

CNI세미나 2019-099



지속가능한 물순환체계 구축방안 마련을 위한

전문가 워크숍

| 일시 | 2019. 10. 10.(목) 14:00~17:00

| 장소 | 충남연구원 1층 회의실



충남연구원
ChungNam Institute

지속가능한 물순환체계 구축방안 마련을 위한 전문가 워크숍 개최계획(안)

1 개요

- 목적 : 지속가능한 물순환체계 구축을 위한 충남의 정책 추진방안 마련
- 일시 : 2019년 10월 10일(목), 14:00~17:00
- 장소 : 충남연구원 1층 회의실(충남 공주시 소재)
- 주최/주관 : 충남연구원
- 참석자 : 15명 내외(발표자, 토론자, 연구자 등)

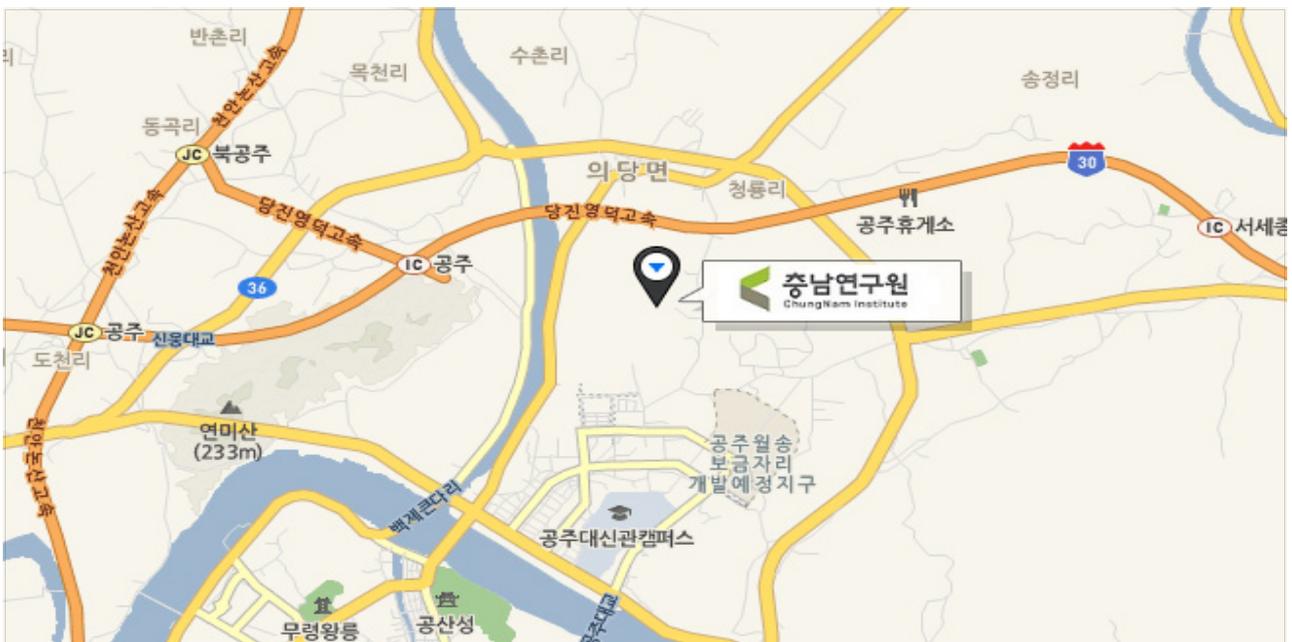
2 추진일정

시 간	내 용	비 고
14:00~14:20	개회 및 참석자 소개	사회자
14:20~14:50	물순환과 그린인프라, 그리고 충남	연세대학교 환경학 교수
14:50~15:20	유역물관리 대응을 위한 농촌물순환 구축방안	공주대학교 김이형 교수
15:20~15:40	휴 식	
15:40~17:00	종합토론	참석자 전체

3 참석자(발표, 토론 등)

구분	성명	소속	직위/직급
발표	현경학	연세대학교 건설환경공학과	교수
	김이형	공주대학교 건설환경공학부	교수
토론	이상진	충남연구원 공간·환경연구부	수석연구위원(좌장)
	배병욱	대전대학교 환경공학과	교수
	안중호	한국환경정책평가연구원 통합물관리연구실	연구위원
	김익재	한국환경공단 수생태시설처	과장
	이두진	K-water연구원	수석연구원
	김상래	한국건설생활환경시험연구원	책임연구원
주최/ 주관	김영일	충남연구원 물환경연구센터	연구위원
	김영준	충남연구원 물환경연구센터	연구원
	백승희	충남연구원 공간·환경연구부	연구원
	박현진	충남연구원 공간·환경연구부	연구원

※ 위치 : 충청남도 공주시 연수원길 73-26(금흥동 101)





1. 물순환과 그린인프라, 그리고 충남

연 세 대 학 교
환경학 교수

지속가능한 물순환체계 구축방안 마련을 위한 전문가 워크숍, 충남연구원

물순환 그린인프라 그리고 충남

2019.10.10

현 경 학
khhyun85@naver.com

환경정의 연구소 그린인프라위원회

물순환의 변화

물순환의 왜곡

100% 자연지반

Natural Ground Cover

10~20% 불투수면

10%~20% Impervious Surface

35~50% 불투수면

35%~50% Impervious Surface

75~100% 불투수면

75%~100% Impervious Surface

<Federal Interagency Stream Restoration Working Group, 1998>

자연적인 물순환 변화의 원인

- 일방향 선형 신진대사 도시 시스템
- 불투수면
- 우수관 등 관 위주 신속 빗물 배제 체계

자연적인 물순환 변화의 영향

- 기후변화와의 맞물림에 따른 영향 증폭
- 수질(비점), 유출량, 유속, 건천화, 수온, 수생태
- 지하수위 하강, 열섬현상과 폭염(열순환)
- 회복탄력성

물순환의 변화

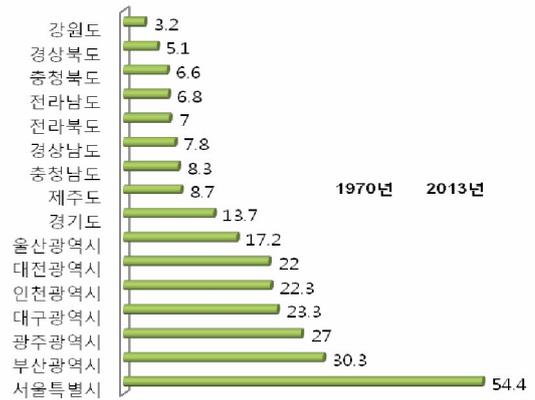
불투수면의 증가

불투수 면적률 상위 10개 지자체



불투수면의 증가(환경부, 2019)

- 1970년 3%에서 2017년 7.72%로 증가
- 불투수 면적률이 25% 이상인 시군구도 81개(전체의 32%)



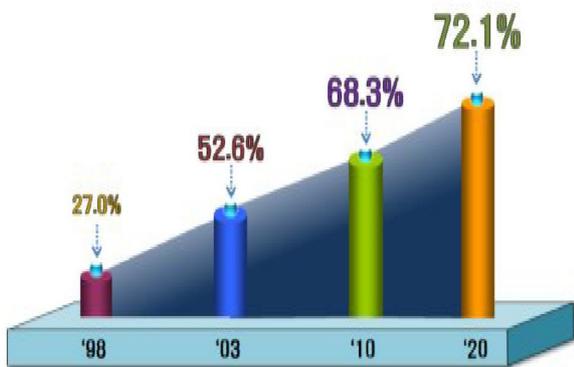
(자료 : 환경부, 2013년)
(재인용:이은엽, LH 조경실무과정, 2014)

물순환의 변화

○ 비점오염원(강우 유출 오염원)

- 개발사업에 따른 불투수면 확대 등으로 '20년에는 약 72%에 달할 것으로 전망

○ 비점오염원 부하율, BOD 기준



※ 물환경관리기본계획(06), 전국오염부하량 산정 및 전망(10, 국립환경과학원)

○ 토지이용, 불투수면과 수질

- 미국 워싱턴주 레드먼드시: 불투수면적률이 증가할수록 수질이 나빠지는 경향
- 특히 불투수면적률이 20% 이상의 집수구역에서 수질악화 현상이 두드러짐

< 불투수면적률에 따른 그룹별 수질항목 증감률 비교 >

그룹 (불투수 면적률 %)	불투수 면적률 (%)	분별 대장균군 (cfu/100mL)	최고 수온 (°C)	최저 DO (mg/L)	최대 pH	탁도 (NTU)	TP (µg/L)	TN (µg/L)
10~20%	14	126	15.6	7.5	8.1	3.8	49	744
20~30%	22	426	16.7	7.3	8.3	4.5	54	1,160
30~40%	32	328	18.2	5.0	8.6	3.3	61	1,048
40~50%	45	680	18.7	6.2	8.8	4.1	78	1,373

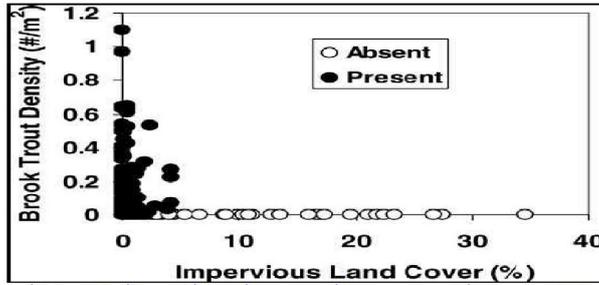
※ 출처: State of Washington(2009), "Land Use, Impervious Surface, and Water Quality"
<김유정, LID 및 빗물그린인프라 정책, 한국물환경학회 대한상하수도학회 2013 공동추계포럼, 재인용>

물순환의 변화

□ 불투수면적률과 수생태계 간의 관계

- 미국 메릴랜드주: 불투수면 비율이 4% 초과시 자생 민물송어 멸종(수온 상승과 침전물 증가가 원인)

< 불투수면적률과 민물송어 밀도 간 관계 >



※ Stranko et al.(2008). "Brook Trout Declines with Land Cover and Temperature Changes in MD"

- 미국 조지아주 에토와강: 5종의 자생어류 중 4개 종에서 불투수면적률과 어류 출현양상이 음의 상관관계 ; 불투수면적률이 하천 어류 출현의 중요한 결정요소로 작용

※ Wenger et al.(2008). "Stream Fish Occurrence in Response to IC, Historic Land Use, and Hydrogeomorphic Factors"

<김유정, LID 및 빗물그린인프라 정책, 한국물환경학회 대한상하수도학회 2013 공동추계포럼>

물순환의 변화

하천수질(주요 하천)

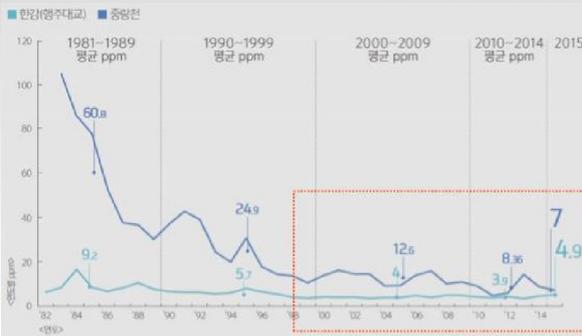
- ✓ 물재생센터 건설이후 수질 급격히 개선됨

※ 건설연도: 중랑('70-'07), 난지('84-'97), 탄천('83-'98), 서남('84-'99)

- ✓ 평균 수질은 보통 ~ 약간나쁨 수준으로 오랫동안 정체

등급	Ia (매우 좋음)	Ib (좋음)	II (약간 좋음)	III (보통)	IV (약간 나쁨)	V (나쁨)	VI (매우 나쁨)
BOD (ppm)	10이하	20이하	30이하	50이하	80이하	100이하	10초과

※ 환경정책기본법 시행령 별표(환경기준)



<하수도정책 방향 및 정책포럼운영방안, 19.1.28, 서울특별시 물순환안전국>

강우시 초기우수

- ✓ 하천수질정체는 강우시 초기우수 배출도 영향요인

- (청천시) 하수전량 처리 가능

- (강우시) 발생하수의 3배는 물재생센터로 이송

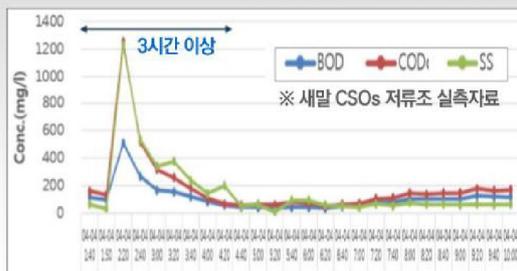
토구 배출수는 대체로 지표면의 오염수



※ 일반적으로 CSOs로 일컫는 초기우수 연평균 31.8회 발생

※ 분뇨직투입(정화조 폐쇄) 가능기준인 BOD 40ppm 이상 29.1회/년

- ✓ 강우완료 후에도 고농도의 초기우수 영향 장시간 지속



※ 미국 EPA 보고서: 일반적 초기우수는 30분 이내 발생 완료

물관리의 변화 필요성

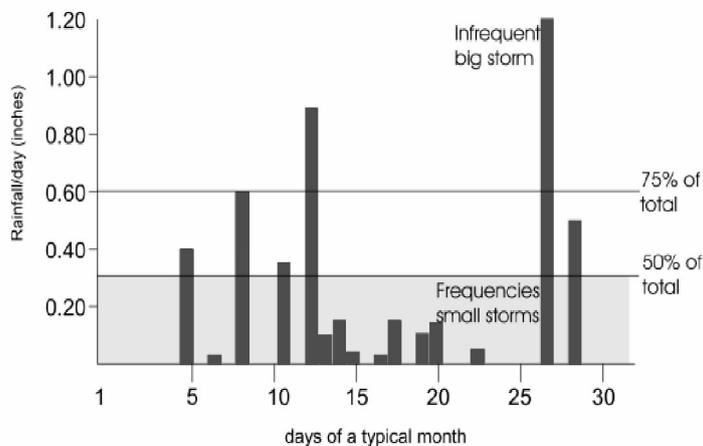
🌐 우리나라 일강우 패턴 ; 천안관측소 최근 10년간 강우량별 강우일수(아산 탕정)

구분	강우일수										평균 (일, %)	
	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06		
무강우일	271	248	265	261	269	266	234	260	250	255	257.9	
강우량 ≤ 1mm	29	34	34	32	34	21	35	35	42	37	33.3	31.1
1mm < 강우량 ≤ 5mm	22	28	23	34	31	33	37	25	26	33	29.2	27.3 (58.3)
5mm < 강우량 ≤ 10mm	13	14	11	9	14	14	21	11	13	13	13.3	12.4 (70.7)
10mm < 강우량 ≤ 20mm	15	18	9	9	8	15	11	12	15	14	12.6	11.8 (82.5)
20mm < 강우량 ≤ 50mm	9	18	16	11	5	12	20	14	13	11	12.9	12.0
50mm < 강우량	6	5	7	9	4	4	7	8	6	2	5.8	5.4
	94	117	100	104	96	99	131	105	115	110	107.1	100.0

물관리의 변화 필요성

샌프란시스코 공항 소강우 발생특성

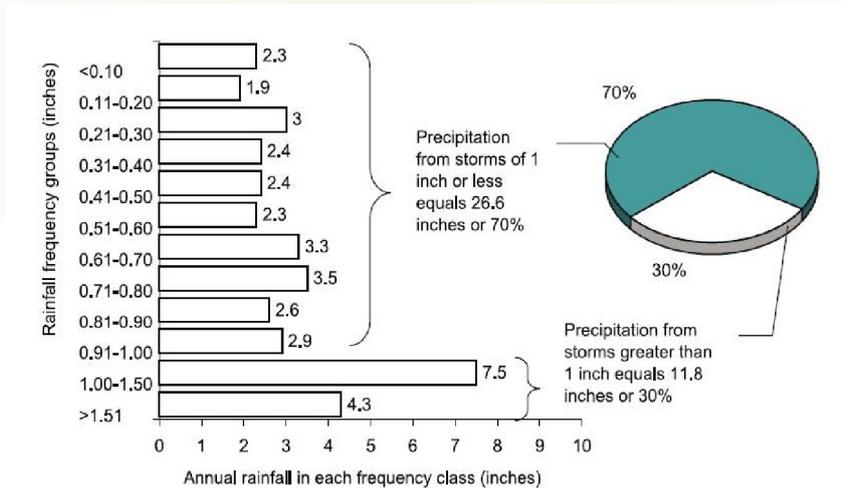
- 0.6inch(15.4mm)가 전체 강우일수의 75%, 0.3inch(7.6mm)가 강우일수의 50%를 차지
- 소강우에 대한 관리와 도시공간에 되돌리는 빗물관리 필요



물관리의 변화 필요성

National Airport, Arlington, VA 소강우 발생특성

- 연평균 강수량은 38.4in(975mm)
- 1in(25.4mm) 이하의 호우에 의한 강수량은 26.6in(675.6mm), 70% 차지



<Rainfall Frequency Distribution at National Airport-1980 to 1985(Prince George's County, 1999)>

물관리의 변화 필요성

○ 침수와 회복탄력성

- 우수관(분류식 시스템), 하수관(합류식 시스템) 위주의 도시 빗물관리의 문제는 빗물만의 문제가 아님
- 기존 관 위주 빗물관리는 이제 더 이상 합리적이지 않음

-> 느낌의 미학, 토양 정화 등 자연 기능의 복원 필요



<대치동 사거리 침수(서울신문 포토 라이브러리)>



<12mm 강우로 청계천 시민 고립(12.10.11, 중앙일보)>

❖ 기존 빗물관리 방식에 대한 변화 필요

인프라 변화의 필요성 ; Grey -> Green

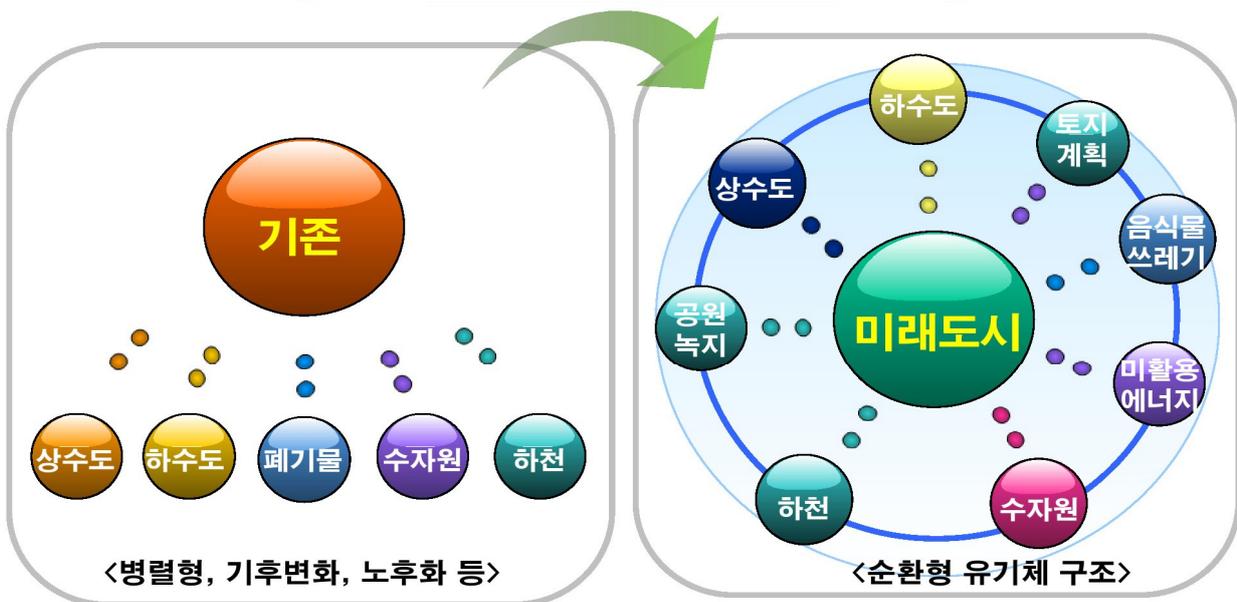
Green Infrastructure : 패러다임의 변화



인프라 변화의 필요성 ; Grey -> Green

Green Infrastructure : 패러다임의 변화

Infra 패러다임의 변화



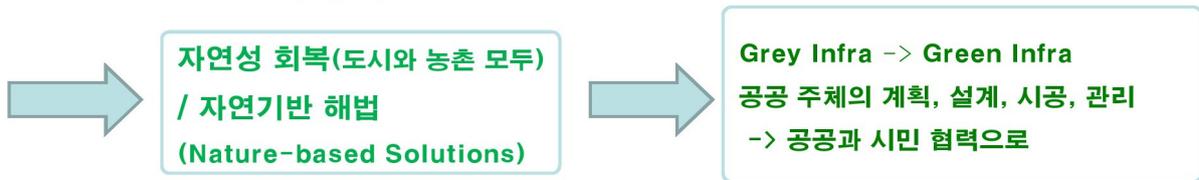
물순환 그린인프라의 출현

빗물순환 회복을 위한 그린인프라

- 저영향개발(LID), 분산형 빗물관리, 물 민감형 도시 설계(WSUD) 등 ; 전세계적으로 90년대부터 본격화
 - 토지이용과 불투수면의 영향을 고려하는 관 위주 빗물관리의 변화
 - 근래 들어 저영향개발(Low Impact Development ; LID)은 그린인프라의 일종
 - 그린인프라는 광범위한 토지계획 및 공학적 설계로 가능한 발생원에서 가까운 곳에서 빗물을 관리함으로써 빗물유출과 오염부하를 줄이는 일련의 자연적 시설과 그 방법(미국 EPA)으로 시스템화하고 있음

- 배 경 : 도시 성장에 따른 기존 관경 확장 제한, 기후변화와 집중호우, 강과 호소 수질 및 수자원 문제 등
-> 도시에 자연의 속성과 시스템을 도입하는 자연기반의 해법 고려
- 대 상 내 빗물, 하수도, 우수관, 도시 공간, 경관, 생태까지 고려
- 지향점 : 그레이에서 그린으로 인프라 개념의 변화
- 특 징 : 소규모, 분산형, 자연형, 다기능, 발생원 관리, 일상화, 스마트
토지이용, 자연지형과 기술의 조화 / 시민의 참여가 필수적 요소 / 공종간 협력과 다학제적 융합

❖ 물순환 그린인프라의 성격



물순환 그린인프라의 출현

- 자연상태에 근접하는 빗물 침투, 저류, 증발산으로 유역(집, 단지, 도로, 공원, 공공청사 등)의 생태학적, 생물학적 특성 유지 및 빗물순환 복원 관리
 - 광범위한 토지 계획 및 공학적 설계 고려
자연지형 이용, 토지이용계획에 조응, 자연 배수, 소강우(20-30mm) 관리
 - 토양의 자연 정화능을 바탕으로 빗물 침투, 저류 및 이용
 - 생태 다양화, 경관 및 미기후 향상 등 기대
- 비구조적 LID
불투수면 감소, 자연자원 및 생태계 보호, 자연 배수로 유지, 관 사용 최소화, 정책, 제도 등
- 구조적 LID
빗물정원, 침투도랑, 식생도랑(수로), 빗물화단, 투수성 포장, 인공습지, 나무여과상자 등

❖ 도시물순환 그린인프라 관리 주체의 변화

정부(중앙정부, 지자체) / 전문가 / 설계 및 시공사 -> 주민(개인, 단체 등)
수자원, 환경, 상하수도, 하천 -> 도시 및 지역계획 / 조경 / 농임업 / 도로 등

물순환 그린인프라와 물관리

■ Lansing City Water Environment & Technology, July 2008)

빗물정원 자원봉사자들이 이러한 가이드라인을 활용하여 식물 관리 유도 ; 공무원과 시민 역할 분담

개인정원에 고유 식물 식재, 우수관과 흙통받이 분리

Adopt-a-Garden Program

Lansing City는 성공적인 빗물관리를 위해 빗물정원 관리 중요성 인식

간단한 관리(잡초 뽑기와 쓰레기 줍기 등)를 수행할 그룹 또는 사업자 초대와 이름 명기

자원봉사자 참여를 위해 연례 행사로 Spring Work Day 시에서 제정 ; 자원봉사자 들어가게 빗물정원 울타리 오픈

Watershed Stewardship Education

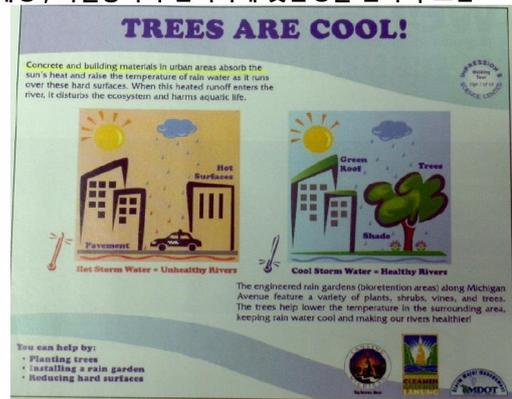
표지판 홍보, 교육 ; 나무와 식물의 중요성, 빗물정원의 운영 등

Hot stormwater = Unhealthy Rivers

Cool stormwater = Healthy Rivers

이러한 프로그램 등은 통하여 유역 보호를 위한

시민의 역할과 시의 역할에 대한 많은 이해를 기대



물순환 그린인프라와 물관리

■ New York City

❖ New York City의 Green Infrastructure 시민참여 방안

- 시민단체 : 시 단위의 공개회의 개최 및 LID시설 관련 홈페이지 구축·운영
- 운영위원회 : 녹색일자리, 기술자문 및 연구, 교육 및 참여를 알리는 알람시스템 구축
- 기타 : 커뮤니티 게시판 운영, 신입 공무원, 주민 및 지역사회그룹에 대한 설명회 개최 등 (Community Presentation, PostCard Mailing, DDC Project Newsletters)

LID시설에 대한 시민참여, 홍보 및 교육

BIOSWALES

are coming to your neighborhood!

- Bioswales collect stormwater that flows along the sidewalks and streets when it rains.
- This water feeds the tree and plants instead of draining into the sewer system.
- The trees, shrubs and flowers beautify the block, improve air quality and help lower temperatures in the summer.
- Bioswales reduce pollution and create healthier and cleaner waterways.
- Green infrastructure is a more cost-effective way to manage stormwater. NYC Bioswales and other green infrastructure projects will save New Yorkers billions of dollars over the next 20 years.

Learn more about green infrastructure and how you can care for a Bioswale at www.nyc.gov.



- 홈페이지를 통해 LID시설 종류 및 개념을 보기 쉽게 표현
 - 유튜브 동영상상을 통한 교육, 홍보

- 일반인 대상 Bioswale 설명회 개최

※ 출처 : 2013. 07. NYC Environment Protection

NYC Department of Environmental Protection (Green Infrastructure Program)

물순환 그린인프라와 물관리 - 그린뉴딜

■ **그린루프** <이정찬, 뉴욕시의 그린뉴딜 정책과 OneNYC 2050, 2019 서울에너지 포럼>

- NYC 대체에너지실(**Office of Alternative Energy**)은 오피스 정보와 함께 그린루프의 설치 및 그린루프 관련 자원·재료에 대한 정보를 웹사이트에 게시하고 해당 정보에 대한 링크를 보존
- 빌딩코드에 그린루프 시스템(**green roof system**) 정의 구체화
생육배지, 가공토, 여과포, 내장배수시스템 등이 결합된 지붕 조립물(**roof assembly**)과 추가적인 경관시설물 또는 **152 mm** 이하의 초목으로 덮인 지붕 덮개
- 그린루프 설치에 대한 부동산세 감면을 1ft2 당 15 달러로 증가시키는 법안을 뉴욕주 입법부(State Legislature)가 통과시키고 주지사가 서명하도록 하는 결의안
 - (2009.6.1.-2015.6.30.) 4.5 \$/ft2 (총액 \$100,000 이내)
 - (2014.7.1.-2019.6.30.) 5.23 \$/ft2 (총액 \$200,000 이내)
 - 그린루프 설치 비용: 25 \$/ft2 (US Environmental Protection Agency)

물순환 그린인프라와 물관리 - 도시재생, 마을만들기

- GREEN INFRASTRUCTURE AND THE SUSTAINABLE COMMUNITIES INITIATIVE (2015.3, HUD, USA)
 - Sustainable Communities Initiative(SCI) of HUD' s Office of Economic Resilience
 - 기후변화와 자연재해 영향 대응을 위한 지역사회 플랜
 - 그린인프라는 공공 인프라 투자와 유지 비용, 빗물관리와 수질 향상 및 홍수 영향 제한에 비용 효과적
 - 그린인프라는 미래 인프라 비용을 낮추고 커뮤니티 재활성 촉진시키고, 기후변화와 극한 기후에 대해 좀 더 회복탄력성을 가지게 함 -> 시민참여, 생활밀착형, 도시재생, 환경복지
 - 구성 : Sustainable Communities Regional Planning Grant program(165백만불) and the Community Challenge Planning Grant program(70만불)
 - 왜 그린인프라인가? 그린인프라의 이점
 - 홍수 피해 저감, 수질향상 및 지상오존 낮추기, 합류식 하수관거 월류수 저감, 공공 및 민간 영역을 위한 비용효과적 솔루션 제공, 하수도 통수능력 증가와 침투부하시 회복력 증가, 건설 및 관리 일자리 창조, 빗물이용과 지하수 함양을 통한 물사용 저감, 열섬 효과 및 빌딩에너지 소비 저감, 도시 공간 내 야생동물 서식지 증가와 복원, 공동체 레크레이션 시설 및 공공 건강 향상, 나무와 녹지 증가로 재산 가치 증가, 불투수면 감소와 자연적인 빗물 침투 증가 등
- > 즉, 안전, 건강, 일자리, 에너지, 생태, 회복탄력성 등의 다양한 이점 기대

물순환 그린인프라와 물관리 - 기존 인프라 기능의 변화

○ 미국 오레곤 포틀랜드



물순환 그린인프라와 물관리 - 기존 인프라 기능의 변화

○ 미국 텍사스 휴스턴(Bagby St.)



물순환 그린인프라와 물관리 - 기존 인프라 기능의 변화

■ 학교



콜로라도 주립대(Fort Collins, CO)



* 환경학 외, LID 분산형 빗물관리 시설 설치 해설집, LH 토지주택연구원, 2012

학교 빗물관리 설계(안)

물순환 그린인프라와 물관리 - 기존 인프라 기능의 변화

■ 도로(120th St., 2nd Ave., SEA)



물순환 그린인프라와 물관리 - 도시재생, 빗물마을

서울시(도봉구 창3동 빗물마을, 도시재생활성화 사업)



물순환 그린인프라와 물관리 - 도시재생(토지주택연구원 LID 그린인프라 단지 재생 시범사업)

LID 단지재생 시범단지

연구 시범사업명
토지주택연구원 LID 시범단지 공사
과제명
건강한 도시물순환인프라의 저영향개발(LID) 및
구축 운영기술
사업비
743,050천원
사업기간
2016. 11. 28 ~ 2017. 09. 27(10개월)
주관연구기관
한국토지주택공사 토지주택연구원
후원기관
국토교통부
국토교통과학기술진흥원
도시물순환인프라 저영향개발 기술 연구단



17.5 이전



17.9



물순환 그린인프라(생활밀착형 인프라) ; 시범사업 확대와 교육

물순환 그린인프라와 물관리 - 도시재생(토지주택연구원 LID 그린인프라 단지 재생 시범사업)



18.7.2



18.8



18.8



18.8.28



19.6



19.7

충남의 물순환 그린인프라 ; 서천 산너머 마을



산너울 마을 전체 조감도

빗물시스템



각 가구별로 적용된 빗물 시스템

<서천 산너울 마을 전체 조감도 및 빗물 시스템(자료 : <http://www.sanneoul.org/>)>

충남의 물순환 그린인프라 ; 서천 산너머 마을



충남의 물순환 그린인프라 ; 아산탕정

■ 도로(아산탕정 1공구 식생수로와 침투도랑) * LH, 아산탕정 지구 택지개발사업 비점오염원 설치완료 통보서(2017)



■ 도로(아산탕정 2공구 식생수로와 침투도랑) * LH, 아산탕정 지구 택지개발사업 비점오염원 설치완료 통보서(2017)



충남의 물순환 그린인프라 ; 홍동천 살리기 모임

홍동천 살리기 _ 마실통신 6월호(2019)

홍동천 살리기 토론회

홍동천과 홍동저수지 현장 조사-유기농업특구 농업우수 수질 기준



물순환 그린인프라 효과

그린인프라 (EPA)

수질 개선 161 억원(Max.)	지하수 함양증가 1.8 억원	열섬현상 완화 15 억원
온실가스 저감 0.7 억원	공기질 개선 30 억원	경관 개선 5 억원

환경개선 효과	분석 결과
총부유물질 저감	47.4 ~ 461.7 Kg/d
지하수 함양량 증가	12,688 m ³ /년
온실가스 저감	1,254ton-CO ₂ /년
녹지면적 증가	2,382 m ²
열섬현상 완화	1.3°C
공기질 개선	919kg/yr SO ₂
	764kg/yr NO ₂

수질 개선 161 억원(Max.)	지하수 함양증가 4.6 억원	열섬현상 완화 18 억원
온실가스 저감 0.6 억원	공기질 개선 22 억원	경관 개선 6.5 억원

환경개선 효과	분석 결과
총부유물질 저감	11.5 ~ 159.5Kg/d
지하수 함양량 증가	30,113 m ³ /년
온실가스 저감	890ton-CO ₂ /년
녹지면적 증가	3,035m ²
열섬현상 완화	1.5°C
공기질 개선	689kg/yr SO ₂
	549kg/yr NO ₂

<빛물유출제로화 사업 성과(청주오창; 위, 전주서곡; 아래)(환경부, 한국환경공단, 2019.5)>

물순환 그린인프라 효과

그린인프라 (EPA)

Green Infrastructure for Climate Resiliency

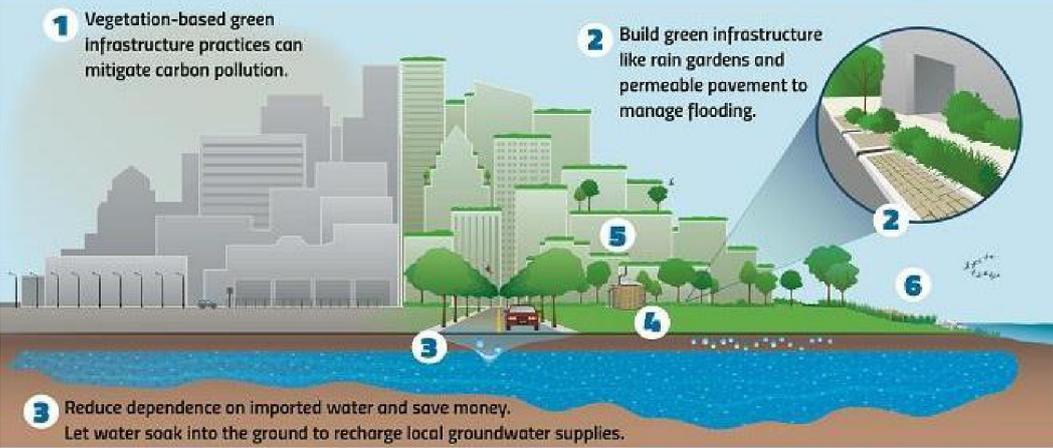
Climate change is impacting urban areas in many ways, from exacerbating the urban heat island effect to elevating flood risk. Build green infrastructure to help improve community resilience.

<p>FLOODING</p>  <p>By the end of the century, annual damages from flooding in the U.S. are projected to increase by 30%.¹</p>	<p>DROUGHT</p>  <p>1 out of 3 U.S. counties in the lower 48 states face higher risks of water shortages by mid-century.²</p>	<p>COASTAL DAMAGE</p>  <p>50% of Americans live in coastal counties, where water and energy infrastructure are increasingly vulnerable to higher sea levels.³</p>	<p>URBAN HEAT</p>  <p>Climate change will likely lead to more frequent and severe heat waves during summer months.⁴</p>
--	--	---	---

물순환 그린인프라 효과

그린인프라 (EPA)

Green Infrastructure Builds Resiliency



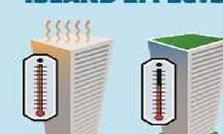
- 1** Vegetation-based green infrastructure practices can mitigate carbon pollution.
- 2** Build green infrastructure like rain gardens and permeable pavement to manage flooding.
- 3** Reduce dependence on imported water and save money. Let water soak into the ground to recharge local groundwater supplies.
- 4** Keep water local. Capture runoff in cisterns and rain barrels to reduce municipal water use.
- 5** Plant trees and green roofs to mitigate the urban heat island effect.
- 6** Use living shorelines, buffers, dunes and marsh restoration to reduce the impact of storm surges.

물순환 그린인프라 효과

그린인프라 (EPA)

Green Infrastructure at Work

LOWER URBAN HEAT ISLAND EFFECTS



Studies show that green roofs can **reduce the energy** needed for cooling on the floor below the roof by more than **50%**.¹

KEEP WATER LOCAL



By capturing rain where it falls, urbanized Southern California and the San Francisco Bay area could boost water supplies by up to **200 billion gallons per year** – as much water as the city of Los Angeles uses annually.⁶

BUILD COASTAL RESILIENCY



Research suggests that **wave height can be reduced by 50%** within the first 16 feet of marsh and 95% after crossing 100 feet of marsh.⁷

MANAGE FLOOD RISK



A study in Burnsville, MN showed a **93% reduction** in runoff volume after the installation of 17 rain gardens in a 5.3 acre neighborhood.⁸

USE LESS ENERGY



Give your air conditioner a rest! One young, healthy tree can produce cooling effects **equivalent to ten room-size air conditioners** operating 20 hours a day.⁹

For more information on green infrastructure, see: www.epa.gov/greeninfrastructure

EPA
United States Environmental Protection Agency

1. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfr3.12043/pdf>
 2. www.nrdc.org/media/2010/100720.asp
 3. <http://nco2014.globelchange.gov/report>
 4. USGCRP (2009). *Global Climate Change Impacts in the United States*. Karl, T.R., J.M. Mearns, and T.C. Peterson (eds.). United States Global Change Research Program. Cambridge University Press, New York, NY, USA.
 5. www.nrdc.org/water/pollution/files/GreenRoofsReport.pdf
 6. www.nrdc.org/water/files/ca-water-supply-solutions-stormwater-18.pdf
 7. Knutson, P.L., R.A. Brochu, W.N. Seelig, and M. Inskeep. 1982. Wave Damping in Spartina alterniflora Marshes. *Wetlands*. 2:87-104.
 8. www.ci.burnsville.mn.us/DocumentCenter/Home/View/449
 9. www.arborday.org/trees/benefits.cfm

그린인프라와 Nature-based Solutions(NbSs, EU)

CHALLENGES

CLIMATE CHANGE AND ENERGY

1980-2010
EUROPE LOST €300 billion due to storms, landslides, floods, mud flows

There is high confidence that these losses will increase in the long term

BUILDINGS
35% of the EU's CO₂ emissions
40% of energy consumption

UNSUSTAINABLE & UNHEALTHY CITIES

1980-2010
75,000 DEATHS in the EU due to heatwaves = 67% of all deaths from natural disasters

More Europeans may be impacted by heat waves until 2040, particularly in terms of health and well-being

2012
AIR POLLUTION
fine particles in the air cause ~4 million premature deaths worldwide

DEGRADATION OF ECOSYSTEMS

2011-2020 up to **€50 billion/year** = EU OPPORTUNITY COST of not halting biodiversity loss and degradation of ecosystem services

Degradation of ecosystems = LESS WATER PURIFICATION

Globally, 20% of urban drinking water is polluted

Currently, emissions from drained peatlands = 5% of total global anthropogenic greenhouse gas emissions

➢ Nature-based Solutions(NbSs, EU) : 자연적 특성과 과정으로 작동되도록 하는 해법



물순환 그린인프라와 통합물관리 - 충남의 고민

○ 통합물관리 관점의 국가물관리기본계획 수립 방향(환경부 보도자료, 19.6.11)

① 수량-수질-수생태 통합 관리

- 수량-수질-수생태계를 종합적, 입체적으로 고려하는 물관리 도입
- 도랑~하구까지 통합적 관점에서 하천의 자연성 회복

② 상류-하류 유역 통합 관리

- 상류·하류 유역 구성원이 참여하는 거버넌스 구축(유역물관리위원회)
- 유역 특성을 고려한 수질오염 총량관리 제도 선진화(TOC 도입 등)

③ 물수요-물공급 통합 관리

- 지속가능한 물순환체계 구축을 목표로, 유역별 물수요관리를 우선 고려한 공급·배분계획 수립

④ 토지이용-물이용 통합 관리

- 빗물 뿐만 아니라 홍수·가뭄, 상하수도, 비점오염원, 하천환경, 물에너지를 통합 관리하는 미래형 물순환 도시 조성·확산

⑤ 지표수-지하수 통합 관리

- 지하수-지표수 통합 관측망 및 유역 모델링 체계 구축
→ 지하수-지표수 수위·수질 실시간 모니터링 및 통합관리

물순환 그린인프라와 통합물관리 - 충남의 고민

○ (금강) 통합적 관점의 '윗물 통합 물환경 개선모델' 대청댐 중초천 시범 적용(환경부 보도자료, 19.6.11)



문 제 점
<ul style="list-style-type: none"> ◦분절된 관리체계로 인해 지류부터 본류까지의 통합물관리에 한계 ◦부처간 중복투자에도 불구하고 실질적 수질개선 및 재해예방 효과 미흡
개 선 내 용
<ul style="list-style-type: none"> ◦(수질) 도랑가꾸기, 비점오염원 관리, 하수처리, 가축분뇨 대책 ◦(수생태) 오염원 제거 및 자정능력 제고를 위한 생태하천 복원 ◦(안전) 치수안정성 강화(사면 보수, 배수시설 보강, 제방 및 호안 개선) ◦(거버넌스) 주민참여 및 의식개선, 자발적 하천관리
효 과
<ul style="list-style-type: none"> ◦대청댐 상류의 통합관리를 통해 수질개선 및 재해예방 체계 확립 ◦시범사업을 토대로 지류부터 본류까지 연계된 新하천통합관리 모델 개발 및 확산

물순환 그린인프라와 통합물관리 - 충남의 고민

■ 자연기반의 물순환 그린인프라와 강살리기 연계

○ 물순환법 제정 또는 물관리기본법, 물환경보전법 개정 등 물순환 그린인프라의 제도화

(물관리기본법)
제40조(민간참여의 활성화) 국가와 지방자치단체는 물이용자와 지역 주민 또는 민간단체가 자발적으로 추진하는 물환경 보전활동과 건강한 물순환 유지를 위한 활동을 활성화하고 지원하기 위하여 필요한 조치를 강구하여야 한다.

(물환경보전법)
제6조(민간의 물환경 보전활동에 대한 지원) ①국가와 지방자치단체는 지역주민이나 민간단체의 자발적인 물환경 보전활동이나 그 오염 또는 훼손 감시활동을 지원할 수 있다.

- 빗물유출부담금 제도 검토(유출 원인자 부담과 우수, 오수 처리비 분리, 빗물 발생원 관리 유도 등)
- 도시재생, 스마트시티, 신도시 등 모든 개발사업 계획에 도랑, 강살리기 등과 물순환 그린인프라 연계 제도화

○ 물순환 강살리기 또는 그린인프라 센터 중간지원조직 검토 필요

- 마을만들기센터, 도시재생센터와 협력
- 수원시 지속가능도시재단 물환경센터, 온천전 도시형 비점 시민실천 프로젝트 등의 발전 방안 필요

○ 물순환 그린인프라와 강살리기 연계

- 시민 참여 전제의 빗물 유출 발생원부터 도랑, 소하천, 지방하천 등 하천 구역의 물순환 복원과 물길 회복 등
- 강 자체 또는 내부가 아닌 유역부터 자연적인 물순환의 회복되도록 정책, 제도 변화와 시민주도

○ 인간 + 자연, 새로운 일자리 등 그린뉴딜적 관점의 고민 필요

-> 시민이 만드는 풍요로운 강

물순환 그린인프라와 통합물관리 - 충남의 고민

■ 자연기반의 물순환 그린인프라

- 통합물관리와 유역관리에의 주민 참여(도량부터 국가하천까지)와 조례, 예산 확보 근거
- 금강 자연성 회복과 수질 문제 해결을 직간접적 방안
- 노후 인프라, 노령화, 인구감소, 지방소멸, 구도심 쇠퇴 등
- **교육 강화** ; 아직도 많이 부족(농촌 비점관리를 위한 자연기반의 물순환 그린인프라?)
- **현장 지역 중심의 프로그램, 교재, 운영 등의 대상별(전문가, 설계사, 시공사, 주민 등) 정교화 필요**
- 울산의 물순환시민참여단 지원, 서울시의 저영향개발 조례에 의한 자문시 식생 시설의 설치 근거 등
- 농촌 물순환 선도 사업 등 검토 필요 ; 유역관리 필요(금강 뿔물 사업 등)
- **홍동천 살리기, 장재천, 곡교천, 매곡천 유역 관리 등**

물순환 그린인프라 제도와 사업 확대 - 그린뉴딜, 충남의 고민

전환적 뉴딜 정책제안(유종일, 2019)



물순환 그린인프라 제도와 사업 확대-그린뉴딜, 충남의 고민 사회-기술 시스템 전환

- 네덜란드 등에서 논의, 연구되어온 사회-기술 시스템 전환론
- ✓ 사회-기술 시스템 전환론은 현재 시스템의 문제를 개선한다고 해소할 수 없어 사회구조, 문화 및 행동의 근원적 변화를 주장
- ✓ 기술과 물리적 하부구조, 제도, 가치와 관점 및 행동과 일상생활 등의 전환을 의미
- ✓ 즉, 새로운 시스템과 방식 필요

- ✓ 여러 문제의 복잡성에 대한 해결책으로 기술, 기반시설에 대한 시각 변화, 참여, 생활공간에서의 접근 및 환경정의적 측면에서 그린인프라에 대한 논의 필요

물순환 그린인프라 제도와 사업 확대-그린뉴딜, 충남의 고민 사회-기술 시스템 전환

- 빗물관리 ; 현재 관거 이용 신속배제, 대규모 시설, 고에너지 사용 시스템으로 자연기반(또는 자연시스템)의 물순환, 열섬, 대기 정화 등에 의한 도시화, 기후변화 등에 대한 고려 미약(협약의 그린인프라 필요 ; 그린빗물인프라, LID, DRM 등)
 - 농촌 물순환 빗물관리 대안 마련 필요
- 하수도 ; 하수의 배출과 처리 위주로 자원과 에너지 생산, 회수 기능 부족 및 음식물 쓰레기 병합 처리 등을 수행치 못하고 있음
 - 농촌 하수도의 대안
- 도로 ; 자동차 주행 위주로 빗물 순환과 도시 내 열순환, 수질향상과 빗물이용, 미세먼지와 오존 저감, 저소음 등의 기능 수행 부족 - 역시 자연기반(또는 자연시스템) 고려 미비
- 공원녹지 ; 빗물, 열순환, 미세먼지 저감 및 홍수 등의 기능을 복합적으로 수행하도록 계획과 설계로 보완 필요
 - > 안전, 참여와 의견 반영, 생활환경(쾌적성, 걷기 등 건강) 등 생활밀착형 인프라 고민

물순환 그린인프라 제도와 사업 확대-그린뉴딜, 충남의 고민

물순환 그린인프라에 의한 빗물관리

- 발생원, 자연형, 소규모, 분산형, 다기능, 다학제 협력 및 시민참여 특징
- 대규모 시설을 필요로 하는 그레이인프라는 정부 주도
- 반면 물순환 그린인프라는 식생도랑, 빗물정원 등 소규모 자연형 시설과 자연의 능력 이용 빗물관리 방식으로 삶터 곳곳에서 일상적으로 이루어지도록 고려, 설치와 관리 필요
- 물순환 그린인프라는 순환에 기초한 인프라. 순환은 인위성이 아닌 자연성. 자연의 특성을 우리 삶의 공간에 투영하고자 하는 공학적, 계획적 노력이 바로 자연기반 해법(Nature-based Solutions)의 물순환 그린인프라
- 시민들이 참여하는 마을환경 개선 사업, 마을 청소, 골목길 가꾸기와 화단 조성 / 빗물화단, 빗물정원, 식생도랑, 침투도랑, 옥상녹화, 나무여과상자, 침투형 빗물받이 등은 시민들이 도시재생과 마을 가꾸기 사업 등에도 활용 가능한 아이템
- 시민의 참여 속에 다양한 방법으로 집에서부터 골목길, 도로, 공원과 녹지를 거쳐 주민센터와 학교 등에서 이루어짐
- 시민의 다양한 참여가 있어야 지속가능한 관리가 가능
- 시민참여를 넘어 주도해야 하는 빗물관리 방식
- 물순환 빗물관리는 공동체 활성화, 일자리 창출, 고령과 인구 감소 대응, 걷기 좋은 쾌적한 마을 만들기과 폭염 등에 대응



2. 유역물관리 대응을 위한 농촌물순환 구축방안

공 주 대 학 교
김이형 교수



BK21플러스+ UD/GSI Research Team



사단
법인 한국물환경학회
KOREAN SOCIETY ON WATER ENVIRONMENT

유역 물관리 대응위한 농촌 물순환 구축방안



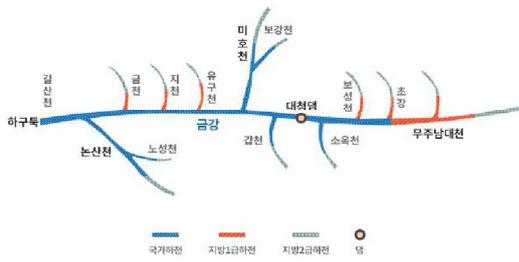
김이형

공주대학교 건설환경공학부 교수
BK21 PLUS LID/GI Research Center
IWA(Inter. Water Associa.) 비점오염분과 위원

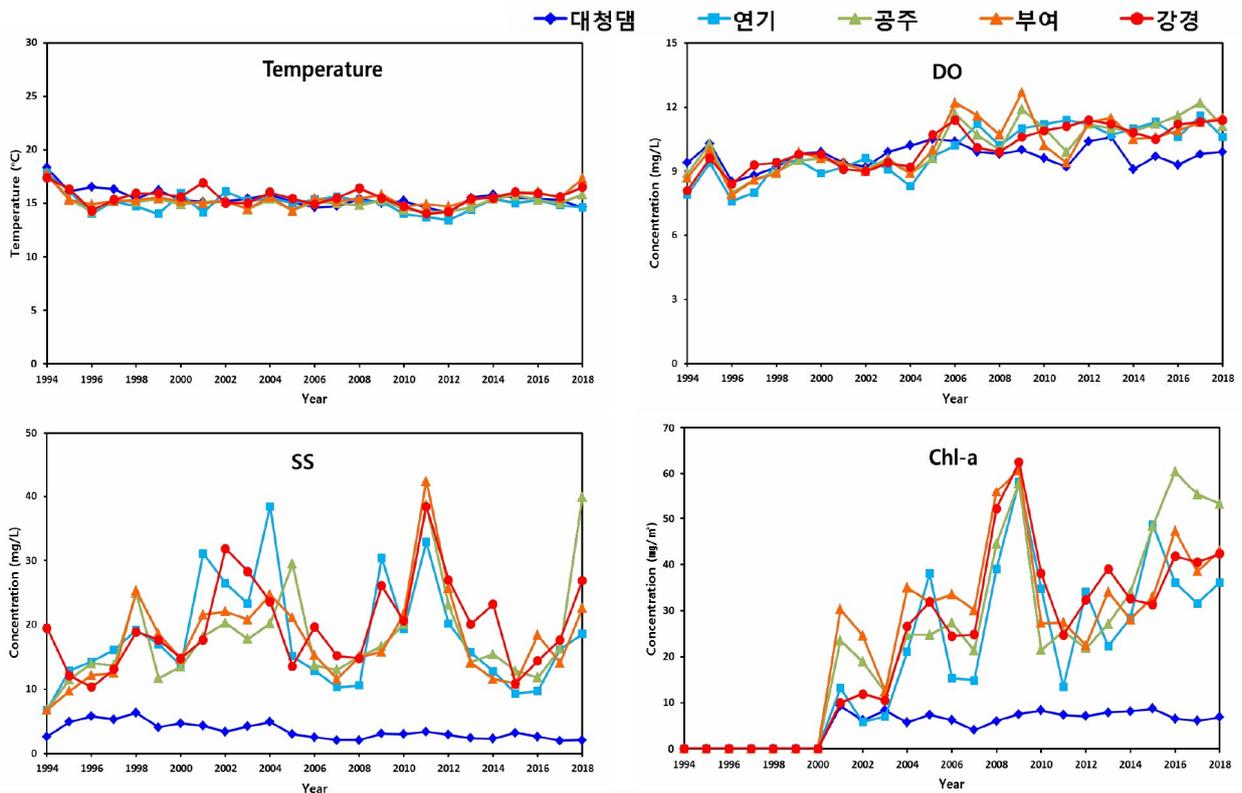
목차

- 금강본류 및 주요 지류의 물환경 현황
- 금강의 유역 환경 변화
- 금강유역 환경관리 및 농촌 물순환 구축방안
- 효율적 유역관리 위한 제도개선

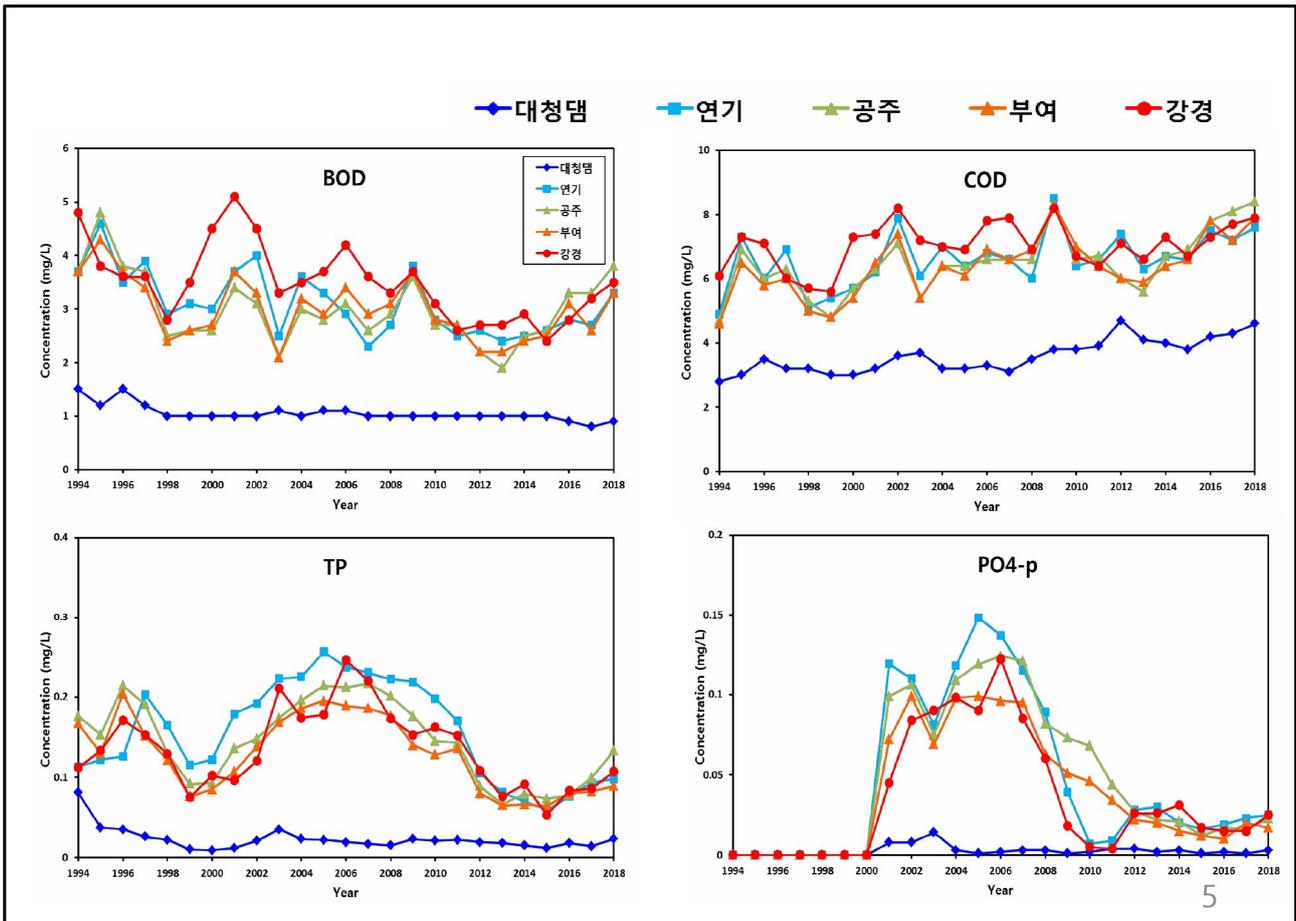
금강 본류 및 주요 지류의 물 환경 현황



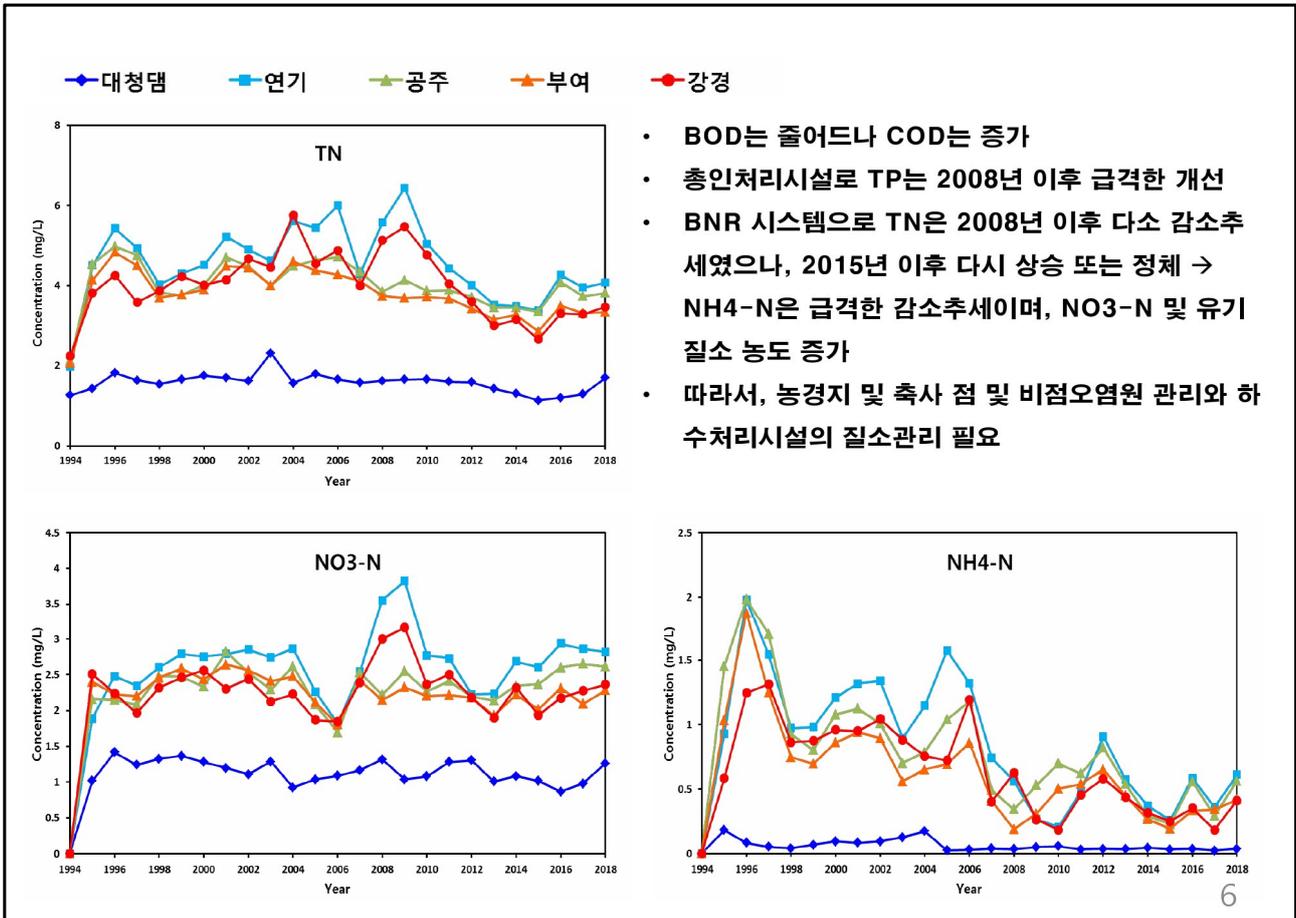
금강본류 수질현황(1994~현재)



2. 유역물관리 대응을 위한 농촌물순환 구축방안



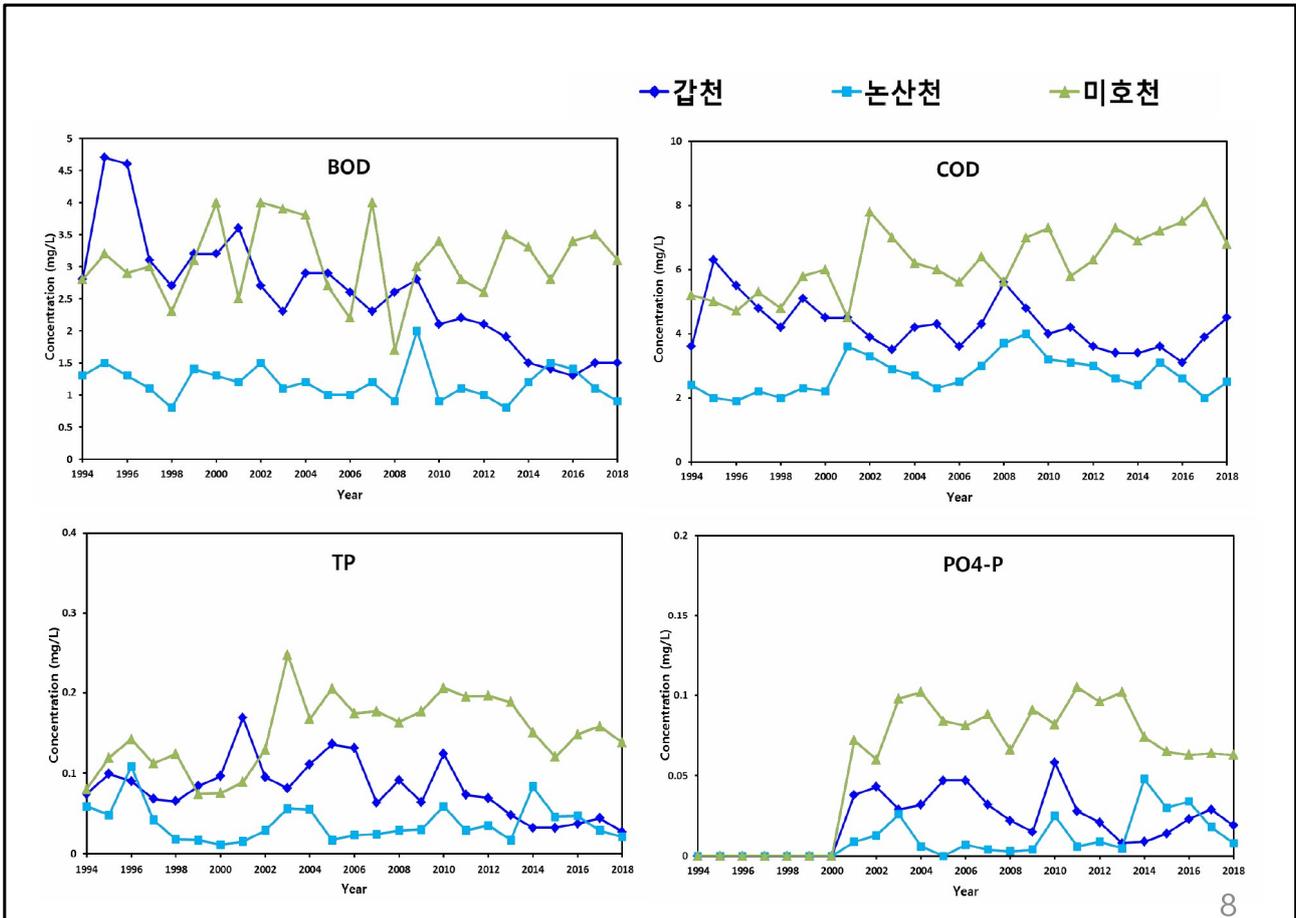
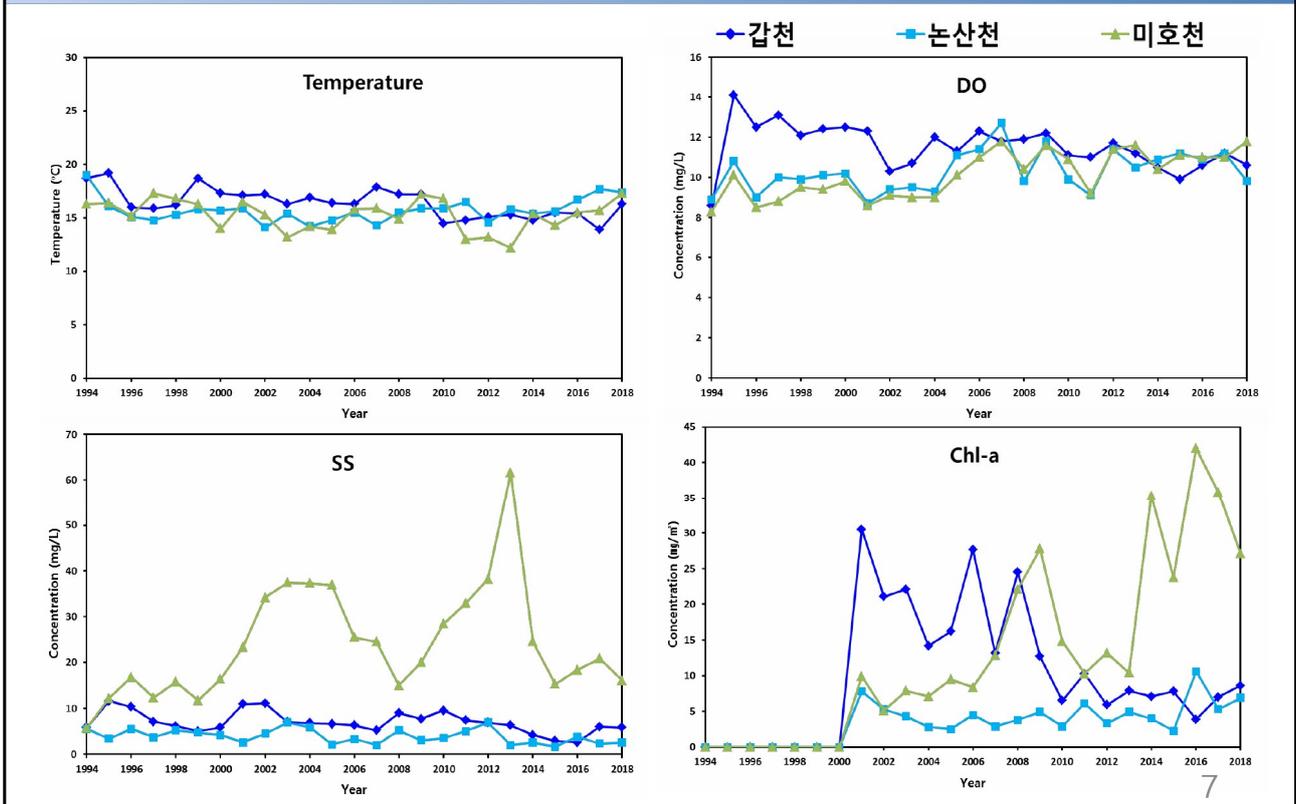
5

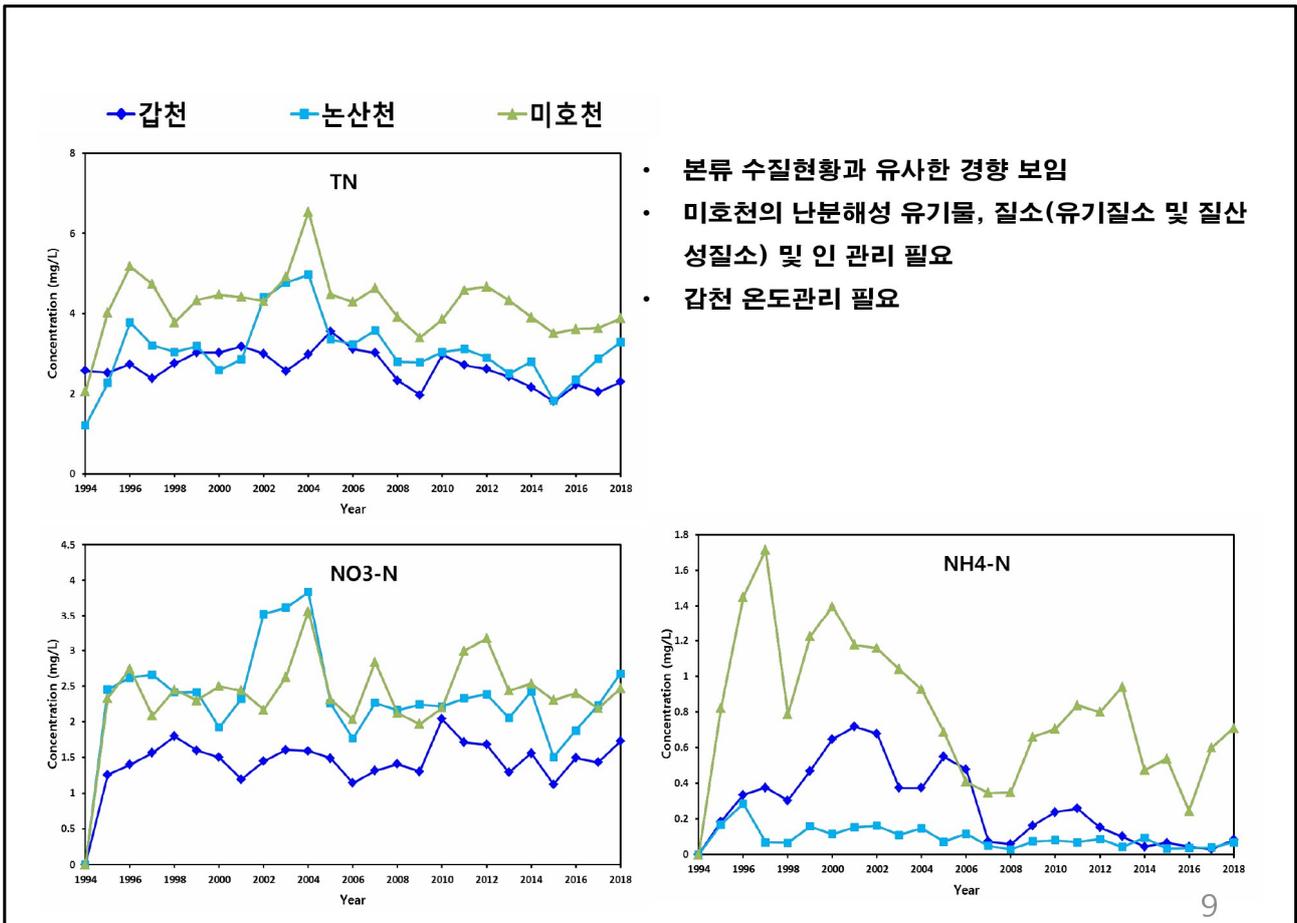


- BOD는 줄어드나 COD는 증가
- 총인처리시설로 TP는 2008년 이후 급격한 개선
- BNR 시스템으로 TN은 2008년 이후 다소 감소 추세였으나, 2015년 이후 다시 상승 또는 정체 → NH₄-N은 급격한 감소추세이며, NO₃-N 및 유기 질소 농도 증가
- 따라서, 농경지 및 축사 점 및 비점오염원 관리와 하수처리시설의 질소관리 필요

6

금강 주요 지류 수질현황(1994~현재)



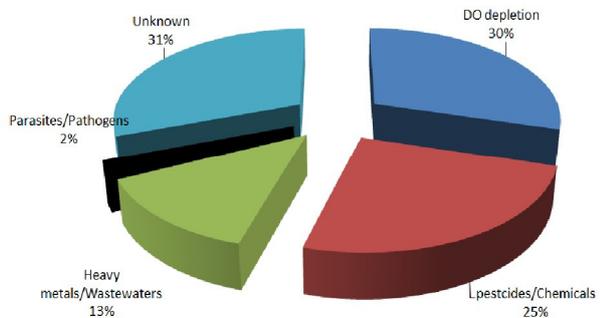
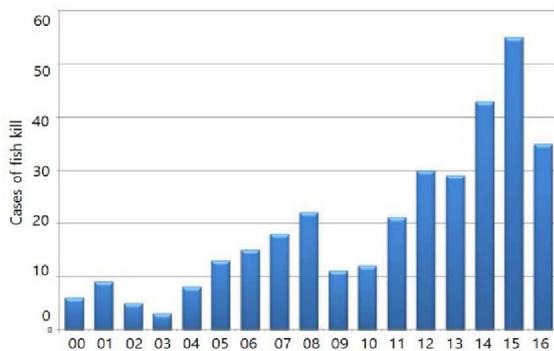


9

4대강의 녹조 경보 발령현황 및 어류 폐사

Year	2013 (25 stations)	2014 (25 stations)	2015 (25 stations)	2016 (28 stations)
Han river	35	47	245	0
Nakdong river	185	325	374	313
Guem river	47	0	54	91
Youngsan river	0	0	0	0

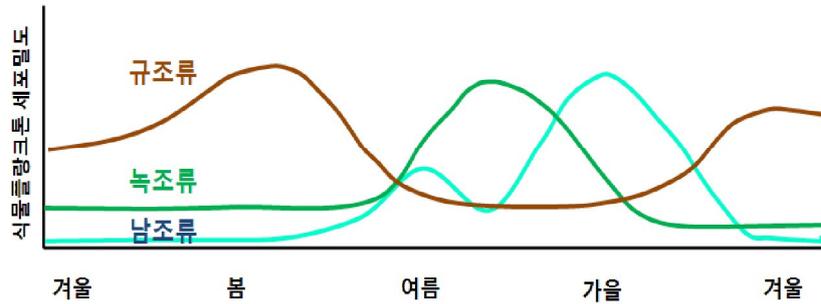
한국환경공단. 수질오염방제정보시스템(<http://www.waterkorea.or.kr>)
환경부, 2016년 조류발생과 대응 연차보고서



- 매년 녹조 및 어류폐사 발생: 근본적 원인 규명과 진통제적 처방인 아닌 전문의적 수질관리 제도 도입 필요
- 어류 폐사 원인의 약 40%가 유해물질이며, 불명확한 원인이 31%: 유해물질 발생원 관리기반 구축 및 선진화된 과학기술의 적용 가능하도록 제도개선 필요

10

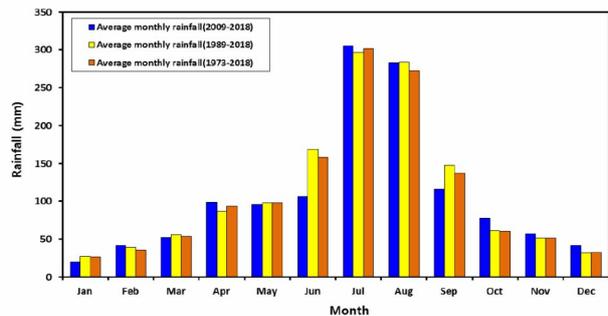
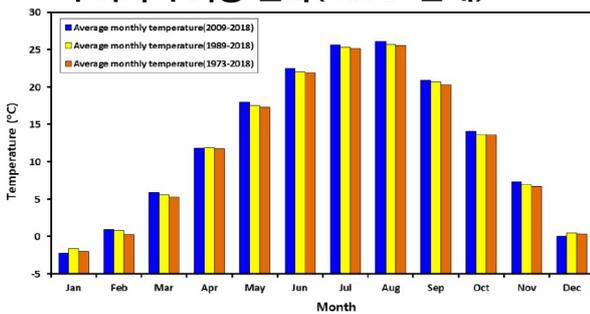
금강의 유역환경 변화



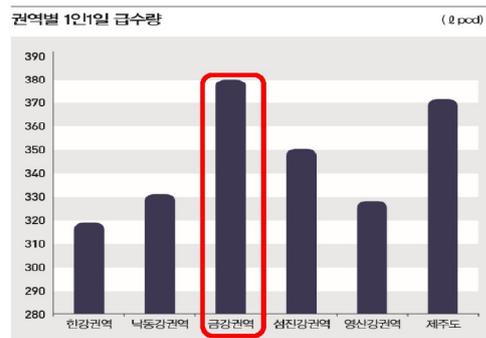
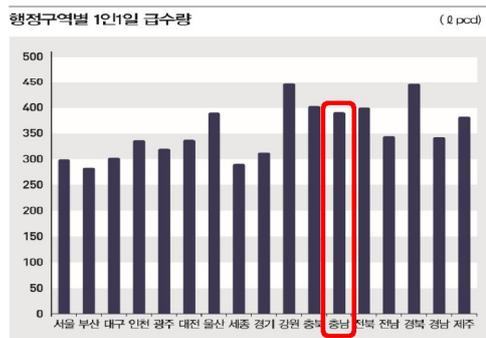
11

금강권역 유역환경(기상 및 LPCD)

부여지역 기상 변화(1973~현재)



1인1일 급수량(2013) = 상수도 공급량/대상구역 인구-공급일수 (ℓ pcd)



2014년 전국유역조사 보고서(국토교통부, 2015) 국토교통부(2016). 통계로 보는 한국의 수자원

12

금강권역 유역환경(농업용수 이용량)

• 농업용수 이용량(2013) = **논용수 이용량** + **밭용수 이용량** + **축산용수 이용량**

(단위: 천㎥/년)

구분	전국	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종
농업용수 이용량	13,555,262	4,539	77,246	87,210	142,101	126,534	25,475	117,952	62,518
비율(%)	100.0	0.03	0.6	0.6	1.0	0.9	0.2	0.9	0.5
구분	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
농업용수 이용량	1,207,269	604,210	636,421	1,847,320	1,812,812	2,731,877	2,322,711	1,490,695	258,372
비율(%)	8.9	4.5	4.7	13.6	13.4	20.2	17.1	11.0	1.9

(단위: 천㎥/년)

구분	한강권역	낙동강권역	금강권역	섬진강권역	영산강권역	제주도
농업용수 이용량	2,212,803	4,036,302	3,578,657	1,277,102	2,192,026	258,372
비율(%)	16.3	29.8	26.4	9.4	16.2	1.9

(단위: 천㎥/년)

구분	전국	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종
축산용수 이용량	290,046	16	266	1,001	1,462	322	193	1,543	3,256
비율(%)	100.0	0.01	0.1	0.3	0.5	0.1	0.1	0.5	1.1
구분	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
축산용수 이용량	54,248	13,483	19,555	49,194	35,793	33,018	41,626	26,384	8,686
비율(%)	18.7	4.6	6.7	17.0	12.3	11.4	14.4	9.1	3.0

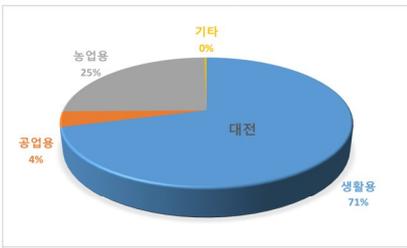
(단위: 천㎥/년)

구분	한강권역	낙동강권역	금강권역	섬진강권역	영산강권역	제주도
축산용수 이용량	80,362	69,503	83,244	20,856	27,395	8,686
비율(%)	27.7	24.0	28.7	7.2	9.4	3.0

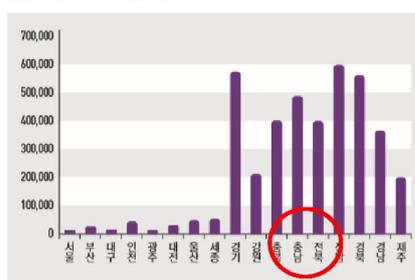
13

금강권역 유역환경(지하수 이용현황)

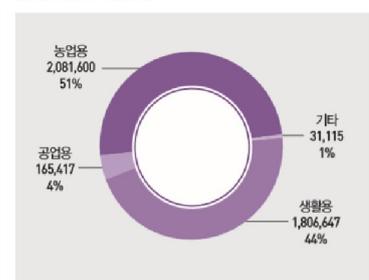
• 지하수 이용현황(2014)



행정구역별 지하수 이용 현황 (천㎥/년)



용도별 지하수 이용 현황 (천㎥/년)

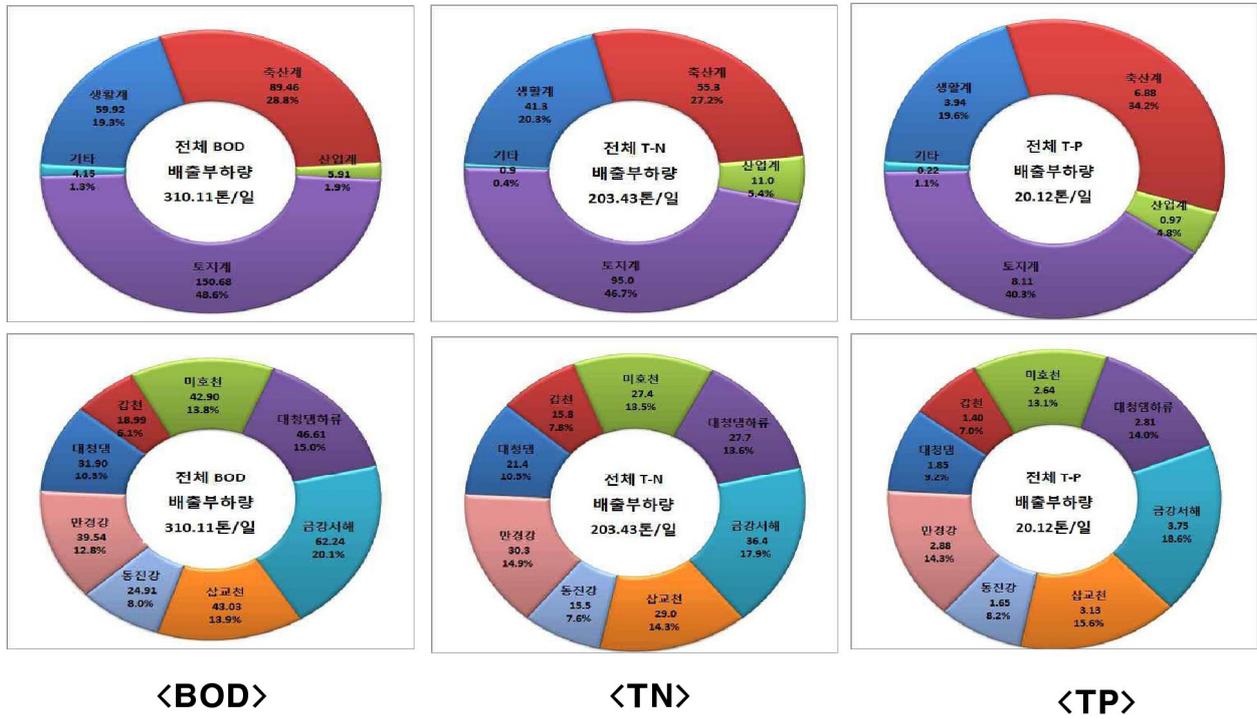


(단위: 천㎥/년)

구분	전국	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	세종
지하수 이용 현황	4,084,779	21,749	33,533	24,838	41,604	25,439	38,309	45,229	47,856
비율(%)	100.0	0.5	0.8	0.6	1.0	0.6	0.9	1.1	1.2
행정구역	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
지하수 이용 현황	569,529	224,475	406,698	491,507	402,941	594,111	552,231	362,829	201,900
비율(%)	13.9	5.5	10.0	12.0	9.9	14.5	13.5	8.9	4.9

14

금강권역 오염원별 배출부하량 현황

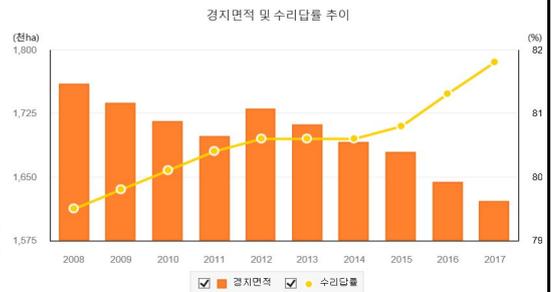


금강수계관리위원회(2012). 금강수계 환경기초조사사업 3단계(2013~2017) 기본계획

국내 농업 활동의 변화

경지면적 및 수리답률 추이 (통계청, 농업면적조사, 한국농어촌공사-농업생산기반정비사업통계연보)

- 수리답률이 거의 82%에 육박
- 농업 경영에는 좋지만 지하수 사용량 증가 초래
- 하천 건천화 유발 및 물환경 영향
- 논은 줄고 밭은 늘어남 → 기저유출 발생 증가
- 농업에 의한 영향은 상대적으로 밭의 면적이 넓은 지자체에서 문제 발생 가능 높음



연도별 경지면적 추이 (통계청, 2018년 경지면적 조사결과)

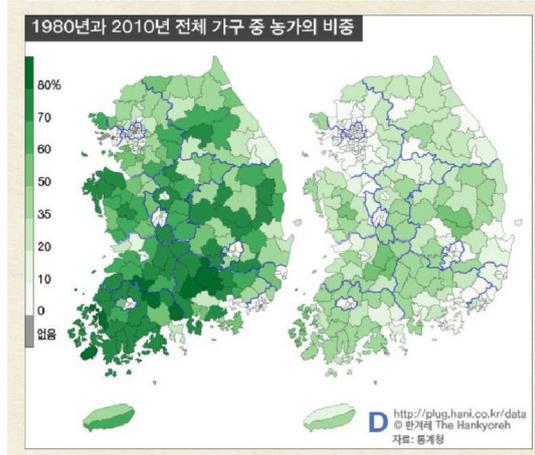


시도별 논밭별 경지면적

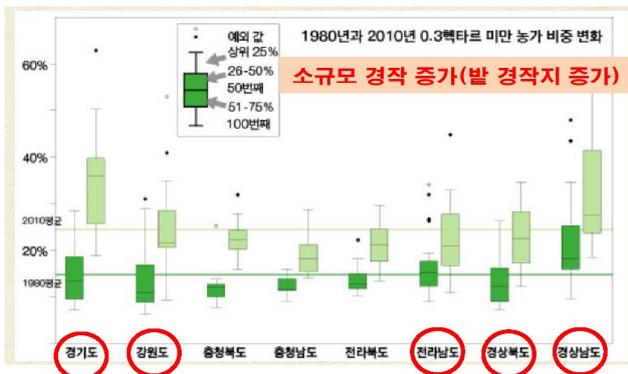


• 전체 가구 중 농가비중(1980 → 2010년)

➢ 0.3ha 이하 소규모 및 2ha 이상 대규모 농가는 늘었으나, 전통적 중규모 경작 감소 → **뒷밭, 시설재배지 늘고, 대규모 경작 늘어남**

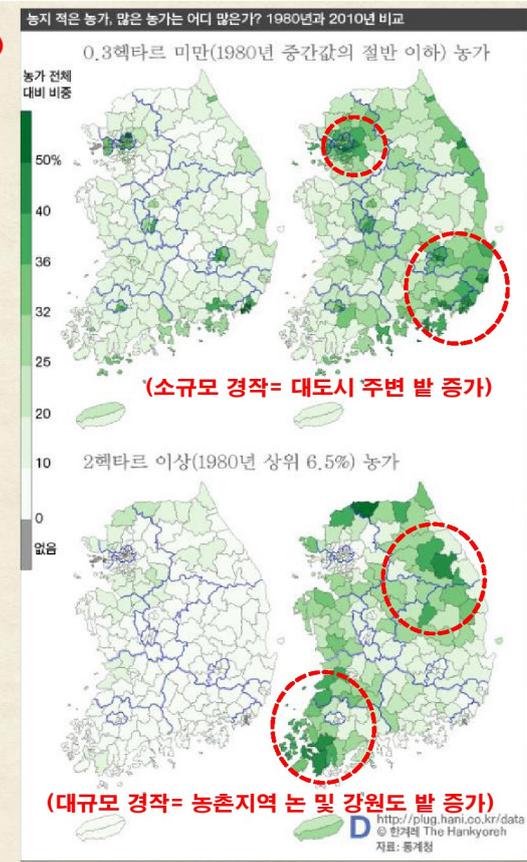
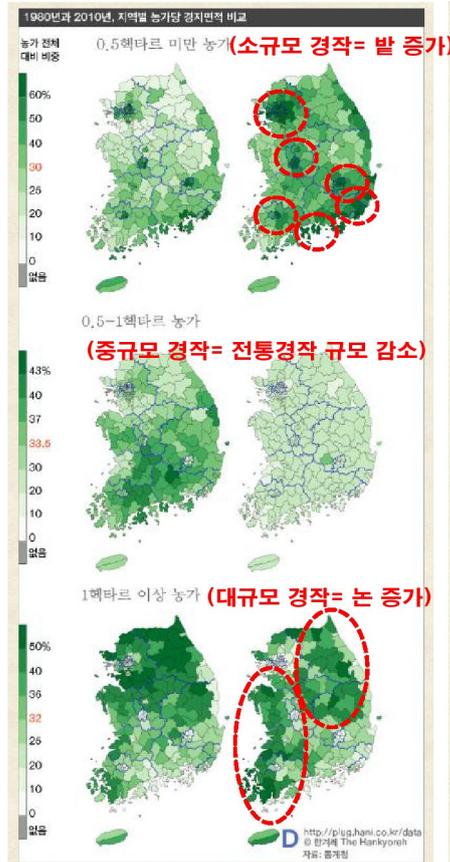


• 지역별 농가당 농지면적 변화(1980→2010)



• 소규모 농가는 도시 및 관광지 주변 증가 → 시설재배지, 뒷밭 등 → 대부분 밭의 증가

• 대규모 경작지는 농촌지역 위주 증가 → 논으로 활용



홍수조절지 경작활동과 토양 양분 현황(대청호 사례)

농업폐기물 관리 현황 조사

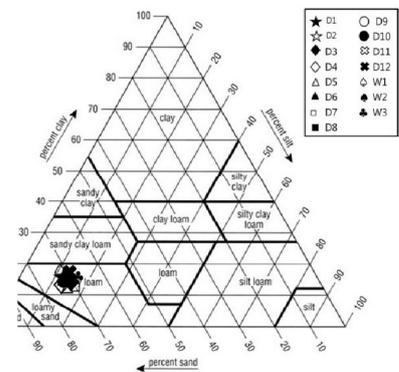
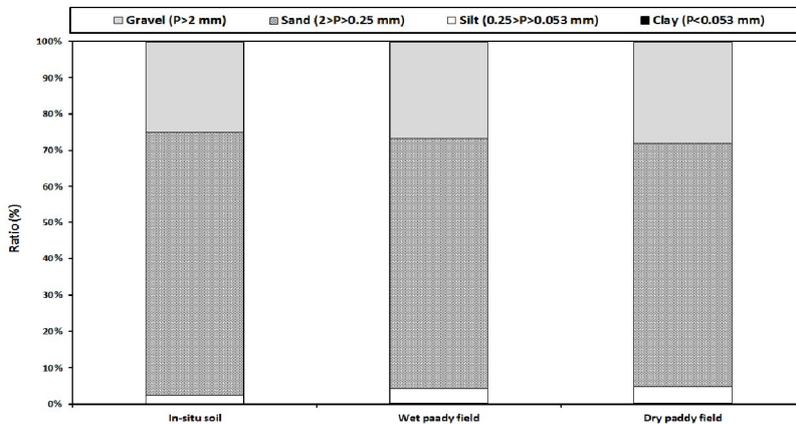
- 농업폐기물 관리 현황을 조사하기 위해 매달 현장조사 수행
- 대청호 홍수조절지 내 행위제한에 대한 알림판이 있음 불법어로 행위, 농업폐기물의 불법투기 등 발생
- 유기성 및 무기성 퇴비와 비료 무분별 살포 → 녹조 발생



경작지 토양 특성

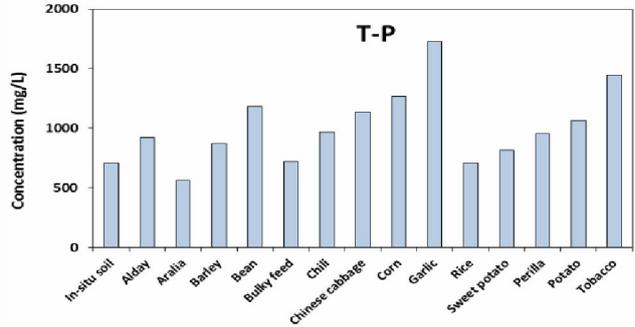
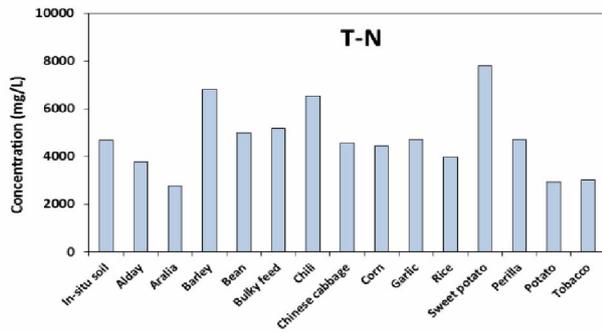
입도분석 결과

- 대부분 경작지 및 대조군 토양은 Sandy Loam으로 분류 → 물질 이동 용이
- 논과 밭의 경우 약 60%가 모래(0.25-2mm 범위)로 조사
- 2mm 이상의 자갈 약 24%, 점토 약 0.2% 미만
- 논은 원지반에 비해 2배정도 높은 실트 함량 → 논 토양이 용존성 양분 및 오염물질 흡착 높음
→ 밭의 잉여 용존성 양분이 쉽게 이동



경작지 토양 내 양분현황 분석

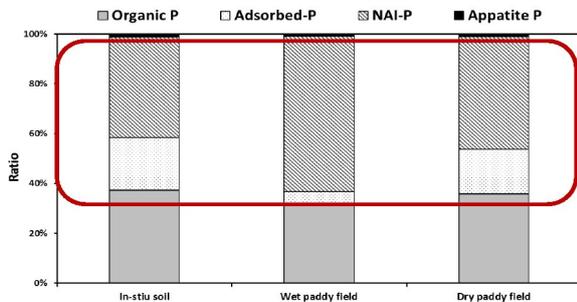
■ 작물별 토양의 양분 비교



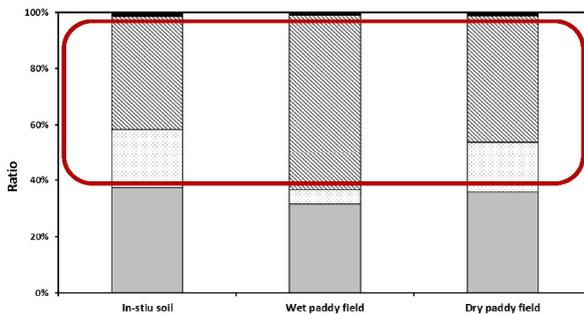
- 경작지 토양 내 양분량은 일반 하천 퇴적물에 비해 3~6배 높음

구분	T-N	T-P	비고(조사지점)
경작지 논	약 5,390	약 790	2개 지점 및 3개 시료(W1~3) 평균
경작지 밭	약 4,610	약 1,070	7개 지점 및 9개 시료(D1~9) 평균
일반하천	601	229	'17년 환경부 퇴적물측정망(현도 지점 평균)

■ 인의 성상별 비교



<논과 밭 토양의 인 성상 비교>



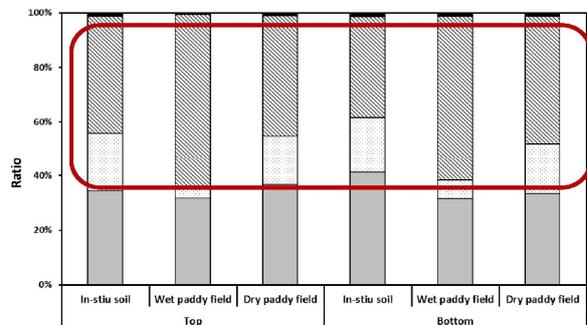
<상부와 하부 토양 인의 성상 비교>

Adsorbed-P(NH4Cl extractable P): 점토나 미립자에 흡착되어 있는 인 → 생물이용가능성 높은 인

Nonapatite-P (NAI-P) or NaOH-P: Ads-P보다는 생물이용가능성 낮으나, 환경변화(pH, DO, 수온 등)에 의하여 용출 가능하기에 용출시 생물이용 가능

Apatite-P or HCl extractable P: 무기물(Ca과 같은 광물질)과 결합하여 존재

- Residual-P (Org-P):** 유기물과 결합하여 존재하며 분리하기 어려움



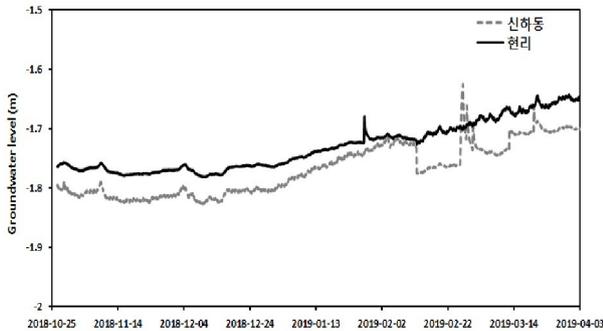
<작물별 인의 성상 비교>

홍수조절지 인근 하천 수질 현황

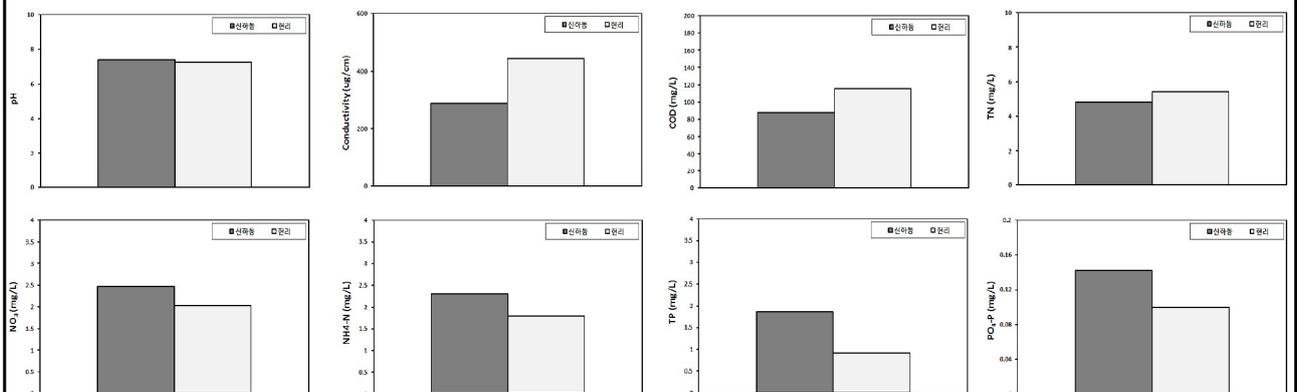
- 논 저류수에서는 모심기가 끝난 5월에 TN과 전기전도도가 높은 값 보임 → 이후 벼의 성장으로 질소 농도가 급격하게 감소
- 5월 말 이후 하천수의 TN 중 약 60% 이상이 NO₃-N의 형태 → 기저유출로 인한 영향으로 평가
- 논 저류수의 총인에 비해 용존성 인은 약 90% 이상을 차지하고 있으며, 하천수에서는 유기인 함량 높음



경작지 주변 지하수위 및 지하수 수질 조사



- 2018년 10월~ 2019년 4월 지하수위는 1.65~1.80m
- 일부 불규칙한 지하수 곡선은 수질분석 위한 채수 영향
- 2018년 10월 이후 강우가 적어 강우에 의한 지하수 영향을 알수 없기에 2019년 여름철 추가적 연구 필요
- TN 농도는 현리에서 TP 농도는 신하동에서 높은 것으로 분석됨



금강본류 주변 토지이용 변화

• 부여군 정동들

국토지리정보원 국토정보플랫폼(<http://map.ngii.go.kr>)



2007



2012

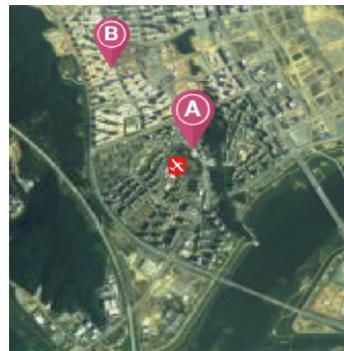


2018

• 세종시 한솔동



2002



2016

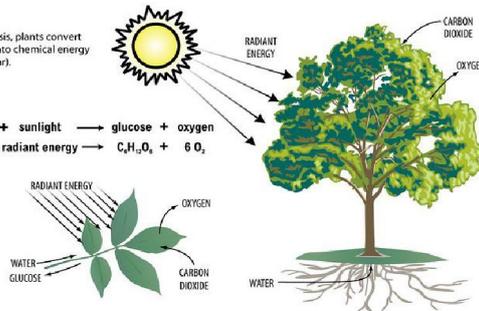
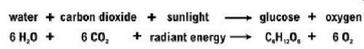
- 농업 경작방법
- 도시적 토지이용
- 축산

25

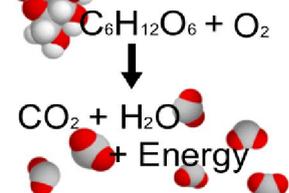
금강유역 환경관리 및 농촌 물순환 구축방안

Photosynthesis

In the process of photosynthesis, plants convert radiant energy from the sun into chemical energy in the form of glucose (or sugar).



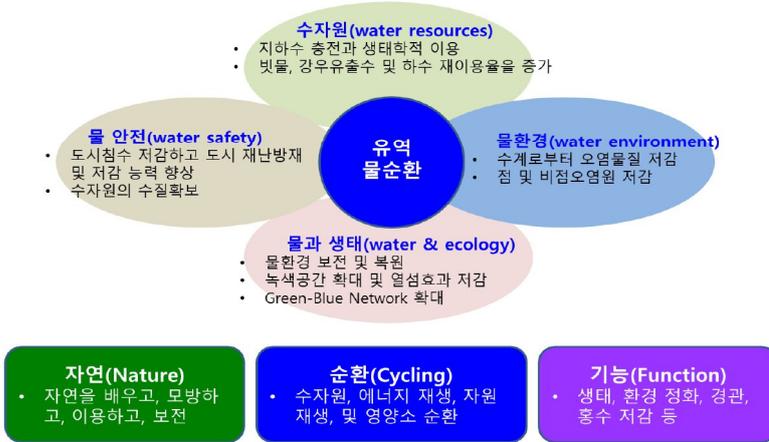
Respiration



26

물 관련 정책여건 변화 및 유역물순환 전략

- 물관리일원화로 수량·수질 통합 물관리 기반 구축(물관리 효율성 제고)
- 물관리기본법 제정으로 물관리가 하천중심에서 유역중심으로 이동
- 가축분뇨 자원화 정책(퇴액비) 및 농업구조 변화(수확재배, 밭경작 및 시설재배 증가)를 반영하는 물관리 정책(지하수위 저하, 농업 비점오염, 녹조) 필요
- 유역중심 환경관리는 주민 참여 거버넌스 필요(주민지원사업 및 일자리 연계)
- 도시 불투수면적을 관리에 대한 제도적 기반 구축 → LID 및 그린인프라 적용
- 국제적 물 수요관리의 키워드는 절약, 재이용, 다중 수자원 확보, 분산화 등



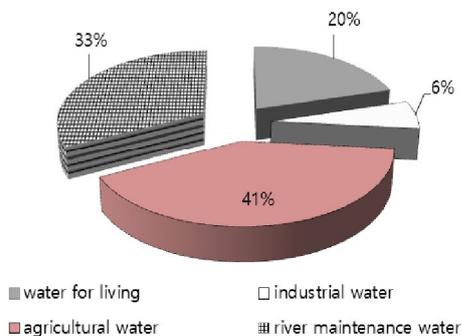
- 다양화
- 분산화
- 통합화

농업용수 관리로 효율적 지하수 관리

(1) 국내 물이용 및 지하수위 현황

- 국제적인 물 이용 현황
 - ✓ 농업용수(약 70%), 산업용수(약 20%), 생활용수(약 10%)
- 한국의 물 이용 현황
 - ✓ 과도한 지하수 사용(지하수위 저하), 높은 LPCD, 물 재이용을 낮음, 생태용수 수요 증가, 과거 소규모 분산형 물관리 시설 축소(소택지, 둠벙, 소규모 저류지 등)

• 물이용 현황(하천 유지용수 포함)



• 지하수 현황



- ✓ 전국 지하수 시설수(2013)= 약 150만개
- ✓ 전국 지하수 이용량(2013)= 약 40억톤
- ✓ 국가 지하수 관측망(2014)= 386개소

Statistical portal of Ministry of Environment, 2018
National Groundwater Information Center, 2018

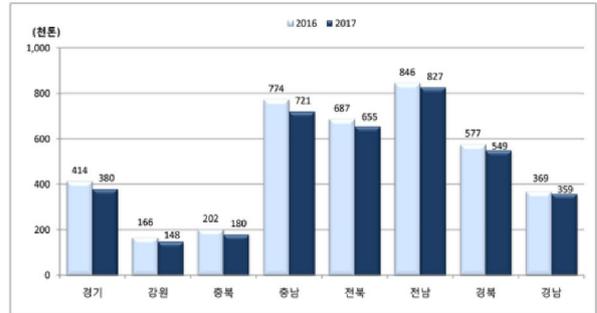
국가지하수정보센터(<http://www.gims.go.kr/>)

(2) 국내 쌀 생산량 및 시설작물 재배면적 변화

년도별 쌀 재배면적 및 생산량 변화

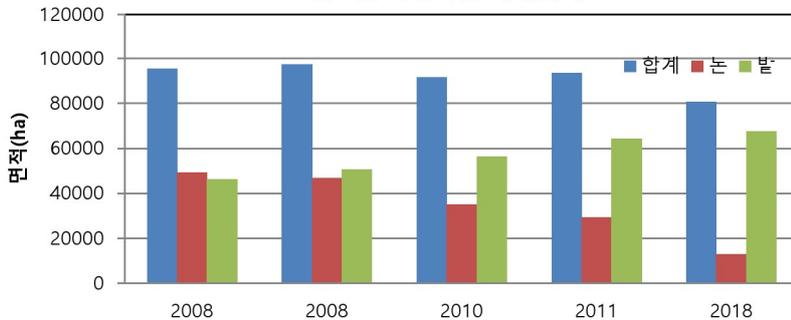


지역별 쌀 생산량 변화



통계청, 2017년 쌀 생산량 조사결과 국가통계포털(<http://kosis.kr>)

년도별 시설작물 재배면적



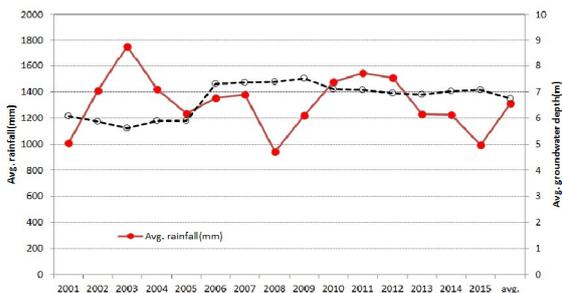
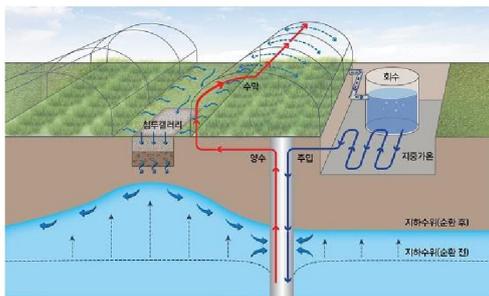
- 쌀생산량은 줄고 있지만 시설재배지 증가로 물사용량 및 양분 사용 증가 → 농업지역 수질 및 수량 관리에 애로 초래

29

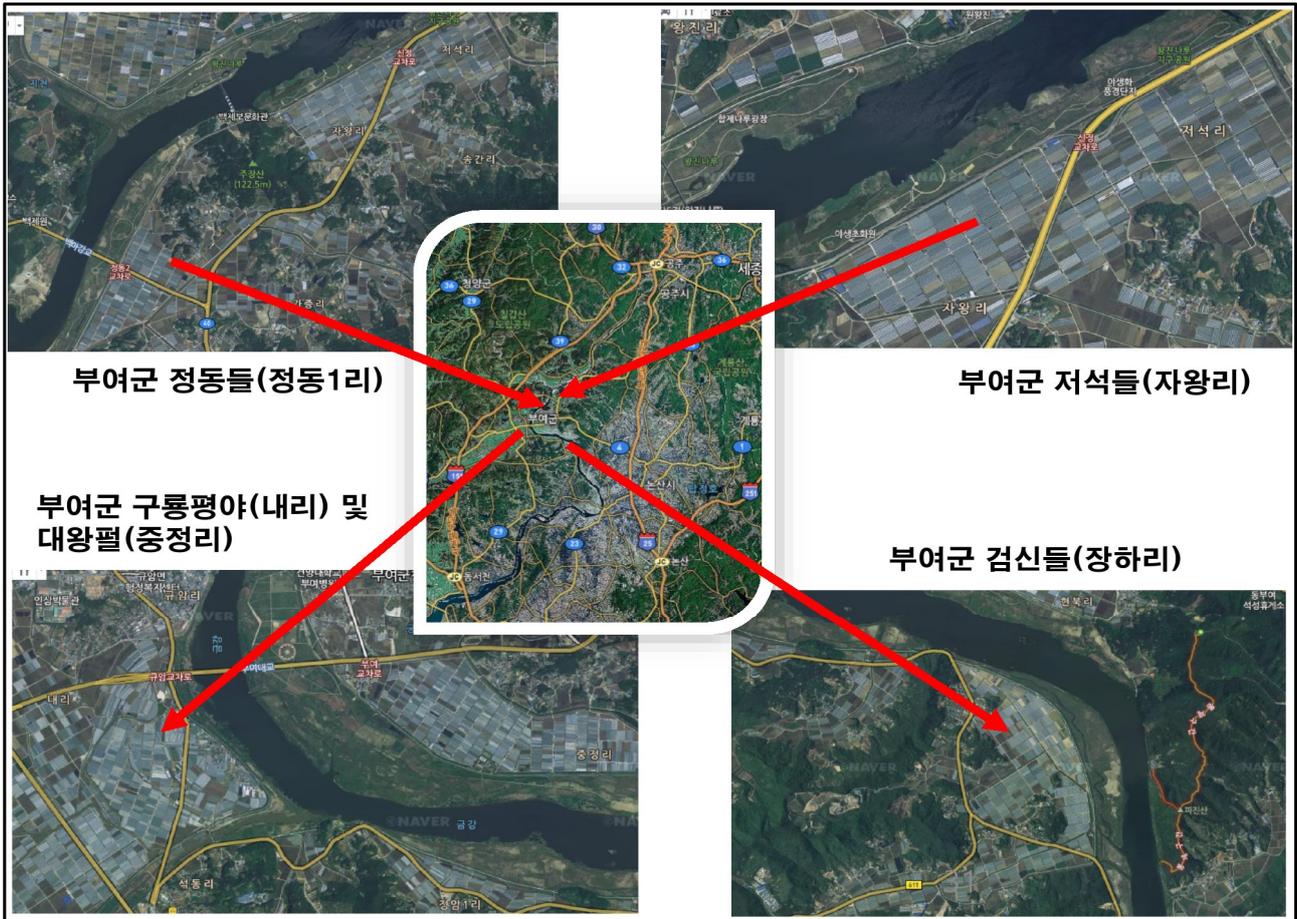
(3) 농업구조 변화(수막재배, 시설재배지) 및 물환경 영향

농업용수 과다 사용으로 지하수위 저하 및 농업기반 비점오염 증가

- 수막재배(Water Curtain Cultivation, WCC): 비닐하우스 안에 또 다른 비닐하우스를 만들고 그 위에는 12~15℃의 지하수를 뿌려서 바깥의 차가운 공기 차단 및 실내온도 유지하는 농법

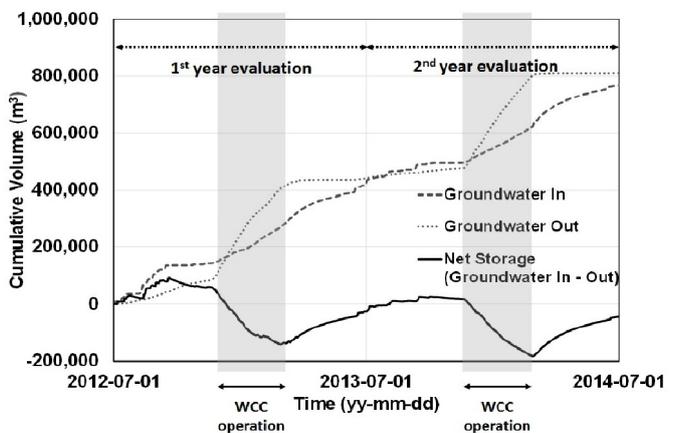
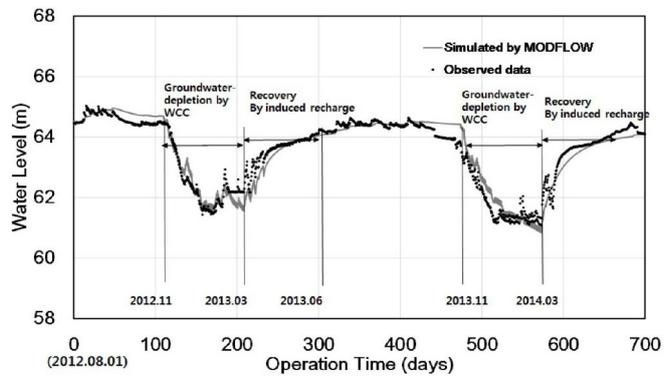


30



- 충청북도 청원군 수막재배 지역: 동절기 지하수를 시설재배에 이용하기 위해 하천변 천부 대수층에서 지하수를 집중 취수하여 지하수자원 고갈 초래 → 하천변 지하수의 수막 용수활용의 지속가능성 확보위해 적정 인공함양 방식 필요
- 지아수 이용량을 증가하는 중점방안
- 농업용수 요금체계 도입 필요

장선우 외(2016). 통합수문해석에 의한 청원 수막재배단지의 장기물수지 분석, 지질학회지, 52(3), pp. 201-210



금강본류 및 지류의 홍수터 복원



미호천(세종시)



용수천(세종시)



유구(청양군)

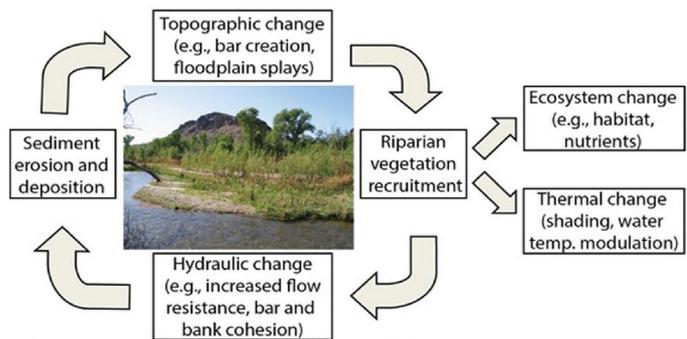


지천(부여군)

35

• Mareit River(Italy) 복원

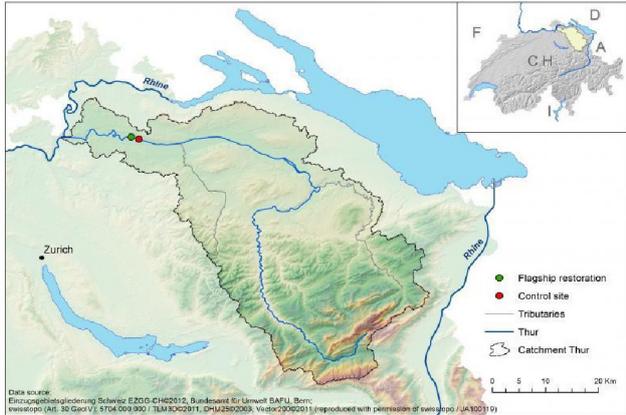
- ✓ To provide various channel pattern (especially for originally braided and meandering channels)
- ✓ To increase hydrodynamic and sediment diversity
- ✓ To increase bed armouring and lack of gravel for fish spawning
- ✓ To increase lack of in-channel wood and riparian vegetation



Wohl et al(2015). The science and practice of river restoration, Water Resources Research, pp. 5974-5997.

36

• Rewidening and rewilding the Thur river(스위스)



- ✓ The river Thur in Switzerland is a tributary of the Rhine.
- ✓ It is a highly dynamic river in a catchment with no reservoirs to control its dynamic discharge patterns.
- ✓ The landuse also varies significantly in the agricultural catchment (61 % agriculture, 30 % forest and only 9 % urban.)
- ✓ As Thur River was often flooded by melt water in Spring, the river restoration was considered to be an alternative flood protection measure.
- ✓ Although, it was mainly done for flood protection it is also expected to improve water quality and provide ecological improvement by increasing habitat diversity as well.



River Thur before restoration

River Thur after restoration

37

수변 생태벨트 조성

수변 생태벨트 조성(안) : 이백리



- (기작)자연기반해법
- (기능)다기능
- (기술간)연계성
- (시설)분산화
- (관리)통합화
- (계획)창의적
- (시민)참여화
- (일자리)거버넌스



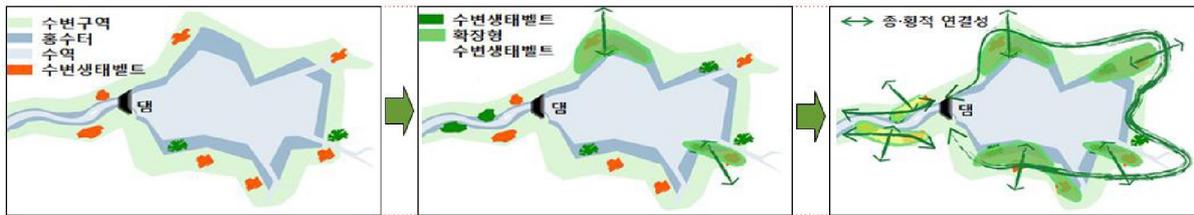
- 38 -

수변 생태벨트 계획 및 설계시 고려사항

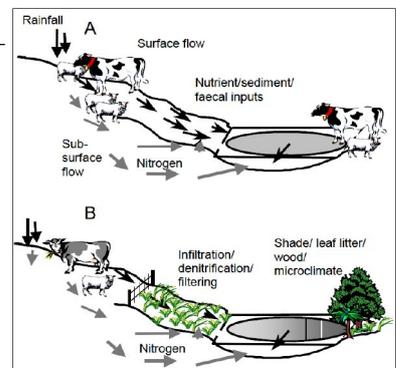
항목	효과
물순환 기능	저류, 침투, 증발산 등
환경 기능	비점오염저감 등 수질개선
조경 기능	심미성, 휴식, 여가 등
경관적 기능	물-녹지 연계, 투수면적 확대, 녹색공간 등
에너지 사용 저감 기능	온도 저감, 도시 열섬 저감
수자원확보 기능	지하수/빗물이용(조경, 청소, 농업용수 등)
생태적 기능	동물, 식물, 미생물 등
자산가치 기능	토지가치 등
삶의 질 향상 기능	공동체, 사회성, 활동성 증가 등

• 다기능 수변생태벨트 조건

- ✓ 단순화된 설계기준 적용보다는 전문지식 활용 창의적 설계
- ✓ 실시설계에 앞서 기술적 검토를 수행하는 전문가 자문보고서 수행 과정 필요
- ✓ 계획 및 설계 기법의 다양성, 시설의 분산화, 관리의 통합화 가능하도록 계획

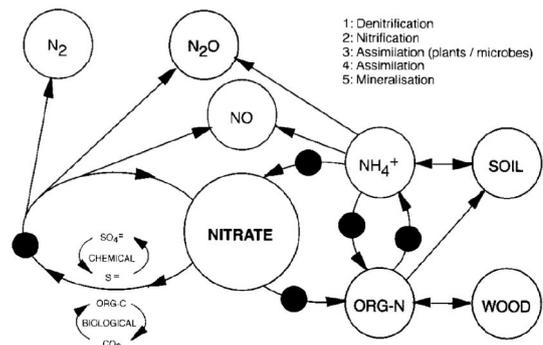
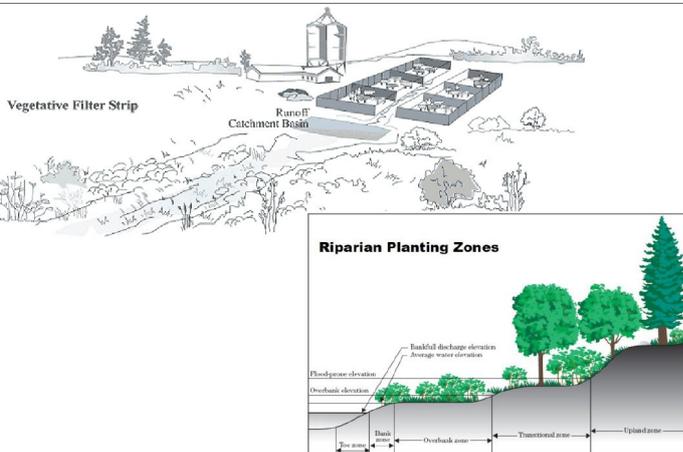


Contaminant	Buffer width	Removal (%)	Slope (%)	Farm type	Buffer type	Reference
Sediment	30.5	90	2			Wong & McCuen (1982)
Sediment	61	95	2			Wong & McCuen (1982)
Sediment	24.4	92			Veg.	Young et al. (1980)
Sediment	22.9	33		dairy	Filter strip	Schellinger & Clausen (1992)
Sediment	61	80			Grassy swale	Horne & Mar (1982)
Sediment	30	75-80		Logging activity		Lynch et al. (1985)
Sediment	9.1	85	7 and 12		Grass VFS	Ghaffarzadeh et al. (1992)
NO3-N, NH4-N, PO4-P	4.6	90%			Grass VFS	Madison et al. (1992)
NO3-N, NH4-N, PO4-P	9.1	96-99.9			Grass VFS	Madison et al. (1992)
Sediment, N, P	9.1	84, 79, 73	11-16		Grass VFS	Dillaha et al. (1989)
Sediment, N, P	4.6	70, 61, 54	11-16		Grass VFS	Dillaha et al. (1989)
NO3-N	10	99.9%			forested	Xu et al. (1992)
N, P	19	89, 80			forested	Shisler et al. (1987)

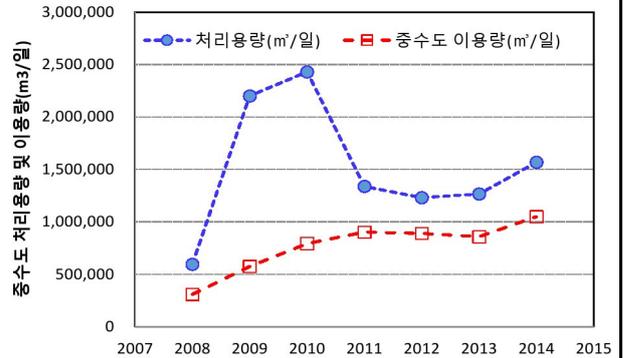
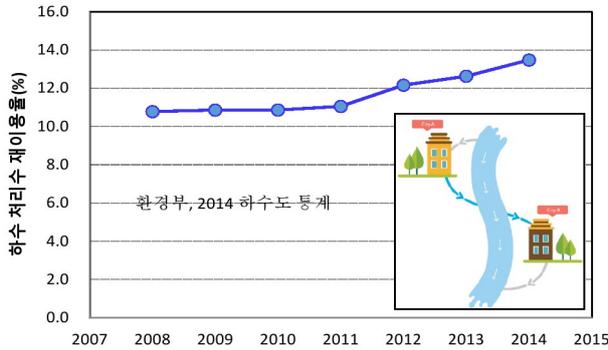


자료: NIWA

자료: USDA



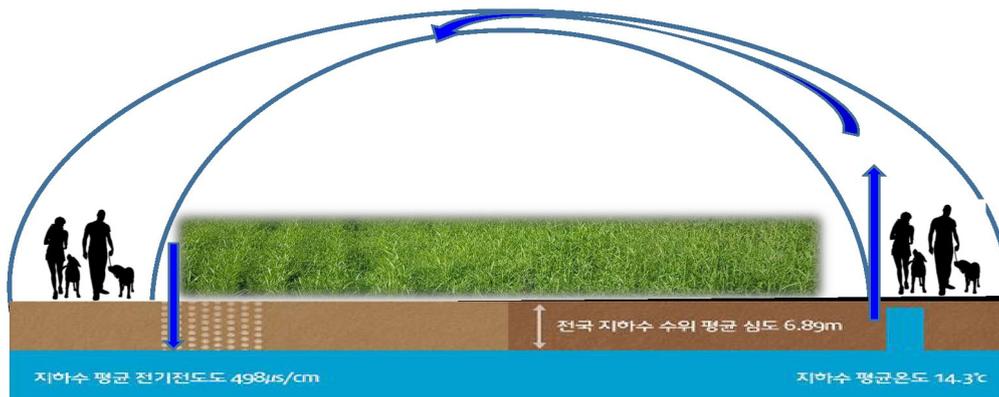
분산형 하수처리시설 도입 통해 물재이용률 확대



- 대부분 하수처리장이 도시 말단에 위치하여 재이용에 한계
- 재이용 확대를 위해 도시 내의 처리장 분산화 필요
- 낮은 물값으로 재이용 및 중수도 활용도 낮음
- Direct/indirect 재이용에 대한 시민의 낮은 인식

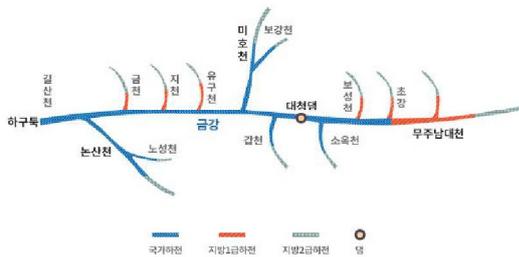
- **Agricultural Irrigation**
 - Crop irrigation
 - Commercial nurseries
- **Landscape Irrigation**
 - Parks
 - School yards
 - Highway medians
 - Golf courses
 - Cemeteries
 - Residential
- **Industrial Recycling and Reuse**
 - Cooling water
 - Boiler feed
 - Process water
 - Heavy construction
- **Groundwater Recharge**
 - Groundwater replenishment
 - Saltwater intrusion control
 - Subsidence control
- **Recreational / Environmental Uses**
 - Lakes & ponds
 - Marsh enhancement
 - Stream-flow augmentation
 - Fisheries
- **Non-Potable Urban Uses**
 - Fire protection
 - Air conditioning
 - Toilet flushing
- **Potable Reuse**
 - Blending in water supply reservoirs
 - Pipe-to-pipe water supply

‘수막 인공습지를 이용한 농촌형 소규모 하수처리시설’ 적용방안



- 농업지역 소규모 하수처리장은 농촌비점과 연계하여 ‘수막 인공습지’를 이용한 자연기반 해법으로 처리(겨울철 가능)
- 재이용을 높이고, 관리의 용이성 확보로 농촌 공공 일자리 확보 및 겨울철 활동공간 확보로 다기능 인프라 구축 가능

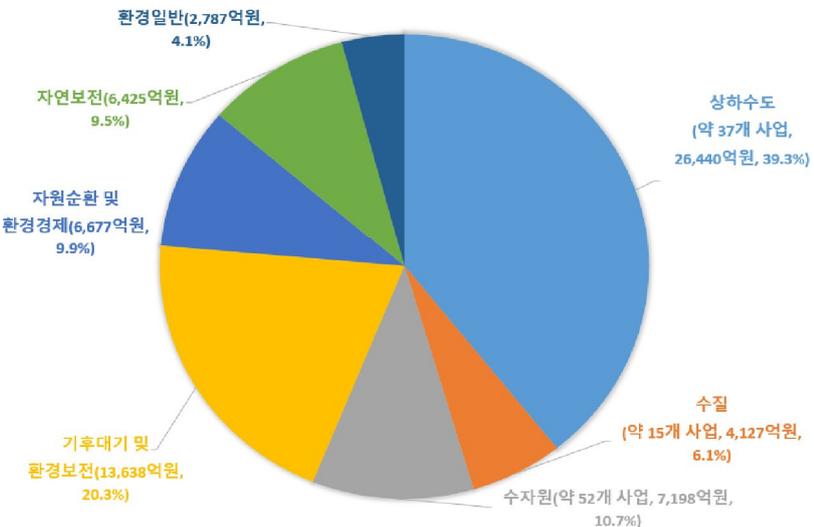
효율적 유역관리 위한 제도개선



환경부 2019년 세출예산과 물환경 재정사업 현황

- 2019년 세출예산(사업비+일반회계) = 6.9조(기금 제외), 정부예산(약 470조)의 1.47%
- 환경부 예산 및 기금 운용(79,583억) = 예산(69,255억) + 기금(10,328억)
 - ✓ 일반회계(8.8%, 약 7,002억), 특별회계(78.2%, 약 62,276억원), 기금(13%, 10,328억원, 석면구제기금 제외)
- 특별회계(62,276억원) = 환경개선특별회계(43,217억, 69.4%) + 농어촌구조개선특별회계(연간 약 10조5천억원 중 678억 환경부 지원, 1.1%) + 국가균형발전특별회계(10,681억, 17.2%) + 에너지 및 자원사업특별회계(7,700억, 12.3%)
- 기금(13%, 석면구제기금 제외) = 한강수계(5,571억원, 53.9%) + 낙동강수계(2,525억원, 24.4%) + 금강수계(1,318억원, 12.8%) + 영섬수계(914억원, 8.8%)

환경부 부문별 사업비(2019년 세출예산) = 67,292억원



물환경 재정사업 현황

상하수도	아래 포함 37개 사업 계(억원)	2018년(억원)	2019년(억원)
		26,334	26,440
	면단위하수처리장 설치(농축)	783	624
	도시원수 대응	1,446	1,113
	하수처리장 정비	6,878	5,993
	농어촌 마을하수도 정비	2,943	2,622
	하수처리장 확충	3,412	2,517
	하수관로 정비 BTL 사업 임대료 지급	203	140
	하수처리수 재이용	3,320	3,345
	상수도시설 확충 및 관리(군특 지역자율)	461	355
	상수도시설 확충 및 관리(군특 지역자율)	3,769	5,421
	노후상수도 정비(군특 지역자율)	994	2,269
	기타(토양환경보전대책, 지하수수질보전대책, R&D, 군특-세종 및 제주, 기타 상하수도 관련)	2,125	2,041
수질	아래 포함 15개 사업 계(억원)	2018년(억원)	2019년(억원)
		4,859	4,127
	가축분뇨 공공처리시설 설치	542	553
	비점오염저감사업	483	501
	공공폐수처리시설	780	562
	산업단지 원충처리시설 설치	352	326
	수질 및 수생태계 측정조사	458	553
	공공수역 녹조발생 대응	218	210
	새만금사업 환경대책	298	196
	생태하천복원사업(군특 지역자율)	1,436	909
	기타	292	317
수자원	아래 포함 52개 사업 계(억원)	2018년(억원)	2019년(억원)
		6,593	7,198
	지하수 관리	137	345
	댐유지관리	479	479
	수자원공사 지원	2,964	3,400
	수문조사시설 설치 및 개선	273	302
	지역거점조성지원(군특 지역자율)	580	397
	기타	2,160	2,275

물환경 개선과 물산업 발전위한 물환경 재정구조 개선전략

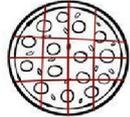


HOW TO CUT a PIZZA

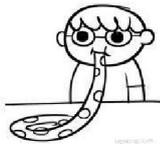
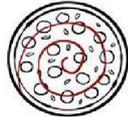
FOR SMALL GROUPS :



FOR PARTIES :



JUST FOR YOU :



- **재원:** 환경개선특별회계(사람, 사업장의 환경부담금)
- **현재 자원배분:** 재정사업간 비율조정
→ 구조적으로 문제

- 환경정책기본법, 물환경보전법, 국가물관리기본법에 근거하여 물환경 관련 재정의 세입, 세출 구조 개선 가능
- **재원 확대방안:** 환경개선특별회계 세입개선(사람, 사업장, **토지**의 환경부담금)+국가균형발전특별회계 세출개선+농어촌특별회계 세출개선(소규모 하수처리+**농지 또는 농업용수 비용**)
- **자원배분:** 오염원별(사람, 사업장, 토지 등) 세입을 공공관리 재정사업으로 변화

물관리 패러다임 변화 반영 재정구조 개선방안

- 물환경 관리 패러다임 변화(하천중심→유역중심)를 반영하는 재정구조 개선방안
 - ✓ 인프라 관리 위한 **일반회계 확대** 필요 → 신기술 적용 및 물산업 확대에 필수
 - ✓ 미래지향적 유역물관리 재정 확대: **비점오염, 재이용, 도시침수, 분산형하수처리** 확대
 - ✓ **물순환 확대** 위한 **요금체계 정립**
 - ✓ 하수처리구역의 하수도요금에서 빗물요금 분리 → 빗물이용, LID 등 추진시 인센티브
 - ✓ 하수처리구역 외 대지에 대해서는 요금체계 다양화(빗물, 하수도 등)
 - ✓ **농업용수 관리재정: 농업용수 요금체계개선**(농특과 연계 가능)
- **토지게 오염원 재정확보 방안**
 - ✓ **환경개선특별회계(환경정책기본법):** 오염원인자 부담원칙에 근거한 **토지게 기반 오염원(농업, 하수처리 외 지역 대지 등) 관리** 위한 세입 개선 필요
 - ✓ **국가균형발전특별회계(국가균형발전 특별법):** **지역사회기반시설 확충사업(하천관련 사업 포함)** 물환경 관리 위한 **세출구조 개선** 필요
 - ✓ **농어촌구조개선특별회계(농어촌구조개선 특별회계법):** 농업지역 점오염원(면단위 하수도사업)은 농특지원으로 환경부가 주관하고 있으나, **농업 비점오염원관리 재정은 확보되지 않고** 있기에 **농특 세출구조 개선** 필요

하천관련 지방이양사업 관리방안

하천 관련 지방이양사업의 문제점

- ✓ 국가차원의 통합관리 사업은 지방이양시 신중한 접근 필요
- ✓ 하천은 타 인프라와 달리 상하류간 영향(impact) 정도 크기에 상하류간 조절역할 중요
- ✓ 하천은 선형이지만 유역(면)의 영향을 크게 받기에 관리시 유역내 조절 역할 필요



[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

하천관련 사업 관리방안

- ✓ 하천사업의 효율성 확보위해 수질, 수량, 생태, 안전, 이용 등을 고려한 관리방안 필요
- ✓ ‘소하천-지방하천-국가하천’ 은 이름은 달라도 상호 연계되어 파급효과 상호영향이 높기에 유역차원 관리 필요 → 관리 효율성 확보위해 국가하천 비율 향상필요
 - ❖ 일본 하천의 60%가 국가하천, 한국 국가하천은 62개소(전체 하천의 약 2%)로 하천관리 어려운 국가
- ✓ 물관리기본법(2019년) 시행으로 유역물관리 가능: 하천관련사업 통합관리 필요
- ✓ 지방이양 하천관련 사업 및 재정을 ‘유역물관리위원회’ 에서 총괄 관리 필요

47

유역개념의 생태하천

- 생태하천 복원의 기본방향: 수생태계의 건강성 회복 / 유역개념의 통합적 하천관리 / 하천중심의 종·횡적 생태 네트워크 구축 / 깃대종 등 생물종 복원 중심 하천사업 추진 / 도심 하천의 물길회복 및 생태공간 조성 / 하천별 특성 살리기
- 추진방안: 관리기법의 다양화/관리시설의 분산화/관리의 통합화

기존 물관리

하천내 저류

- 사업범위: 공유지 기반의 본류 중심(댐, 보 등)
- 관련법: 국토부 중심의 법
- 기타 관련 사업: 생태하천조성사업 등



미래 물관리

유역내 저류

- 사업범위: 공유지+ 사유지 기반(LID, GI 등)
- 관련법: 국토부, 환경부 법 및 지자체 조례 중심
- 기타 관련 사업: 물순환 선도도시/빛물 유출제로화/그린빗 들인프라

시민참여 거버넌스 중요

48

시민 참여 거버넌스 구축으로 환경관리

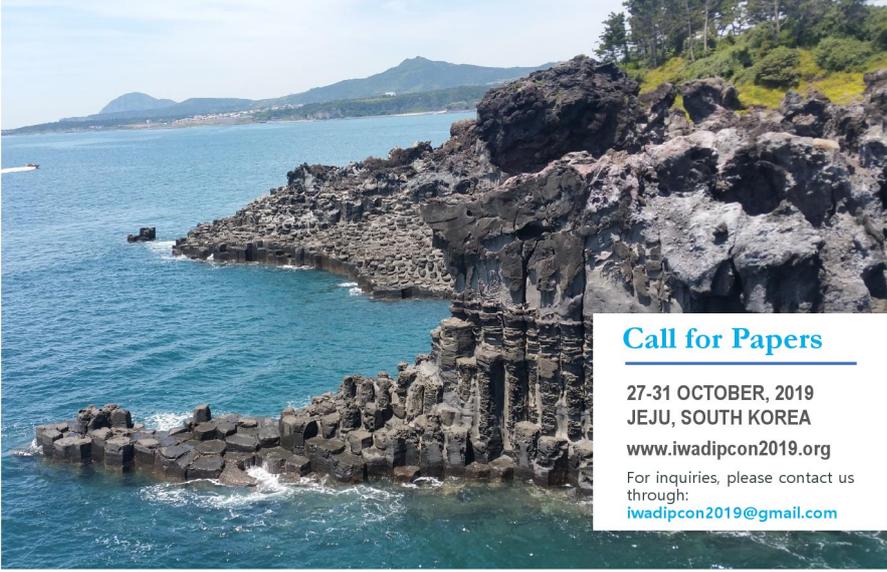
- **배경**
 - ✓ 개발도상국: 개발사업 우세 → 개발에 투자 및 인력 집중
 - ✓ 선진국: 인프라 관리 우세 → 자동화로 관리자원 및 재원으로 변화
- **물관리 패러다임의 변화**
 - ✓ 통합집중형 관리: 고도의 기술 필요, 전문가 위주 관리, 사고대응 어려움
 - ✓ 소규모 분산형 관리: 관리 쉬움, 일반인 관리 가능, 사고대응 쉬움
 - ✓ 선진국: 통합집중형 관리 → 소규모 분산형 관리
- **소규모 분산형 관리 통한 환경관리 및 신규사업 육성**
 - ✓ 자동화로 줄어드는 재정절감의 일부를 국가가 회수 필요 있음
 - ✓ 회수된 재정을 활용하여 소규모 분산형 환경관리에 투입
 - ✓ 주민참여 거버넌스 구축으로 환경관리
 - ✓ 물환경 관련 고도화된 기술 적용으로 물산업 육성

49

비점오염 관리지역 지정제 개선

- **비점오염 관리지역 지정제**
 - ✓ 현 관리지역은 목표 미달성 지역이 많으며 비점배출부하량도 지속증가 → 배출부하량의 지속적 증가는 지자체의 비구조적 노력이 없었다는 것을 의미
 - ✓ 비점오염원은 토지기반 오염원이기에 비구조적 노력 통한 원천관리방안 필요 → 비구조적방안 적용 이후 구조적 방안 도입 필요
- **비점오염 관리지역 지정제 개선방안**
 - ✓ 원칙 필요: 관리지역 지정제는 인센티브 제도이기에 지자체의 비점오염 저감노력에 대한 보상으로 국고를 추가지원(70%)하는 형식으로 추진해야 함
 - ✓ 개선방안: 1~2년차(지자체의 주민활용 비구조적 노력을 통한 배출부하량 저감 확인) + 3~5년차(배출부하량이 줄었을때 70% 국고지원으로 구조적 방안도입을 목적달성)

19th International Conference on Diffuse Pollution & Eutrophication



Call for Papers

27-31 OCTOBER, 2019
JEJU, SOUTH KOREA
www.iwadipcon2019.org
For inquiries, please contact us through:
iwadipcon2019@gmail.com

Partners:




 Korean Society on Water Environment

Conference Topics

- Integrated Watershed Management
- Agricultural Runoff
- Urban/Industrial Diffuse Pollution
- Nature Based Solutions, Low Impact Development, Green Infrastructures, Water Wise Cities, Decentralized Water Management Systems and Ecological Design
- Integrated Coastal Watershed Management
- Soil and Groundwater Contamination
- Reservoir and Surface Water Bodies Issues
- Public Participation and Sustainable Development Issues
- Policies, Governance and Education on Diffuse Pollution and Eutrophication
- Climate Change Adaptation and Mitigation
- Ecological Health Issues
- Rainwater Harvesting
- Diffuse Pollution and Eutrophication Monitoring and Modeling

Important Dates

Date	Activities
15 September 2018	First Announcement
15 October 2018	Launching of conference website
15 November 2018	Launching of online submission system for abstracts
1 February 2019	Abstract submission deadline
1 August 2019	Full paper submission and early bird registration deadline





Nature-based Solutions(NBS)의 원리 및 적용

World Water Development Report 2018(<http://www.unwater.org/>)

- 원리: 수문학과 생태 간의 상호작용에 초점을 맞춘 통합 과학인 Eco-hydrology를 이용
- NBS의 원리
 - ✓ 물순환에 생태계 원리(물질순환, 에너지 흐름)를 연계
 - ✓ 생태계 구성요소: 식물, 토양, 물, 동물 등 → 인프라 설계에 생태적 설계 도입
 - ✓ 토지이용 및 토지이용 변화(Land use and land use change, LULUC): 생태계의 순환 기능과 흐름기능 단절시키기에 생태적 설계 기법 도입
 - ✓ 생태계 기능, 공정 및 혜택을 사람에게 제공 (생태계서비스): 물에 근거한 생태계서비스
 - ✓ 그린 인프라 적용: 생태계서비스를 이용하게 위하여 NBS의 적용

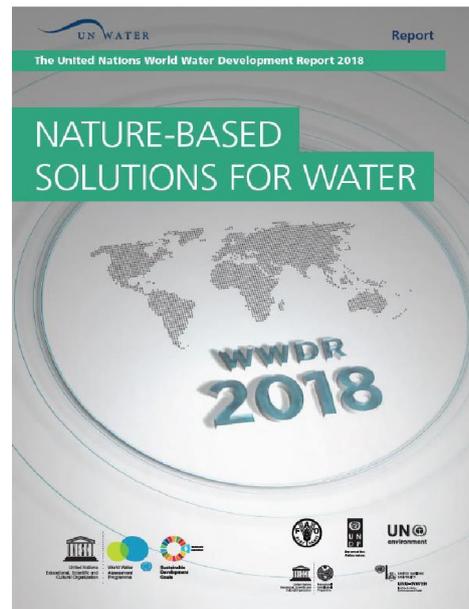
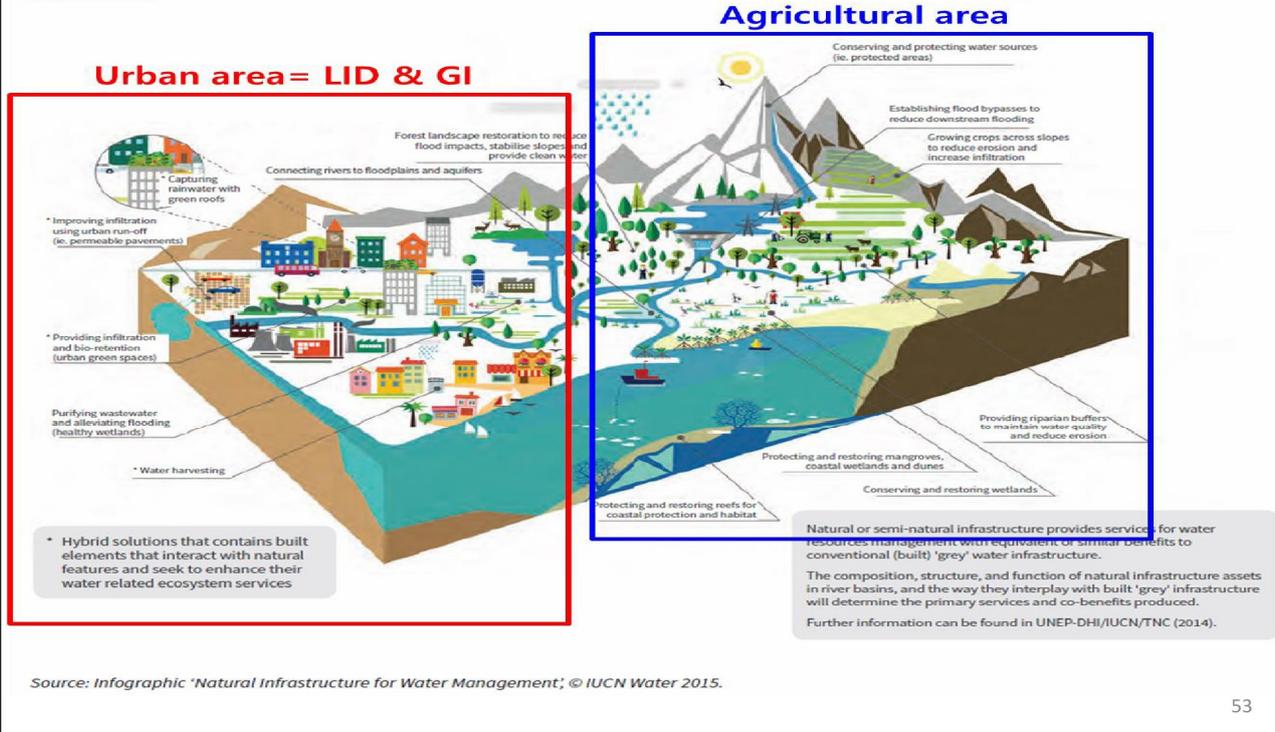


Figure 1.4 Natural, or green, infrastructure solutions for water management across a landscape



MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing, with a central graphic element consisting of a light green and light gray shape.



MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing, with a central graphic element consisting of a light green and light gray shape.



MEMO

A series of horizontal dotted lines for writing, with a central graphic element consisting of a light green and light grey shape.

