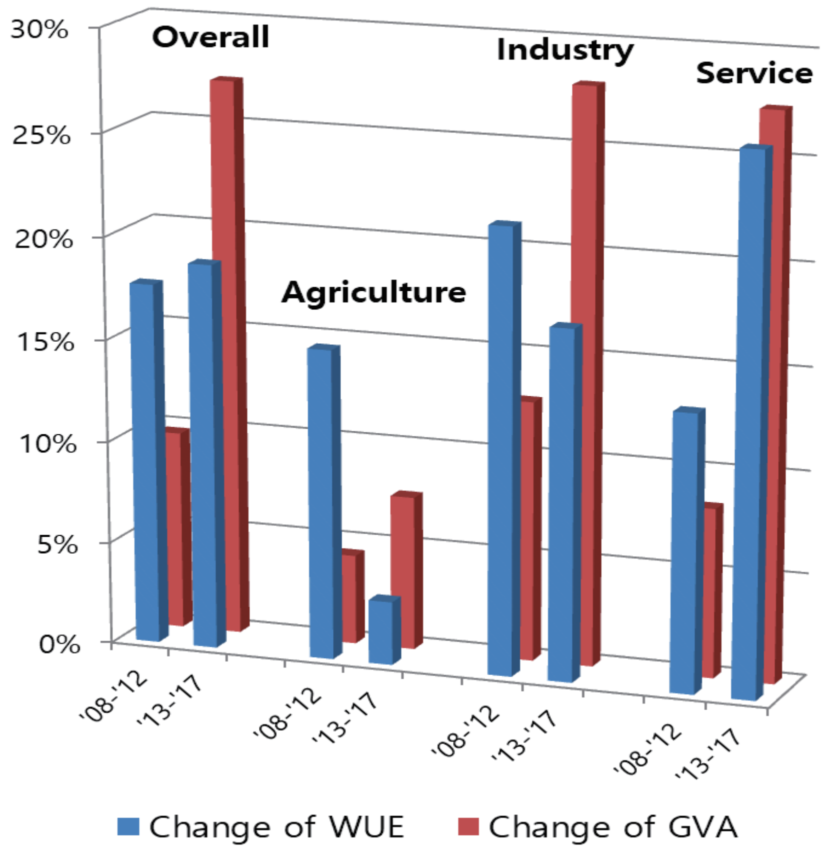
- 기존 수자원 데이터 허브를 안정화하고 추가 자원 확보
- 통합 데이터 시스템을 구성하고 활성화하기 위해 백본 조직 구성
- 백본 조직은 비영리 조직으로, 중앙정부 및 비규제 기관과 협력
- **예산을 늘리기 위해 여러 허브의 데이터 통합에 대한 개념 증명 필요**

Data 투명성 확보
– 물 계정(water account) 도입, tool은 디지털화

물 이용 효율성 – 경제성장 VS. 물 이용 가치

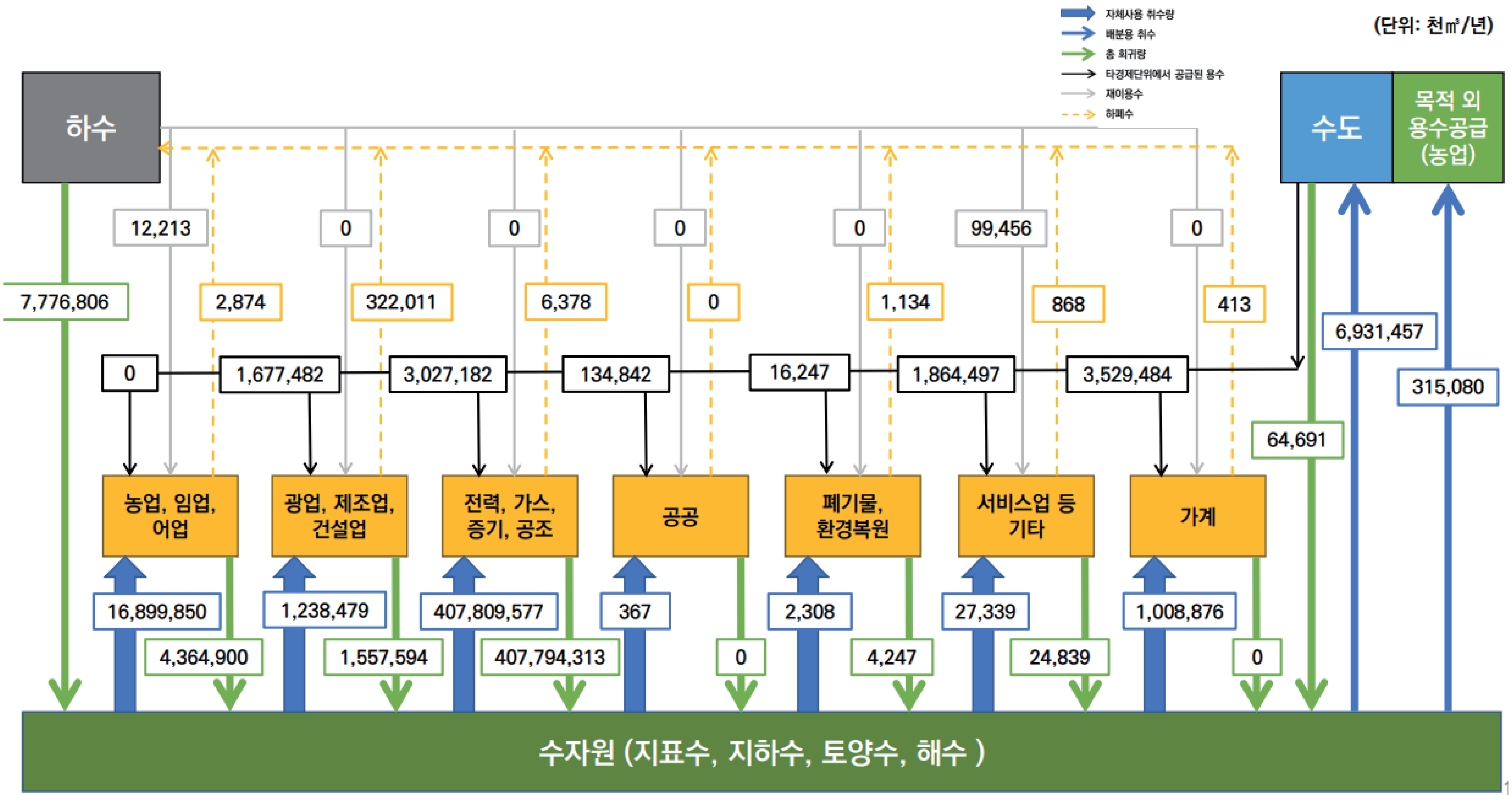


WUE (물이용 효율) : Water-use efficiency [USD/m³]
GVA (총부가가치) : Gross value added [USD]



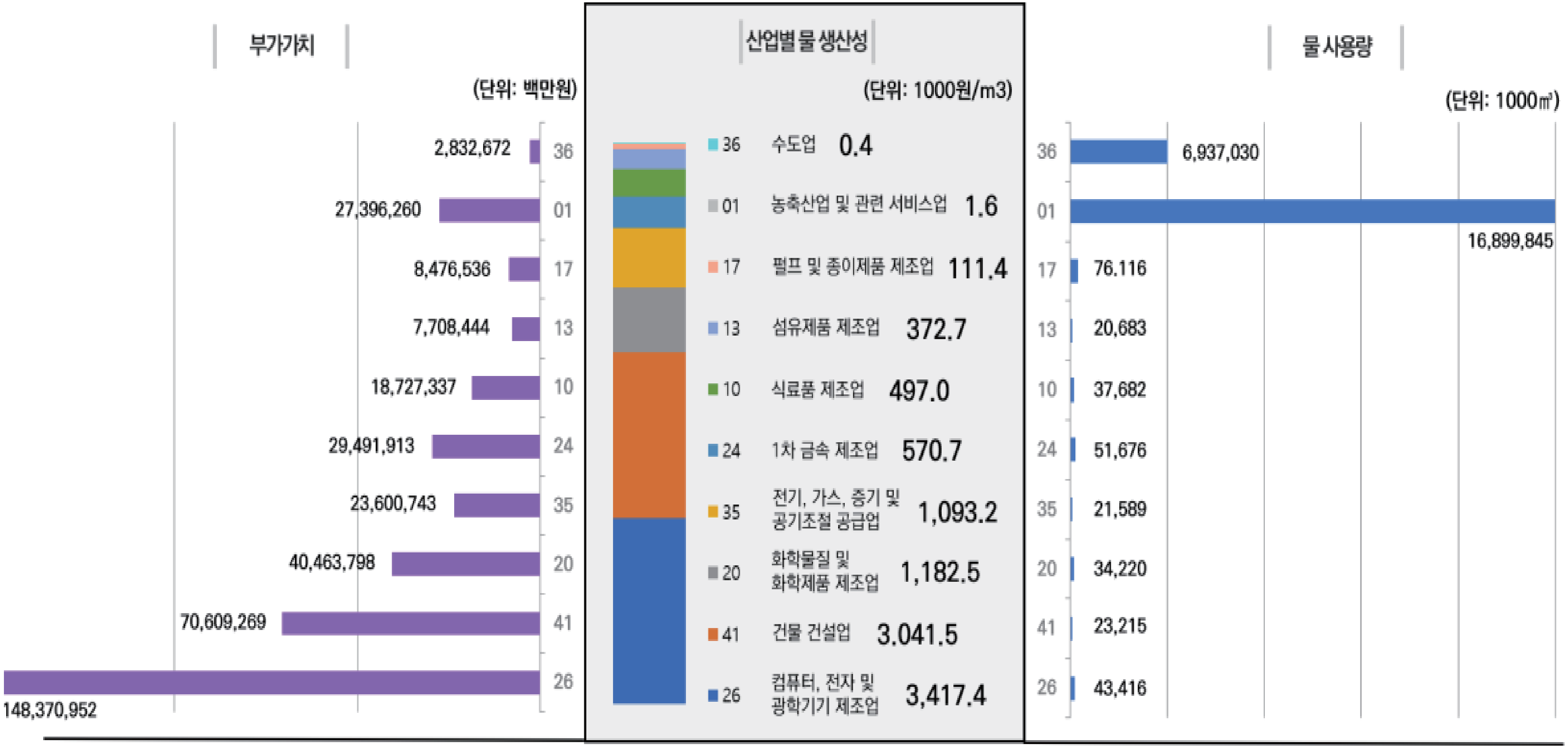
(출처) Food and Agriculture Organization(FAO) AQUASTAT

물 사용 Mass Balance (예시)



* 출처: 한혜진(2022.9), 통합물관리 이행을 위한 물계정체계 구축방안 연구, 최종보고자료, KEI

산업 부문별 물 생산성 비교 (예시)



* 출처: 한혜진(2022.9), 통합물관리 이행을 위한 물계정체계 구축방안 연구, 최종보고자료, KEI

KEI
한국환경연구원
Korea Environment Institute

➢ 주요 연구분야

- 환경경제
- 환경평가
- 기후변화·대기
- 물환경
- 국토환경관리
- 자원순환
- 환경보건
- 국제협력

➢ 주요 프로젝트

- 기후변화·대기 모델링
- 온실가스 모델링
- 탄소중립 그린도시
- 기후적응대책 수립 및 지원
- 국가환경종합계획 및 국토환경관리
- 국가물관리계획 및 통합물관리 정책
- 생물다양성 확보 및 생태계 탄소흡수
- 순환경제연구 및 환경보건센터 운영

KEI 국가 기후위기 적응센터 연구진

감사합니다.

안종호
ahnjh@kei.re.kr

MEMO

MEMO

MEMO

MEMO