

빗물이용 활성화를 통한 물순환체계 개선방안 마련

# 정책토론회 자료집



| 일시 | 2018. 9. 4.(화) 16:00~18:00

| 장소 | 충남연구원 4층 대회의실(충남 공주시 소재)



# 빗물이용 활성화를 통한 물순환체계 개선방안 마련 정책토론회 개최계획(안)

## 1 개 요

- 목 적 : 빗물이용 활성화를 통한 건강한 물순환체계 수립으로  
지속가능한 수자원 이용방안 마련
  - 빗물이용 활성화 정책방안 및 물순환체계 개선방안 도출
- 일 시 : 2018. 9. 4(화), 16:00~18:00
- 장 소 : 충남연구원 4층 대회의실(충남 공주시 소재)
- 주최/주관 : 충청남도, 충남연구원
- 참 석 자 : 13명(발제자3, 토론자4, 관계자6)

## 2 추진일정

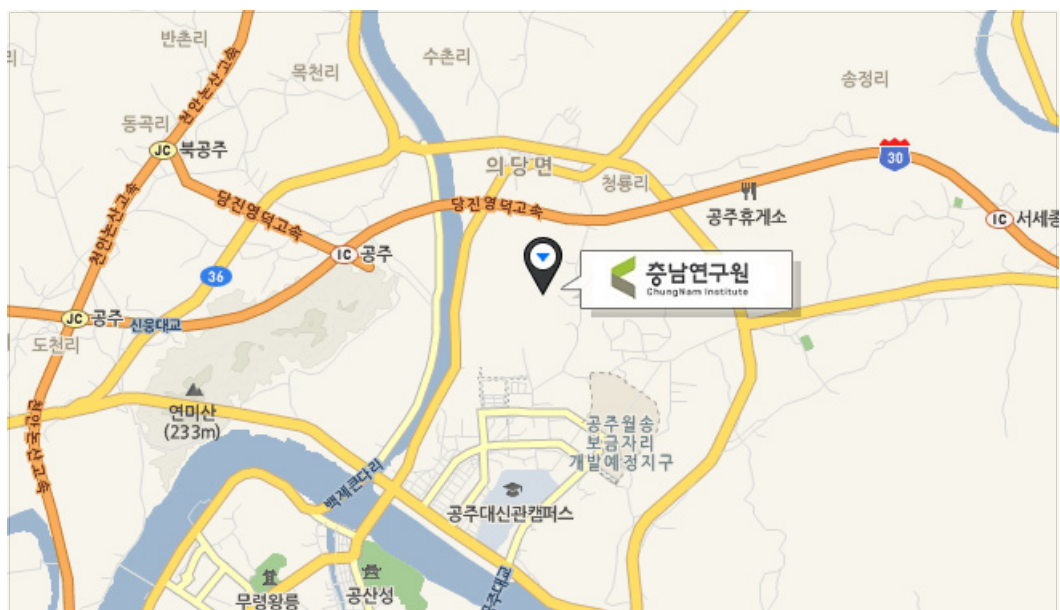
시 간	내 용	비 고
16:00~16:10	개회 및 참석자 소개	사회자
16:10~16:30	서울대 빗물관리시설의 설계 및 운영사례	서울대학교 김미경 교수
16:30~16:50	기후변화에 대응하는 도시물관리: 물순환 도시의 국내외 사례와 조성방법	한국먹는물안전연구원 권경호 박사
16:50~17:10	LID형 도시 물순환 통합시스템	어스그린 한경수 대표
17:10~18:00	종합토론	좌장 : 허재영 총장
18:00~	폐 회	



### 3 발표 및 토론자

구분	성 명	소 속	직위/직급
발표	김미경	서울대학교 건설환경종합연구소	연구교수
	권경호	한국먹는물안전연구원	박사
	한경수	어스그린코리아(주)	대표이사
토론	허재영	충남도립대	총장(좌장)
	김상래	한국건설생활환경시험연구원	박사
	김이형	공주대학교 건설환경공학과	교수
	김기웅	충청남도 물관리정책과	과장
주최/ 주관	최동석	충청남도 물관리정책과	상하수도 팀장
	신동명	충청남도 물관리정책과	주무관
	권영현	충남연구원	연구실장(원장대행)
	정연앙	충남연구원 서해안기후환경연구소	소장
	김영일	충남연구원 서해안기후환경연구소	연구위원
	김영준	충남연구원 서해안기후환경연구소	연구원

※ 위치 : 충청남도 공주시 연수원길 73-26(금흥동 101)







# 서울대 빗물관리시설의 설계 및 운영사례

서울대학교  
교수 김 미 경



# 서울대 빗물관리시설의 설계 및 운영사례

2018 년 9 월 4 일

김 미 경 연구교수

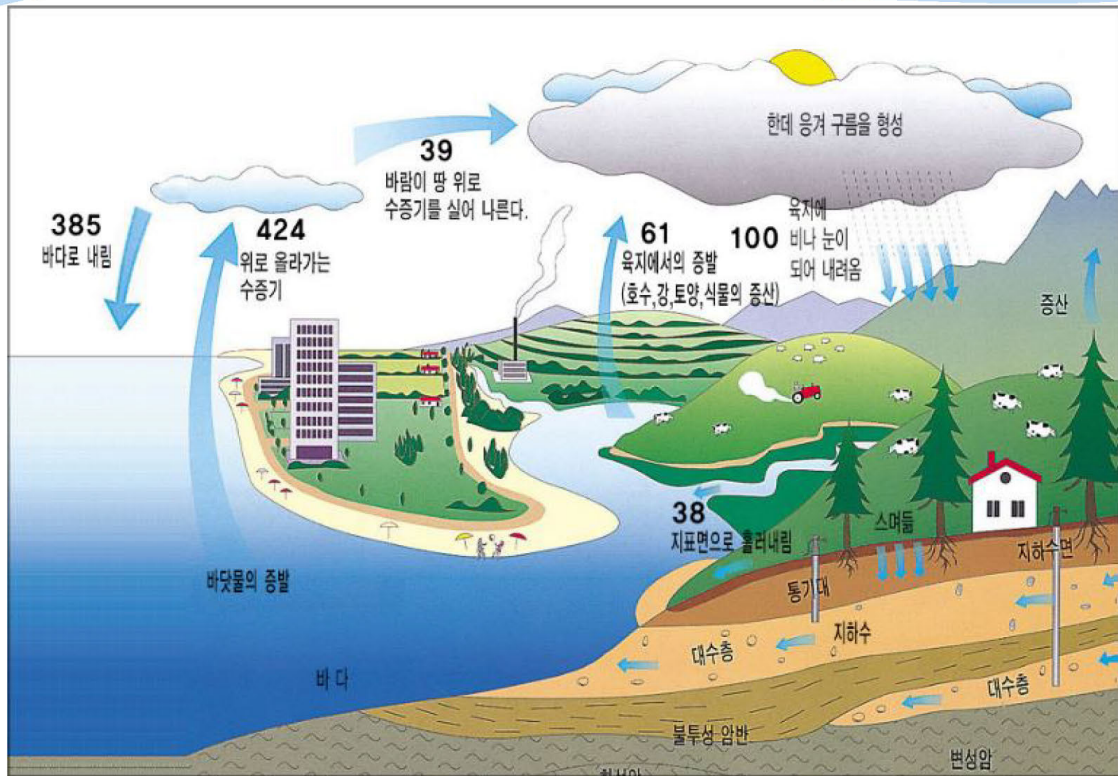
서울대학교 공학연구원

## 목 차

1. 서론
2. 빗물 관리시설 설계 및 효과분석
  - 2-1 빗물이용시설
  - 2-2 옥상녹화
  - 2-3 빗물저금통
  - 2-4 빗물-중수 하이브리드
  - 2-5 절수기기
3. 결론 및 시사점



# 물 순환



(출처: Michal Kravcik, Juraj Kohutiar, Jan Pokorny, Martin Kovac, E. Toth, 기후 회복을 위한 새로운 물 패러다임)

## 현실화된 물 문제

### 홍수

청주 시간당 91.8mm '물 폭탄' 산사태·홍수 주의보

7월 시간당 강수량으로 최고 기록  
기상관측 이래 두 번째 많은 289.9mm 내리  
주택·도로 침수, 장전·단수 등 피해 잇따라  
송파선 상하행선 운행 중단



### 가뭄

한반도 곳곳에서 최악으로 치닫는 가뭄

위성사진·장영화 jangm@rfa.org  
2017-06-22



### 단수

강원도 가뭄...2015년 속도 급수제한 악용 재현되나

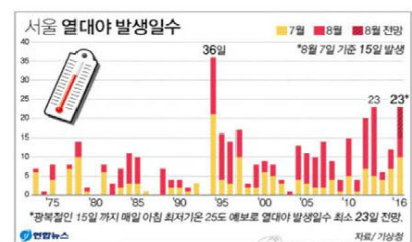
강원도 4개 시군 10개소 218세대 제한 급수  
영월·홍천·강릉·속초 | 2017-06-21 15:34 한국



### 도시열섬현상

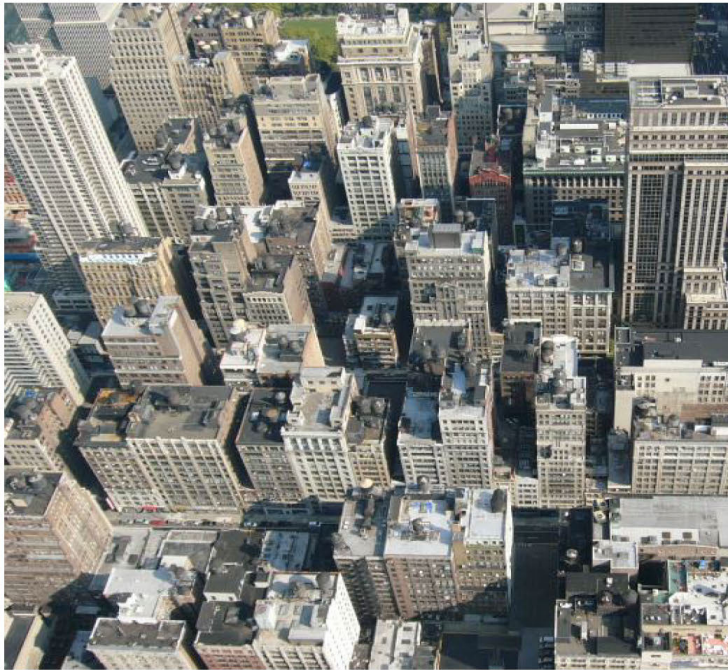
서울 열대야 발생 역대 2위...\*관북절까지 매일 잠 못 이루는 밤\*

가사일보 2016/08/07 07:12 송고





## 물 문제의 원인



기후변화 대응 및 왜곡된 물순환 회복시킬 수 있는 물관리 방안 필요

## 서울대 빗물 관리시설의 설계 및 효과분석



# 1. 빗물이용시설

## 용량결정

### 1) 저류조 규모 산정 (간이 산정법)

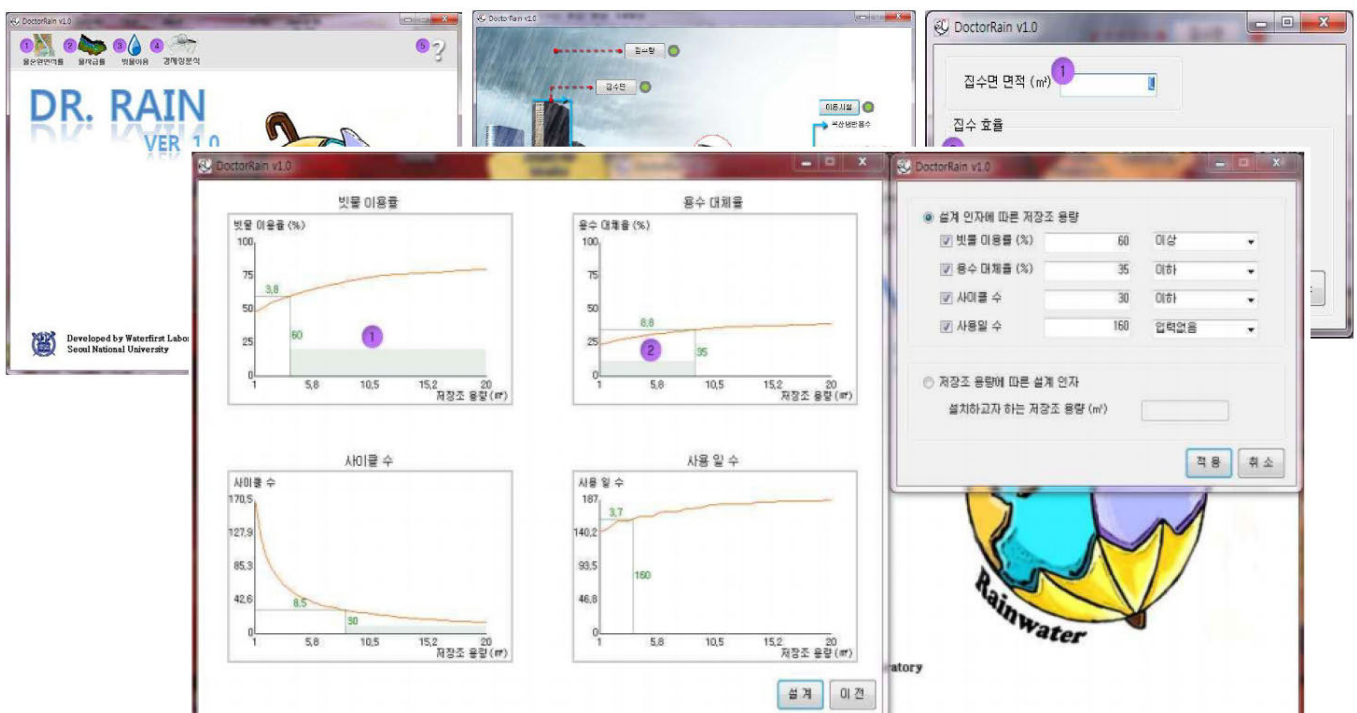
구분	규모 산정 기준
수도법 시행규칙	지붕면적(m <sup>2</sup> )×0.05m 이상
서울시 조례	건축면적(m <sup>2</sup> )×0.05m, 대지면적(m <sup>2</sup> )×0.02m, 기타 집수가능면적(m <sup>2</sup> )×0.01m

### 2) 시설규모 산정 (복합산정법) : 실제적인 운영 환경을 효과적으로 추정하기 위해 사용되는 방법



# 1. 빗물이용시설

## 용량결정: Dr. Rain

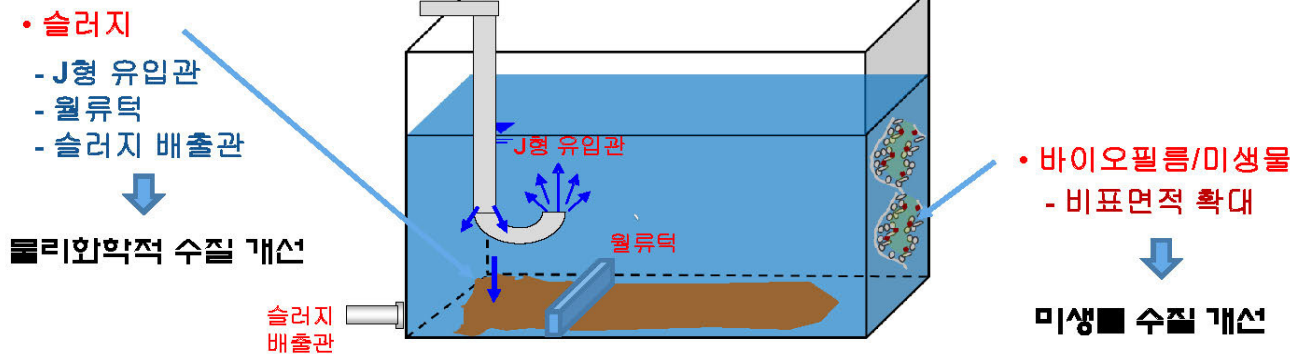




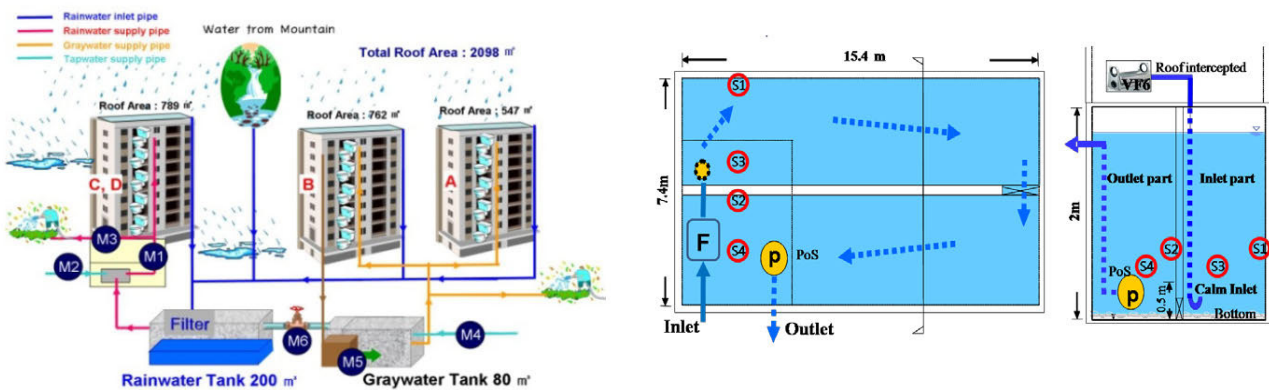
# 1. 빗물이용시설

## 빗물수질 영향인자

- 집수면 오염물 유입 → 집수면 관리 여부가 수질에 영향
- 저장조 설계 및 재질 → 개선 가능



# 1. 빗물이용시설 : 서울대 기숙사

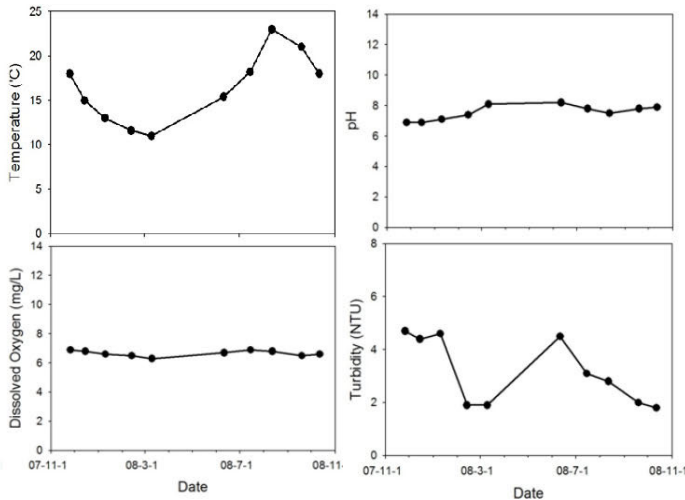


저장조 재질	저장용량	집수면 (면적)	준공일	빗물사용처
콘크리트	200 m³	지붕면 (2,828 m²)	2003.11	화장실 용수 (기숙사 내)



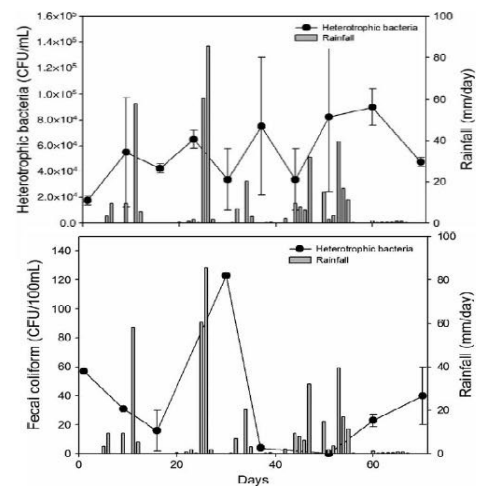
# 1. 빗물이용시설 : 서울대 기숙사

## 수질 특성



### 물리화학적 특성

pH: 6~8  
수온: 10~22 °C, 연중 낮은 수온  
탁도: 1.9~4.5 NTU, 저장 중 낮아짐



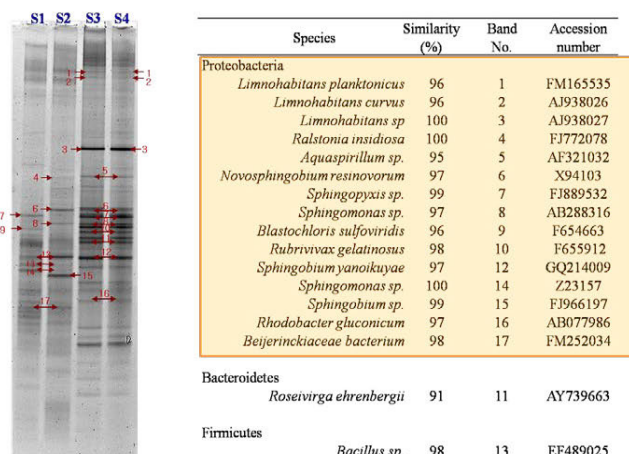
### 미생물 특성

총세균:  $5.1 \times 10^4 \pm 2.3 \times 10^4$  CFU/ml  
분원성 대장균군:  $33 \pm 44.7$  CFU/100ml  
강수량 및 건기에 따라 높은 변동성

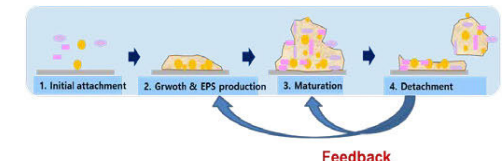
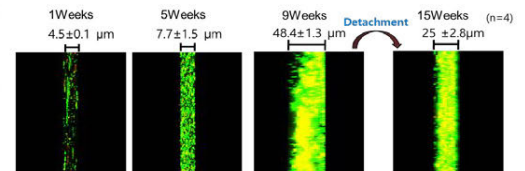
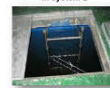
출처: Mikyeong Kim, Juliette Ravault, Mooyoung Han and Kiyoung Kim (2012). Impact of the surface characteristics of rainwater tank material on biofilm development, Water Science & Technology

# 1. 빗물이용시설 : 서울대 기숙사

## 미생물 군집/바이오필름



88%



### 미생물 군집 특성

담수, 토양 등 자연수계 내 서식 미생물  
Proteobacteria 88% → 빈영양 조건 반영

### 미생물 특성

저장조내 바이오필름: 부착-성장-탈착  
바이오필름은 빈영양조건 미생물의 생존전략,  
유입 오염물질 제거하는 자연필터 역할 가능

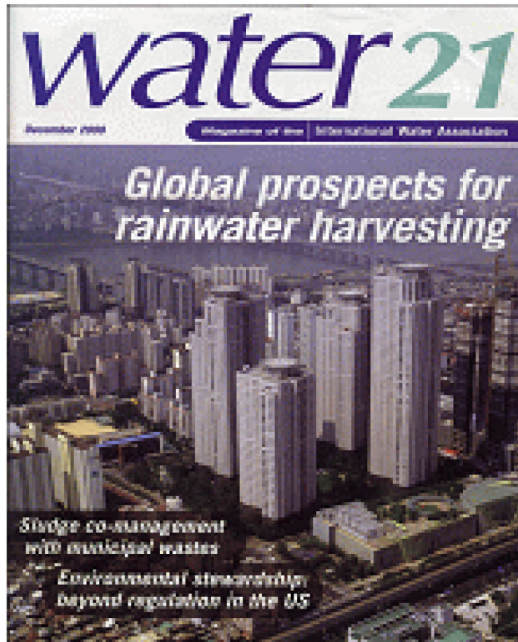
출처: Mikyeong Kim, Mooyoung Han (2011). Composition and distribution of bacteria in an operating rainwater harvesting tank, Water Science & Technology

출처: Mikyeong Kim, Mooyoung Han (2014). Characteristics of biofilm development in an operating rainwater storage tank, Environmental Earth Science



# 1. 빗물이용시설 : 스타시티

Cover Story of Water 21  
(12. 2008. IWA)



# 1. 빗물이용시설 : 스타시티



Everybody is happy

서울특별시 광진구 자양동

총 면적 : 62,505.2M2  
건물면적 : 16,867.729M2

위치 : B동 지하3층 하부

For  
Flood  
Control

For  
Water  
Saving

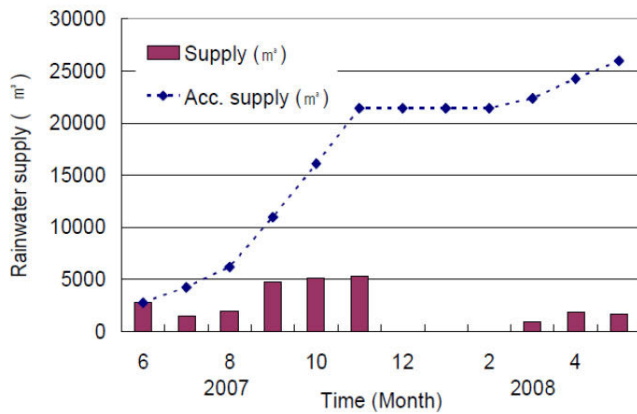
For  
Emergency





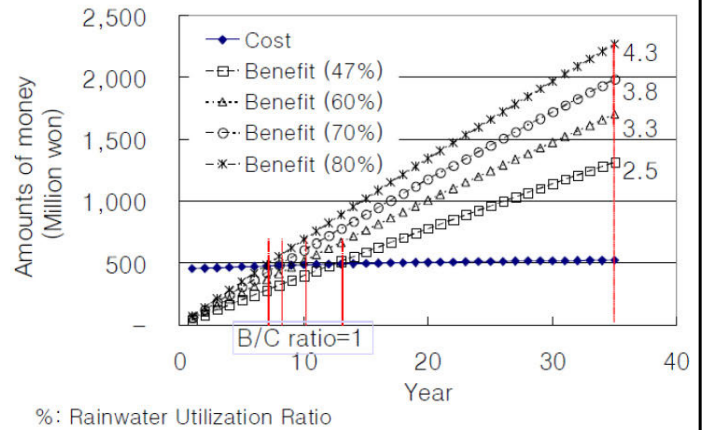
# 1. 빗물이용시설 : 스타시티

## 수량



단지 내 내린 빗물 47% (26,000톤/년) 이용.  
조경용수, 청소용수, 공동화장실용수

## 경제성 분석

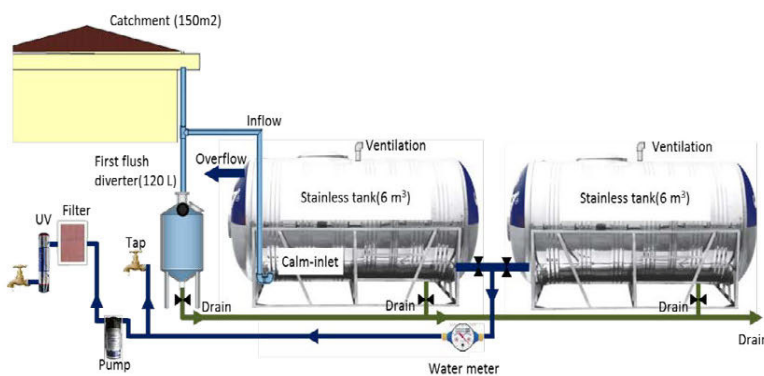


회수기간 13년, BC ratio 2.5

빗물이용률(빗물공급량) 증가시 경제성 향상

출처: 문정수,한무영 (2009). S 주상복합단지 빗물이용시설의 경제성 평가, 대한건축학회지

# 1. 빗물이용시설: 베트남 꾸케 초등학교 (음용수)



저장조 재질	저장조 용량	집수면 (면적)	중공일	용도
스테인레스	5 m³x 2=10 m³	지붕면 (100 m²)	2014.9	음용수 (학생: 270명, 교직원: 30명)



# 1. 빗물이용시설: 베트남 꾸케 초등학교 (음용수)

Variables	Units	VDWS	Raw water		Treated water	
			Range	Average	Jan. 2015	Oct. 2015
pH	-	6.5-8.5	6.3 – 7.9	7.48	7.24	6.36
TDS	mg/L	1000	26 – 53.8	44.7	47.6	23
Turbidity	NTU	2	0.05 – 1.2	0.69	0.6	0.6
Hardness	mgCaCO <sub>3</sub> /l	300	5-22	13.2	<10	13
Nitrite	mg/l	3	0.22-2.31	1	0.11	0.006
Nitrate	mg/l	50	0.25-4.1	1.6	2.0	1.3
Ammoniac	mg/l	3	0.09-0.86	0.45	0.03	<0.2
Sulfate	mg/l	250	<1	<1	<1	1
Hydrogen sulfide	mg/l	0.05	0.025-0.035	0.032	0.035	0.03
Chloride	mg/l	300	0.05-0.2	0.15	<0.1	<0.1
Total Arsenic	mg/l	0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Total Iron	mg/l	0.3	0.025-0.084	0.046	0.05	0.05
Cadmium	mg/l	0.003	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Nickel	mg/l	0.02	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Total Chromium	mg/l	0.05	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Total Manganese	mg/l	0.3	<0.035	<0.035	<0.035	<0.035
Total Mercury	mg/l	0.001	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Selenium	mg/l	0.01	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Lead	mg/l	0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Zinc	mg/l	3	0.046-0.05	0.05	0.01	0.01
Al	mg/l	0.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Total Coliform	Bacterial /100ml	0	0-78,000	18,066	0	0
E.coli	Bacterial /100ml	0	0-3200	640	0	0

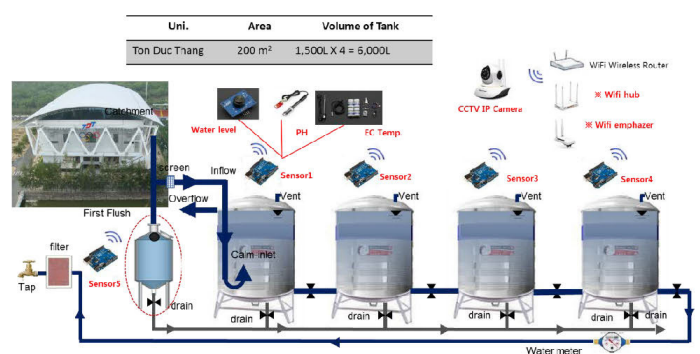
출처: Yonghwan Kim, Anh Dzong Dao, Mikyeong Kim, Viet-Anh Nguyen, Mooyoung Han (2016) Design and management of rainwater harvesting systems to control water quality for potable purposes in Cu Khe, Vietnam, Water Science & Technology: Water Supply

# 1. 빗물이용시설: WASAT 센터

닌빈 지역: 사찰



호치민: 통덕탕 대학교



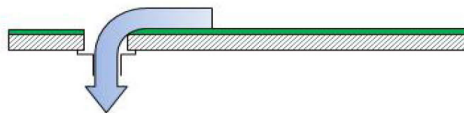


## 2. 옥상녹화

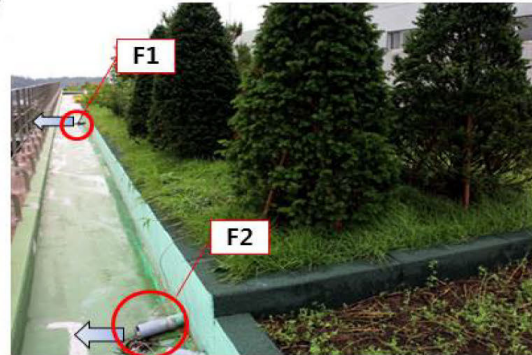
### 오목형 옥상녹화의 유출제어효과



면적: 140 m<sup>2</sup>

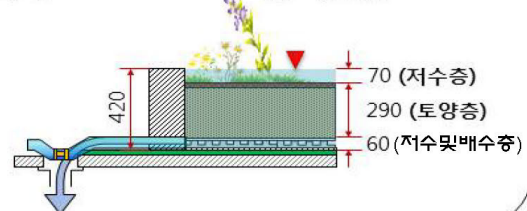


일반옥상



면적: 140 m<sup>2</sup>

총저류량: 50 ton

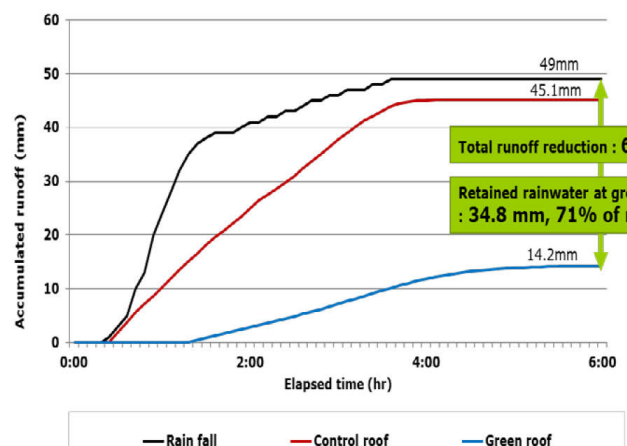
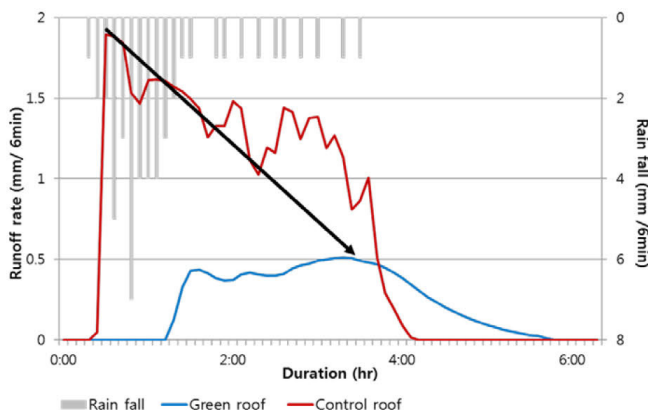


녹화옥상 (서울대 35동)

19

## 2. 옥상녹화 - 천천히, 조금 내려가는 빗물

8월 23일, 2013년  
강우량 : 49mm  
강우기간 : 3.5 hours  
무강우일수 : 3 days



첨두유출량: 73% 저감  
첨두유출 지연시간: 3 시간  
유출시작: 일반-강우직후, 옥상녹화-강우50분  
유출종료: 일반-3.5시간(92%), 옥상녹화-5.5시간(29%)

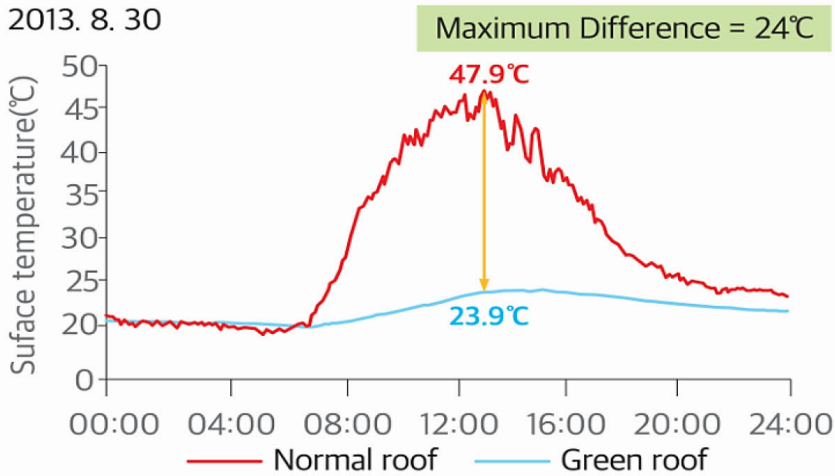
총누적유출량: 45.1mm(일반) 14.2mm(옥상녹화)  
옥상녹화 내 저류빗물: 34.9mm(71%, 4.9톤)

20



## 2. 옥상녹화 - 보온을 해주는 옥상

2013. 8. 30



일반 옥상과 옥상녹화의  
표면 온도차이 발생 확인

## 2. 옥상녹화 - 보온을 해주는 옥상

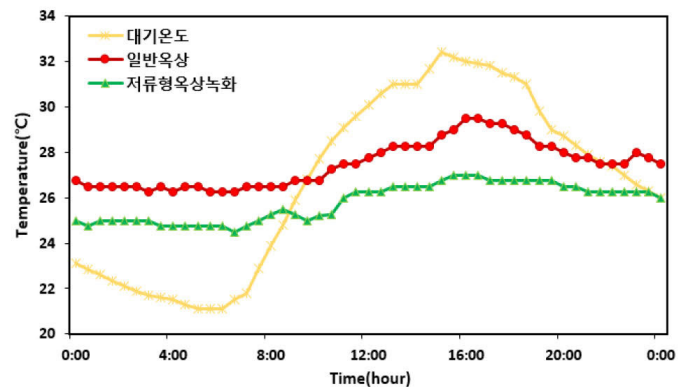


서울시 H고등학교 최고층 천장 온도측정  
A: 일반옥상 아래층, B: 저류형옥상녹화 아래층



6층 천장에 온도 센서 부착

H 고등학교 실측 Data (7/19)

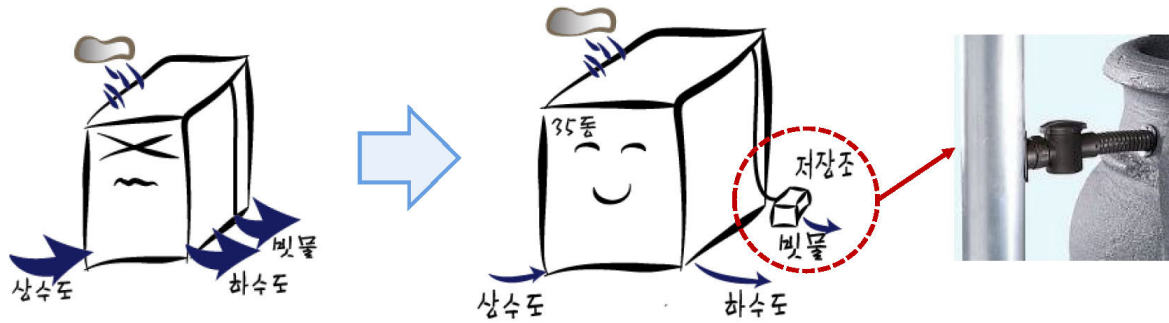


- 저류형 옥상녹화의 실내온도는 일반옥상보다 낮고, 변화가 작음 (최대 2.5°C 차이를 보임)
- 옥상녹화 설치 시 건축물 실내 온도 저감 가능 / 여름철에 냉방 에너지 저감 효과



### 3. 빗물저금통

#### ◆ 빗물 저금통 설치효과



#### ◆ 설치 결과

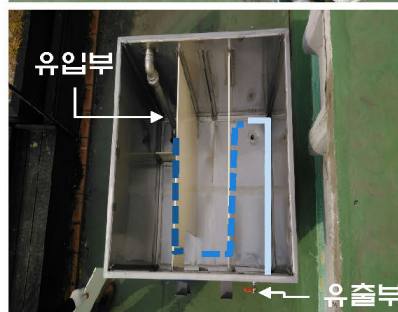


#### ➤ 사용가능량 계산

구분	용량	사용 가능량
저금통 1	260 리터	5.2 m <sup>3</sup> /yr
저금통 2	300 리터	6.0 m <sup>3</sup> /yr

협찬 : YEKUN, (주)예건

### 3. 빗물저금통



#### ➤ 수질모니터링

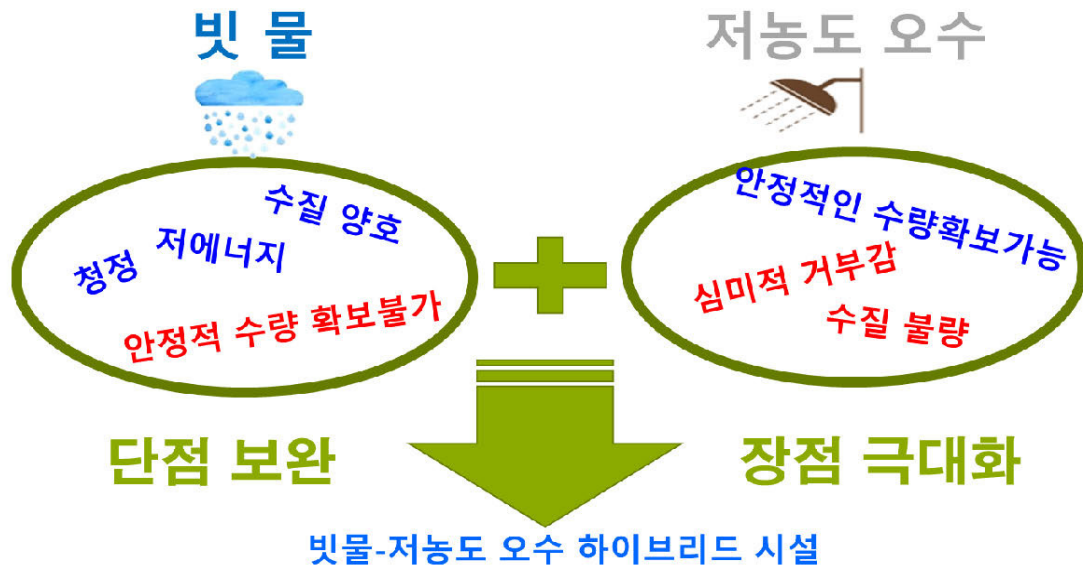
	유입부		유출부	
	평균	범위	평균	범위
pH	5.9	4.3~6.6	6.7	6.3~7.4
BOD (mg/L)	6.4	0.5~14.8	1.8	0.3~3.0
SS (mg/L)	16.8	3.0~40.0	2.3	1.0~3.0
탁도 (NTU)	33.7	0.7~85.4	2.2	0.7~3.6
총 질소 (mg/L)	2.96	1.50~4.23	3.20	1.50~4.21
총 인 (mg/L)	0.10	0.05~0.17	0.09	0.04~0.16

Designed by SNU



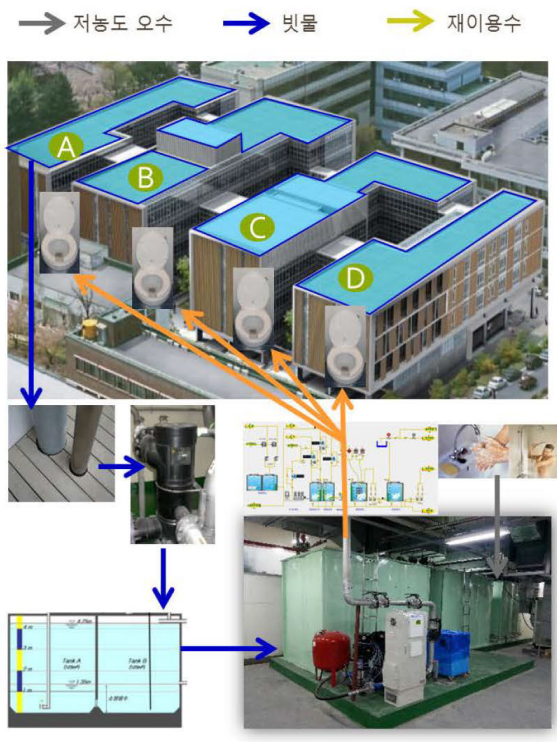
## 4. 빗물-중수 hybrid

### 빗물-저농도 오수 하이브리드 시설이란?



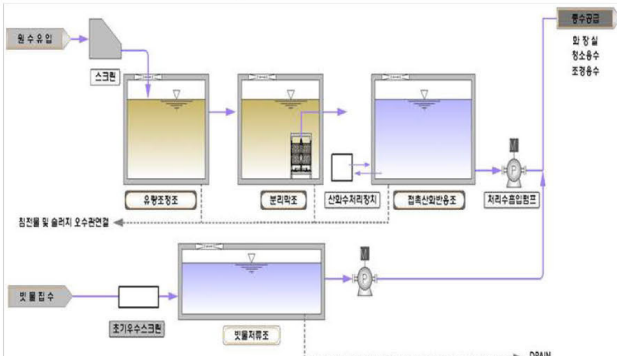
- 개별 기술의 상호 단점 보완 → 심미적 거부감 제거, 안정적인 수량 확보
- 저비용, 저에너지 재이용 기술 → 원수와 사용처를 고려한 최적 설계

## 4. 빗물-중수 hybrid



### ◆ 서울대학교 39동

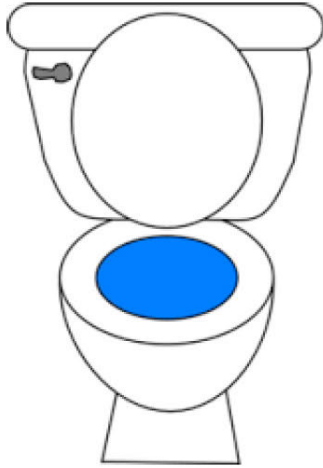
건물 현황		
완공일		2014년 11월
설계용량		30 m <sup>3</sup> /day
빗물저장조		250 ton (D동 지하 2층)
집수면적		3,652 m <sup>2</sup>
사용인원		약 1,000 명(D동 300명)
화장실	대변기	82 개
	소변기	52 개
세면대		52 개
샤워기		9개





## 4. 빗물-중수 hybrid

### 운영결과-수질



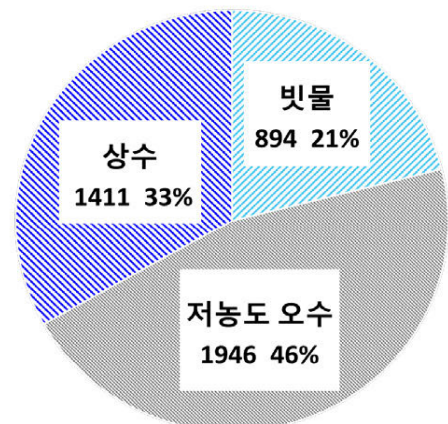
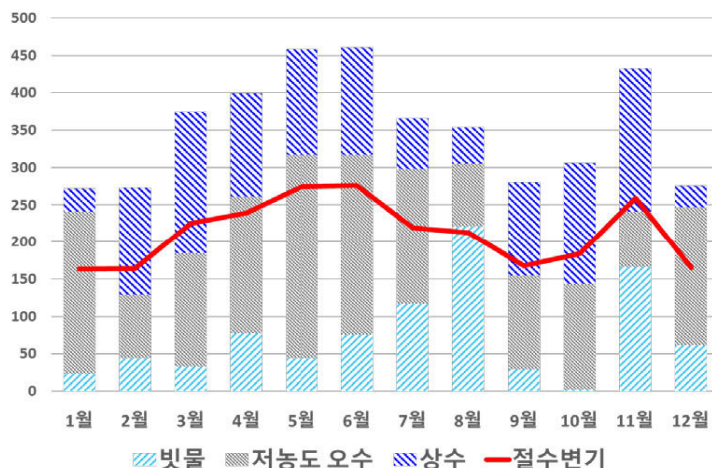
수질 항목	원수 수질	법적 수질기준	재이용수 수질
총대장균군수	5,400 개/100mL	불검출	불검출
결합잔류염소	불검출	0.2 mg/L 이상	0.25 mg/L
탁도	43.60 NTU	2 NTU 이하	0.14
BOD	42.5 mg/L	5 mg/L 이하	1.4
냄새	악취 약간	불쾌하지 않을 것	없음
색도	10	20도 이하	1
수소이온농도	6.2	5.8 ~ 8.5	6.7
총질소	4.3 mg/L	mg/L	4.8
총인	0.307 mg/L	mg/L	0.48
부유물질	33.0 mg/L	mg/L	4.0
염화물	26.8 mgCl/L	mgCl/L	24.9

중수도 수질기준(도시재이용수) 만족

27

## 4. 빗물-중수 hybrid

### 운영결과-수량



-화장실 세척용수 4,251톤 사용

-빗물(894톤, 21%), 저농도 오수(1,946톤, 46%), 상수(1,411톤, 33%) 사용

-상수 대체 사용량 : 2,840톤, 68%

-절수변기 교체시 빗물, 저농도 오수로 100% 자급가능

28



## 4. 빗물-중수 hybrid

### 운영결과-경제성

	변기 세척용수		경제성 분석		
	년간 사용량	물자급율(%)	수도요금	유지비	이익
설치 전	상 수 4,251톤	0	850만원/년	0원	0원
(1)설치 후	빗 물 894톤    저농도 오수 1,946톤    상 수 1,411톤	67	280만원/년	120만원/년	450만원/년
(2)절수변기 교체	빗 물 800-1,000톤    저농도 오수 800-1,000톤	100	0원	50만원/년	800만원/년

### <비용편익분석>

총비용(천원)		총 편익(천원)		회수기간(년)	B/C ratio
설치비	유지비	사적 편익	사회적 편익		
148,100	54,900	136,623	88,605	11.6	1.11
203,000		225,229			

출처: 심인태, 박현주, 김충일, 정성운, 한무영, 남궁은(2016). 빗물-저농도 오수 하이브리드 시스템의 설계 및 운전평가: 서울대 39동, 대한환경공학회지. 29

## 5. 절수기기 -서울대 35동

<기존변기>



로탱크  
16대



플러쉬밸브  
19대

		변기 용수사용량, m <sup>3</sup>
4F	M1	6.48 (438)
	M2	6.48 (438)
	F1	9.90 (884)
	F2	11.49 (1042)
		* ( ) 안은 카운터 횟수

측정기간

2013. 09. 01~10. 01

12.26 리터

1회 당 용수사용량



<초절수변기>



로탱크  
16대



플러쉬밸브  
19대

		변기 용수사용량, m <sup>3</sup>
5F	M1	0.87
	M2	0.46
	M3	13.72 (184)
	M4	3.40 (678)
	F1	0.95
	F2	0.68
	F3	4.95 (967)
	F4	1.63 (339)
4F	M3	2.47
	F3	2.08
	F4	1.55
		* ( ) 안은 카운터 횟수

측정기간

2016. 01. 11~02. 07

5.03 리터

1회 당 용수사용량

1회당 용수사용량 =  
Σ 용수 사용량  
Σ 카운터 횟수



## 5. 절수기기

	35동 건물 (실측)	서울대 전체(예측)
변기 개수	35 개	8,176개
절수효과	2,182 $m^3$ /년	378,237 $m^3$ /년
절수 이익금	4,400 천원/년	750,000 천원/년
초기투자비용	10,500 천원	2,452,800 천원
회수 년도	2.4 년	3.2 년
에너지 저감량	3,251 $kWh$ /년	563,573 $kWh$ /년
$kgCO_2$ 저감량	1,378 $kgCO_2$ /월	238,955 $kgCO_2$ /월

더 많은 단지, 도시로 확대된다면?

(\* 고리 1호기 발전량: 4,387,606 Mwh/2015년<sup>1</sup>, 0.01%)

출처: 한무영, 남궁은, 원유식, 박현주, 김미경, 김용인, 김상래 (2017), 서울대학교 내 조절수변기 교체에 따른 절수효과 및 편익분석, 한국수처리학회지

31

## 결론 및 시사점



## 결론 및 시사점

1. 도시 물순환 회복을 위하여 새로운 패러다임의 물관리가 필요하며 서울대에 적용된 다양한 빗물관리시설의 적용 및 운영사례를 소개함.
2. 적절하게 설계된 빗물이용시설은 수질/수량적 측면에서 안정적이며, 중수-빗물 hybrid 시설로 물재이용을 확대해 나갈 수 있음.
3. 빗물관리형 옥상녹화는 유출저감 뿐 아니라 건축물 시내외 열환경개선에 효과 있으며, 절수변기 등 물 절약 시설은 수자원 보호 뿐 아니라 에너지 절약 등 환경에 미치는 파급효과가 큼
4. 다양한 빗물관리시설이 소개되고 있으나 효과검증이 부족하여 다양하게 적용할 수 없음. 기술개발-적용-모니터링-효과분석 등 체계적 기술개발 투자 필요
5. 개별적 시설의 설치가 궁극적으로 물순환 회복에 어떠한 효과를 미쳤는지 물순환 관리 지표의 개발, 이에 따른 통합적·효과적 관리 필요
6. 다양한 시민참여 유도 프로그램 필요.
  - 공공기관의 빗물 구매, 학교시설 중심으로 설치 및 교육프로그램 연계, 효과 검증을 통한 시민홍보, 지역별 빗물관리 할당제, 빗물거래제 등

33



감사합니다.





# 기후변화에 대응하는 도시물관리: 물순환 도시의 국내외 사례와 조성방법

한국먹는물안전연구원  
박사 권 경 호



기후 변화에 대응하는 도시물관리

# : 물순환 도시의 국내외 사례와 조성방법

권경호 박사  
도시물순환연구센터



1

## 목차

1. 물순환 도시 해외 사례
2. 국내 물순환 도시 기본계획 수립사례

2

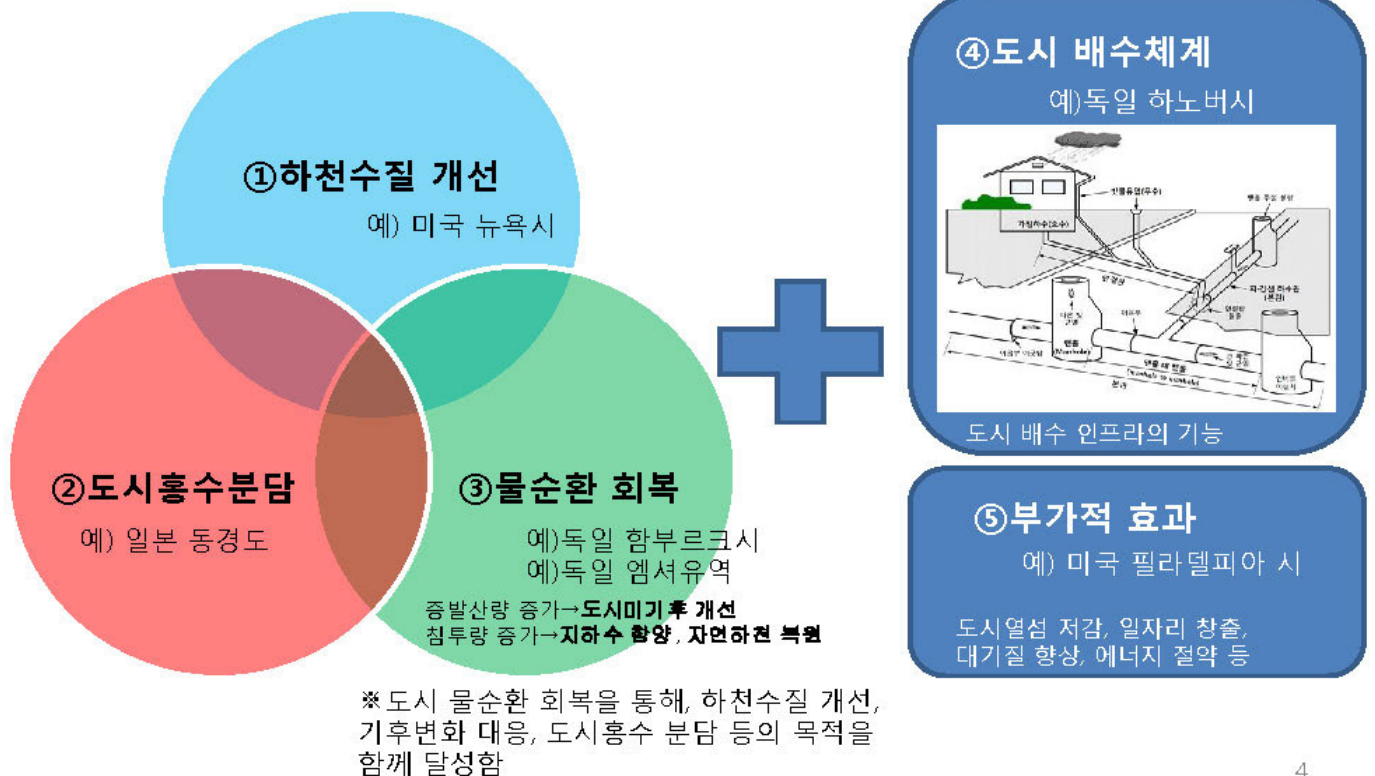


## 1. 물순환 도시 해외 사례

3

## 1. 물순환 도시 해외 사례

### 1.1 물순환 도시 조성 목적



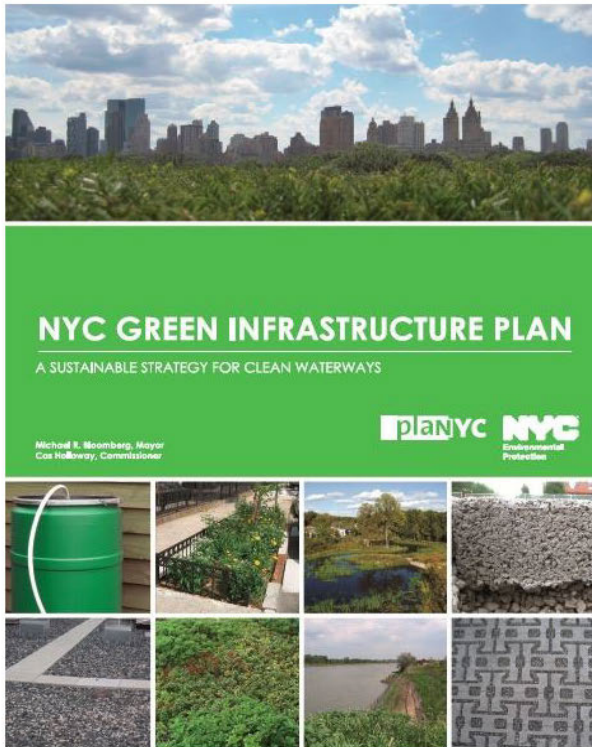
4



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.2 미국 뉴욕시

### ■ 하천수질 개선



### ■ 목표 설정

:합류식 하수관거 지역의  
불투수면적 10%에서 발생하는  
강우깊이 1인치(25.4mm)를  
저영향개발 기법(Green Infrastructure)을 통해 저감

### ■ 단계적 목표

:20년 내에 불투수면적을 10% 관리  
-2015년까지 1.5%  
-2020년까지 2.5%  
-2025년까지 3%  
-2030년까지 3%

### ■ 사업비와 기대효과

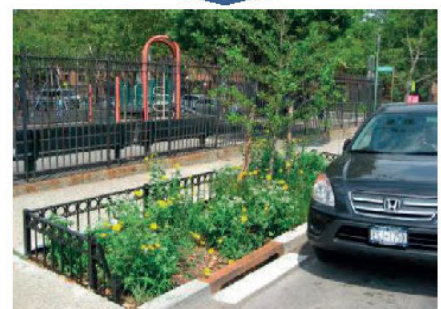
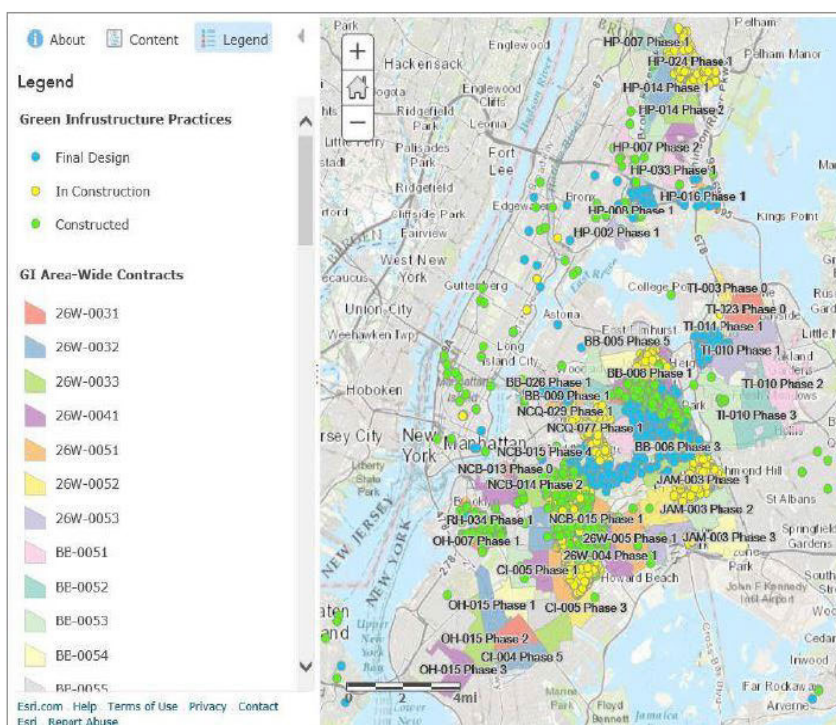
:사업비: 한화 약 1조 7천 억원  
:수질개선 및 하수도정비 비용 절감  
-68억 달러→ 53억 달러  
(▼15억 달러(1조 8천억) 절약)

5

# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.2 미국 뉴욕시

### ■ 하천수질 개선



자료 : 미국 뉴욕시 그린인프라 연차별 계획



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 일본 도쿄시

### ■ 도시홍수 분담

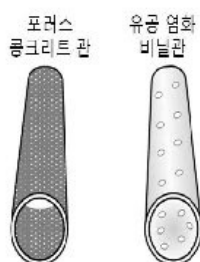
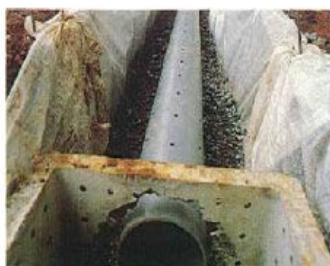
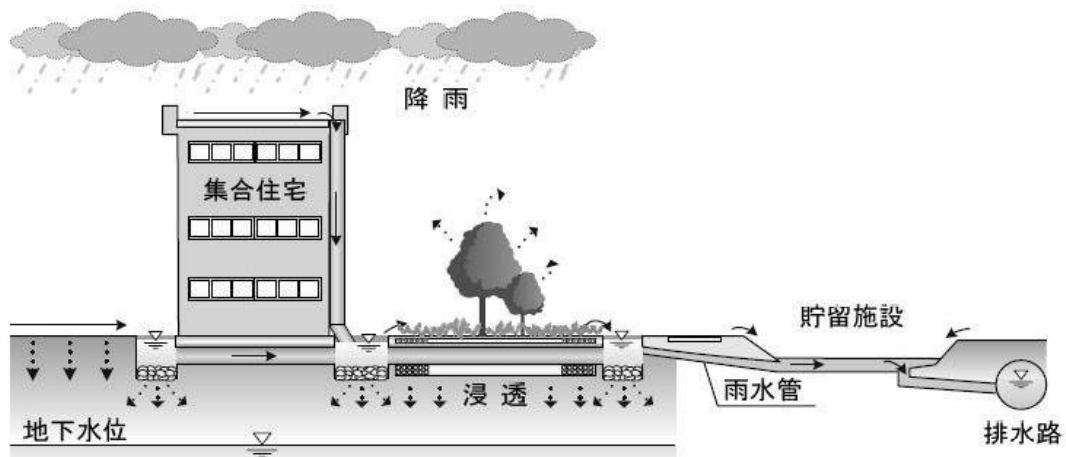


• 公共施設（公園、道路、並びに鉄道事業者及び高速道路事業者が管理する施設及び教育施設を除く）	600m <sup>3</sup> /ha
• 教育施設	1,000m <sup>3</sup> /ha
• 公園（敷地面積 1,000m <sup>2</sup> 以上）	1,000m <sup>3</sup> /ha
• 公園（敷地面積 1,000m <sup>2</sup> 未満）	600m <sup>3</sup> /ha
• 道路	500m <sup>3</sup> /ha
• 鉄道事業者又は高速道路事業者が管理する鉄道又は高速道路施設	300m <sup>3</sup> /ha
• 大規模民間施設（敷地面積 500m <sup>2</sup> 以上）	600m <sup>3</sup> /ha
• 小規模民間施設（敷地面積 500m <sup>2</sup> 未満）	300m <sup>3</sup> /ha
• 私道	300m <sup>3</sup> /ha

# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 일본 도쿄시

### ■ 도시홍수 분담



<자료 : 일본 동경도 호우대책기본방침 참조(2007, 일본 동경도)>



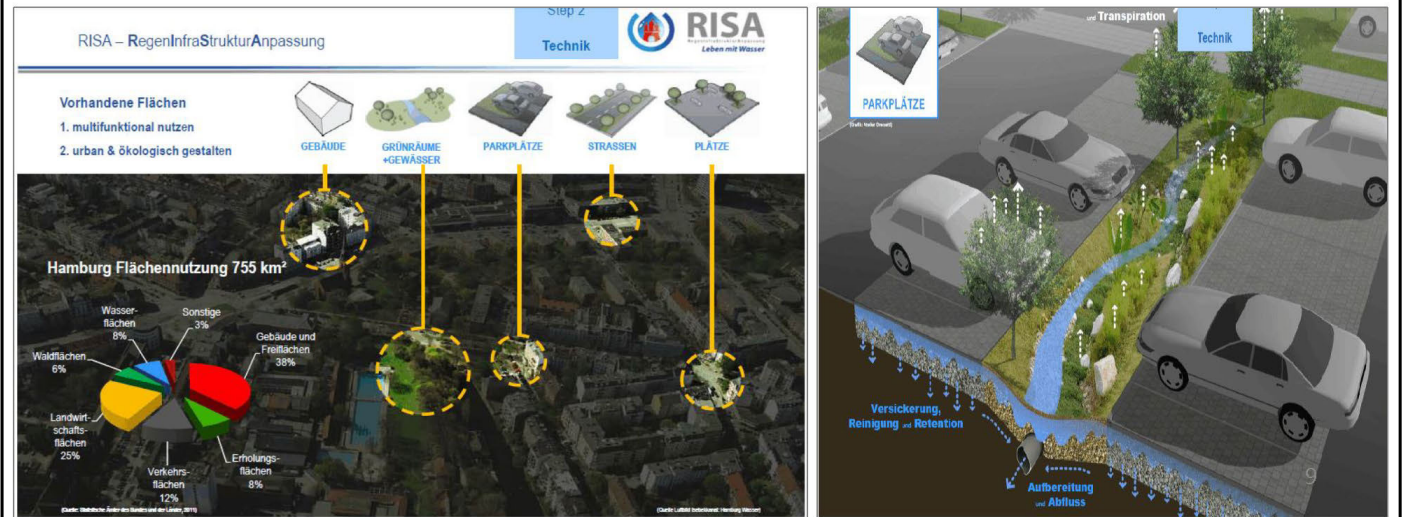
# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 독일 함부르크시

### ■ 물순환 개선

#### 독일 함부르크시 기후변화대응 물순환사업(RISA Project)

- 사업내용 : 도시내 모든 오픈스페이스 (공공건물, 도로, 주차장, 광장, 공원, 녹지 등에 물순환 시설을 적용
- 사업비 : 14Mrd. Euro (한화 약 1조 8천억원)
- 사업기간 : 2015년 - 2050년



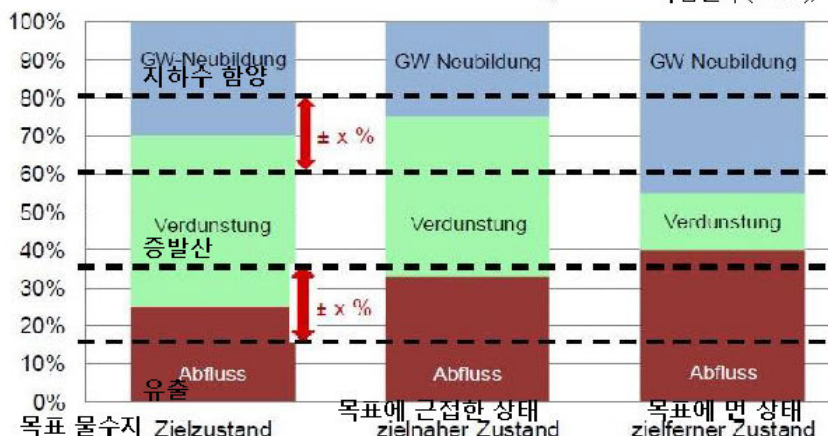
# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 독일 함부르크시

### ■ 물순환 개선

※ 도시 물순환 회복을 통해, 하천수질 개선, 기후변화 대응, 도시 홍수 분담 등의 목적을 함께 달성함

도시개발  
정책과  
연계

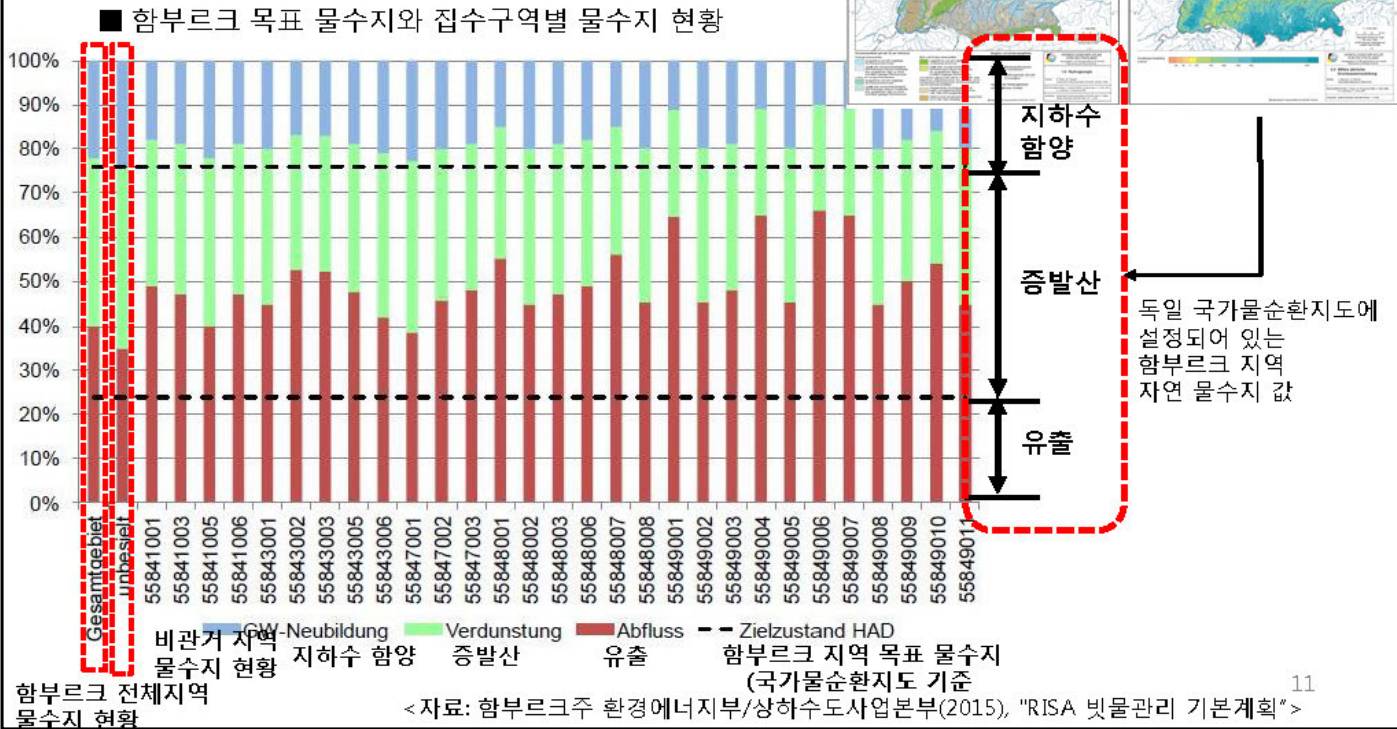


<자료: 함부르크주 환경에너지부/상하수도 사업본부(2015), "RISA 빗물관리 기본계획">



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 독일 함부르크시



11

# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 독일 함부르크시



■ 주거단지 내의 저영향개발 기법 적용가능 불투수면적 비율 분석도  
<자료: 함부르크주 환경에너지부/상하수도사업본부(2015), "RISA 빗물관리 기본계획">

12



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.3 독일 함부르크시

<자료: 함부르크주 환경에너지부/상하수도 사업본부(2015), "RISA 빗물관리 기본계획">



도로 홍수 해결을 위해 녹지 상부를 일시 저류공간으로 활용



홍수 시 가로수 하부를 저류 공간으로 활용



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.4 독일 엠서강 유역 도시연합체

### ■ 물순환 개선

#### ▶ 개요:

- 1)엠서강 유역: 면적: 865 km<sup>2</sup>
- 2)협약체결 일시: 2005년 10월 31일
- 3)협약체결 주체:  
주정부 환경부장관, 엠서강 유역 17개 자치단체장, 엠서강 유역 물관리협회장
- 4)사업기간: 15년(2005-2020)



2005년 협약식

#### ▶ 목적:

- 엠서강 유역 물순환 건전화(건기시 최소유량 확보)
- 지류에서의 홍수량 저감
- 하천 수질개선 소요비용 절감.

#### ▶ 목표:

15년 내에(~2020년) 하수관거로 유입되는 불투수면적의 15%를 빗물관리 시설에 연계



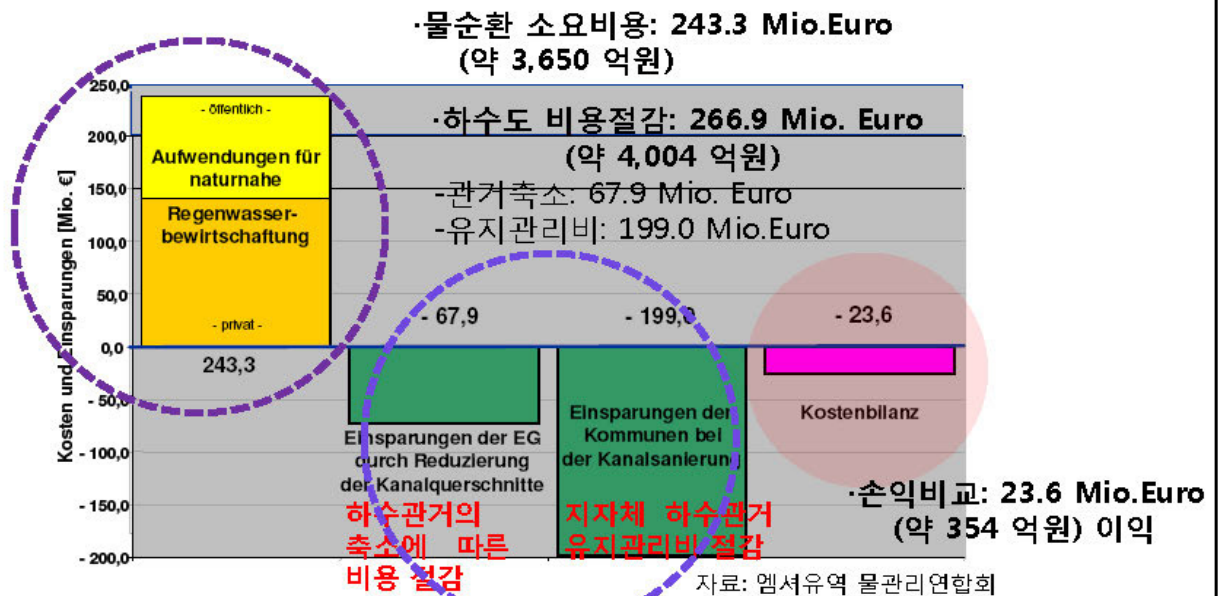
# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.4 독일 엠셔강 유역 도시연합체



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.4 독일 엠셔강 유역 도시연합체



엠셔유역(865km<sup>2</sup>)의 불투수면 15%를 분산형 빗물관리 시설 연계에  
소요된 비용과 하수도 비용절감 비교

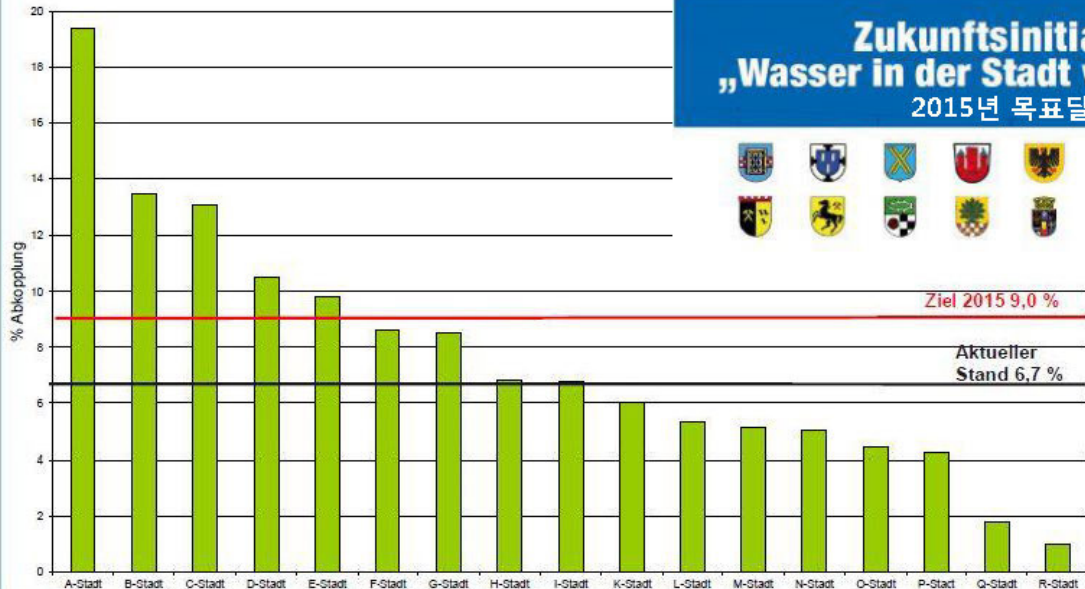
→ 약 354억원 이익



# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.4 독일 엠셔강 유역 도시연합체

17개 도시별 목표달성률(2015년 현재)  
**Zukunftsvereinbarung Regenwasser**  
 Abkopplungsgrad je Kommune (Stand 12/2015)



**Zukunftsinitiative**  
**„Wasser in der Stadt von morgen“**  
 2015년 목표달성 점검 회의



2015년 목표량  
 2015년 달성현황

17

# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.5 독일 하노버 크론스베르크

### ■ 도시 배수체계 전환

### 시공과정



- 2000년 엑스포에 맞추어 준공
  - 150만 m<sup>2</sup> 농경지를 주거단지로 개발
- (자료: 하노버시 내부 보고서)



18



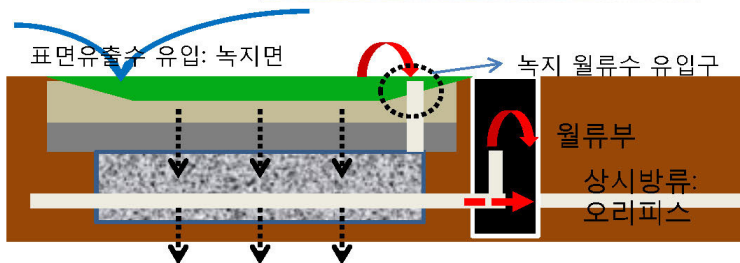
# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.5 독일 하노버 크론스베르크

### ■ 도시 배수체계 전환

#### ▶ 우수관거를 대체하는 도시기반시설

- 단지 전체의 배수체계를 우수관거가 아닌 생태저류형 배수로로 구축(총 연장 5.5km)



(사진: 권경호)  
19

# 1. 물순환 도시 해외 사례

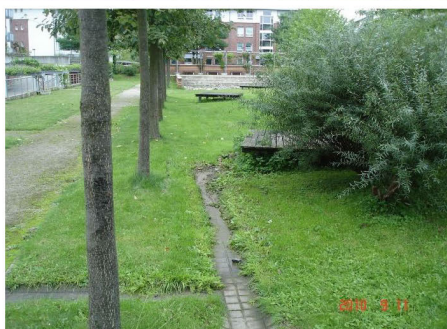
## 1.5 독일 하노버 크론스베르크

### ■ 도시 배수체계 전환



-건물 옥상과 보도 등에서 내린 빗물을 중정에 위치한 빗물정원(Rain Garden)에 모아서 저류 후 침투.

-어린이 놀이공간으로 활용



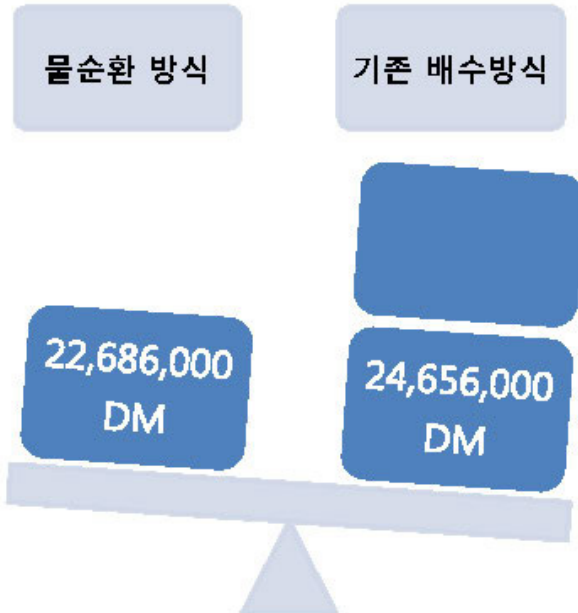


# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.5 독일 하노버 크론스베르크

### ■ 도시 배수체계 전환

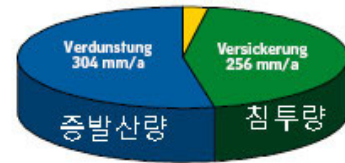
#### ▶ 단지 배수시설 비용



#### ▶ 물수지 변화

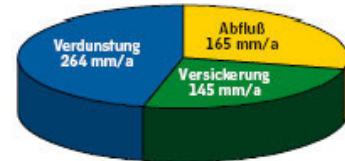
Zustand 1994

1994년 개발 전



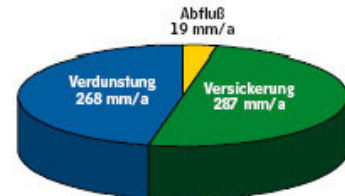
기존 배수방식

Variante Standardregenwasserkanal



2000년 개발 후 (생태저류형)

Variante Mulden-Rigolen-System

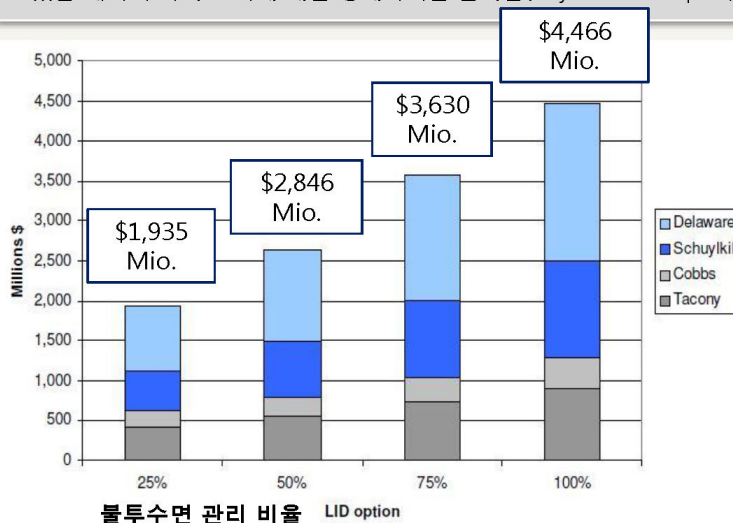


# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.6 미국 필라델피아

### ■ 부가적 효과

- 필라델피아 시 합류식 하수관거 지역(4개 소유역)에서 저영향개발 기법을 **전체 불투수면적의 25%, 50%, 75%, 100%** 적용했을 때의 부가적 효과에 대한 경제가치를 분석함(City of Philadelphia)



<필라델피아시 4개 소유역(164 km<sup>2</sup>)>

#### • 부가적 효과의 종류

- 여가 활동 기회 향상
- 도시미관 개선에 의한 부동산 가치 향상
- 열섬효과로 인한 스트레스 및 사망률 감소
- 수질 및 수생태계 향상
- 습지 기능 공급
- "녹색 일자리"창출로 인한 사회적 비용 감소
- 수목에 의한 대기질 향상
- 에너지 절감
- SO<sub>2</sub>와 NO<sub>x</sub> 배출 감소
- 이산화탄소 배출로 인한 피해 감소
- 건설 및 유지보수 활동에 따른 통행차단 등의 비용

• 참고자료) A Triple Bottom Line Assessment of Traditional and Green Infrastructure Options for Controlling CSO Events in Philadelphia's Watersheds, Stratus Consulting Inc.(2009)

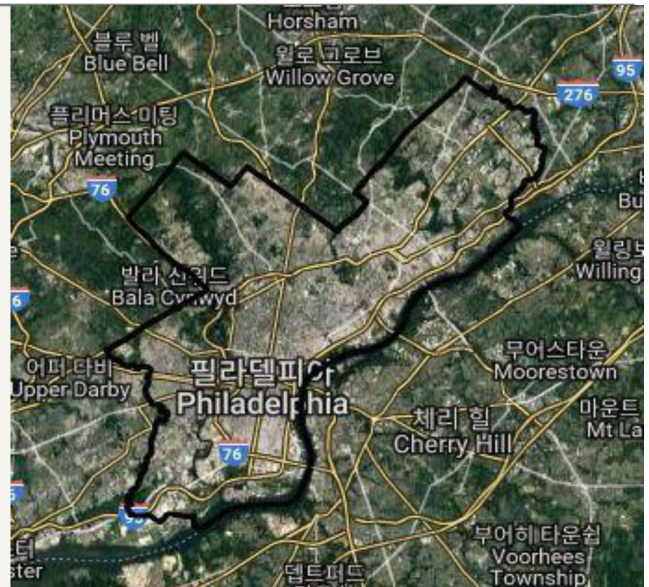


# 1. 물순환 도시 해외 사례

## 1.6 미국 필라델피아

• LID 설치에 따른 부가적 효과 경제 가치 추정

부가적 효과 항목	LID 50% 적용
여가 활동 기회 향상	\$524.50
도시미관 개선에 의한 부동산 가치 향상	\$574.70
열섬효과로 인한 스트레스 및 사망률 감소	\$1,057.60
수질 및 수생태계 향상	\$336.40
습지 기능 공급	\$1.60
"녹색 일자리"창출로 인한 사회적 비용 감소	\$124.90
수목에 의한 대기질 향상	\$131.00
에너지 절감	\$33.70
SO <sub>2</sub> 와 NO <sub>x</sub> 배출 감소	\$46.30
이산화탄소 배출로 인한 피해 감소	\$21.20
건설 및 유지보수 활동에 따른 통행차단 등의 비용	\$5.60
총 합계	\$2,846.40 Mio. USD



미국에서 5번째로 큰 도시  
인구: 약156만, 면적 367 km<sup>2</sup>

• 참고자료) A Triple Bottom Line Assessment of Traditional and Green Infrastructure Options for Controlling CSO Events in Philadelphia's Watersheds, Stratus Consulting Inc.(2009)

## 2. 국내 물순환 도시 기본계획 수립사례- 경상북도 안동시



# 목차

## 안동시 물순환 기본계획

### I 과업의 개요

### II 기본계획 수립

제1장. 기초자료 DB구축 및 분석

제2장. 물순환 상태평가

제3장. 물순환 목표설정 및 우선관리지역

제4장. 물순환 개선 조례 및 시행효과 분석

제5장. 재정계획 및 부서간 협업

제6장. 교육 및 홍보

제7장. 모니터링 계획

### III 물순환 통합관리시스템



물순환도시  
안동

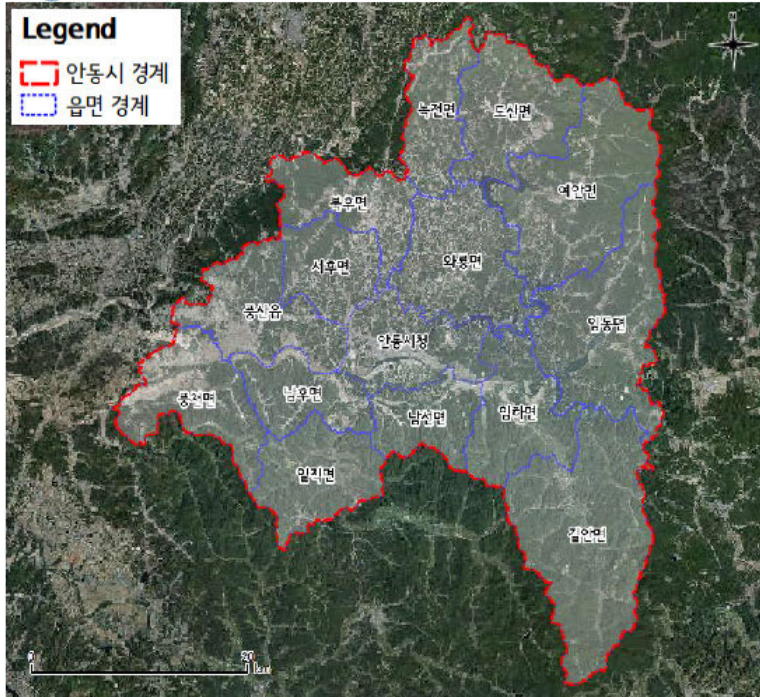
### I 과업의 개요



# I. 과업의 개요

## 제1장. 과업의 범위

### 과업 대상지역



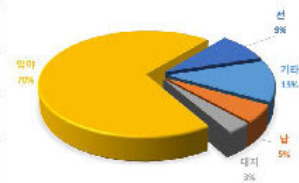
### 안동시 현황 (2015년 기준)

구분	내용	비고
면적(㎡)	1528.49	
인구(인)	170,591명 (73,108세대)	
읍면동현황	1읍13면42동	
하천현황	국가하천 : 2개소 지방하천 : 32개소 소하천 : 108 개소	
도로현황	총연장 : 8412.72km 고속도로 : 66.11km 일반국도 : 81.45km 지방도 : 8264.72km	
연강수량	1,085 mm	

자료 : 2015년 통계연보)

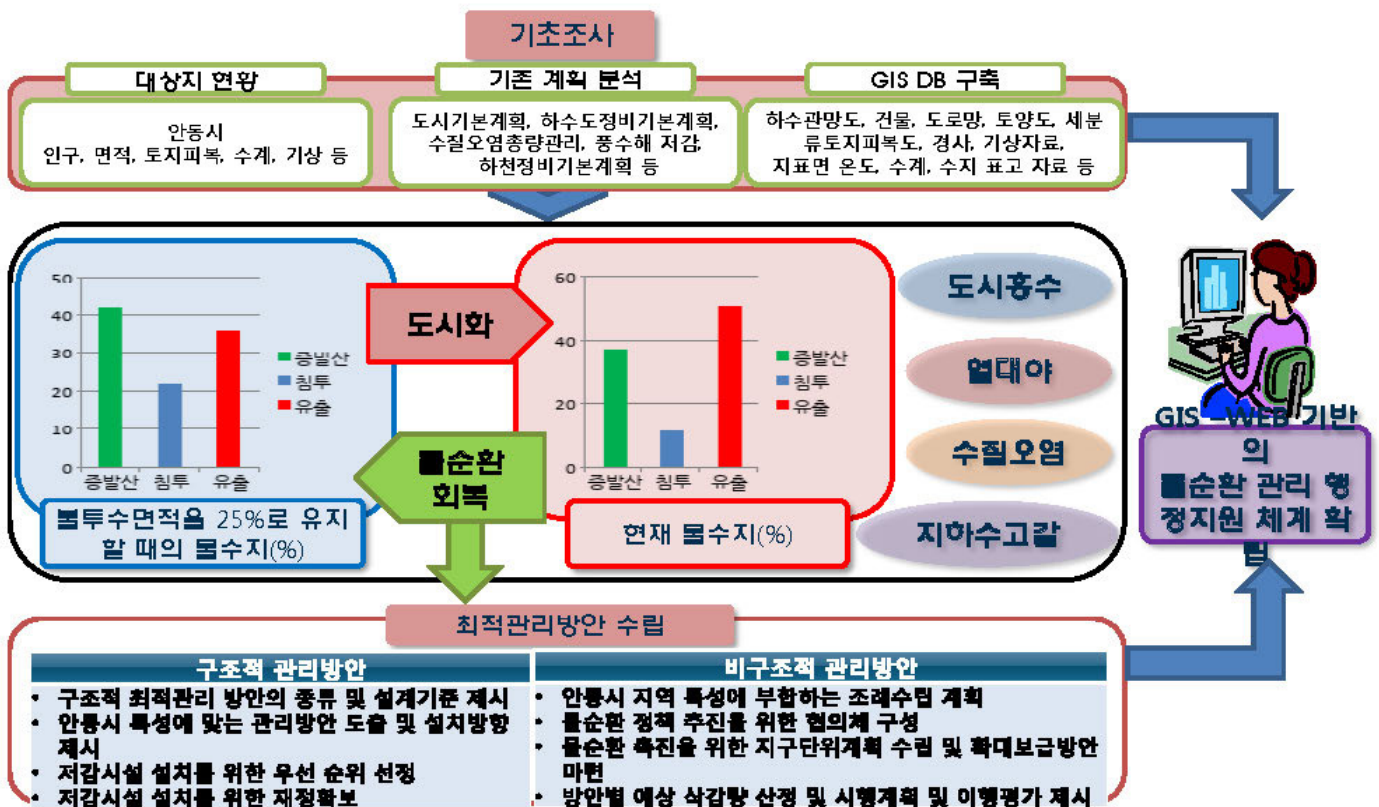
### 토지피복 현황

구분	면적(㎡)	면적비
대지	49.86	3%
임야	1067.80	70%
답	79.83	5%
전	138.96	9%
기타	192.05	13%
계	1528.49	100%



# I. 과업의 개요

## 제2장. 과업수행 절차





# I. 과업의 개요

## 제2장. 물순환 상태평가 및 목표설정을 위한 평가지표 및 평가기준

### 평가지표

❖ 물순환 도시 건전성 평가에 관한 국내외 기존 연구사례를 바탕으로 평가지표를 선정함

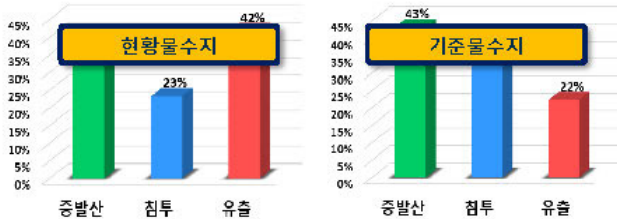
$$\text{물순환 회복율(\%)} = (1 - \text{물순환 변화율}) \times 100$$

$$\text{물순환 변화율(\%)} =$$

$$\left( \frac{\text{증발산량}_{\text{기준}} - \text{증발산량}_{\text{현황}}}{\text{증발산량}_{\text{기준}}} + \frac{\text{침투량}_{\text{기준}} - \text{침투량}_{\text{현황}}}{\text{침투량}_{\text{기준}}} + \frac{\text{유출량}_{\text{기준}} - \text{유출량}_{\text{현황}}}{\text{유출량}_{\text{기준}}} \right) \times 100$$

$$\text{증발산량}_{\text{기준}} + \text{침투량}_{\text{기준}} + \text{유출량}_{\text{기준}}$$

**회복율(%) : 물순환 구성요소(증발산, 침투, 유출)의 비율 변화를 정량적인 값으로 환산하는 평가지표**



**예시) 물순환 변화율 = 39%,  
물순환 회복율 = (1 - 0.39) × 100 = 61%**

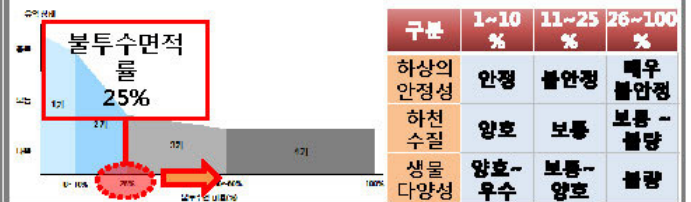
자료 : 저영향개발기법 도입을 통한 물순환 선도도시 선정 및 조성방안 연구(2017, 환경부)

### 평가기준

❖ 물순환 목표설정의 기준 물수지는 관련조사 및 연구자료 활용  
→ 1) 시가화 불투수면적률 25% 2) 비시가화 불투수면적률

번호	기준물수지
1	개발 전 자연 상태에서의 물수지 값 (개발 전의 논과 밭 또는 산림, 조지, 하천 등 자연상태)
2	도시의 기능 유지를 기본 전제로 하여 물환경을 악화시키지 않는 적정 비율의 불투수면 피복 상태에서의 물수지 값 (불가피하게 발생하는 불투수면 중에서 일정비율을 저영향개발 기법을 통해 집수하여 관리한다고 가정할 때의 물수지 값)
3	임의의 과거 시점에서의 토지피복 상태를 산정하고, 그 때의 토지피복 현황에 의해 결정되는 물수지 값 (유출수로 인한 도시환경 문제가 크게 발생하지 않았던 시점)
4	하수관거 부하경감, 비점오염 저감, 합류식 하수관거 월류수 유입 감소 등의 특정 목적에 도달하기 위해 요청되는 물수지 값 (국지적으로 도시환경 문제점 해결을 위해 저영향개발 기법을 대상지에 적용하였을 때 물수지 값)

자료 : 저영향개발기법 도입을 통한 물순환 선도도시 선정 및 조성방안 연구(2017, 환경부)



자료 : 불투수면 비율에 따른 유역상태(2006, 한강수계관리위원회)

## II 기본계획 수립 현황 및 계획





## II. 기본계획 수립

### 제1장. 기초자료 DB구축 및 분석

❖ 안동시 불투수면적을 및 물순환 상태평가, 물순환 목표설정을 위한 기초자료 분석 및 GIS DB자료 구축

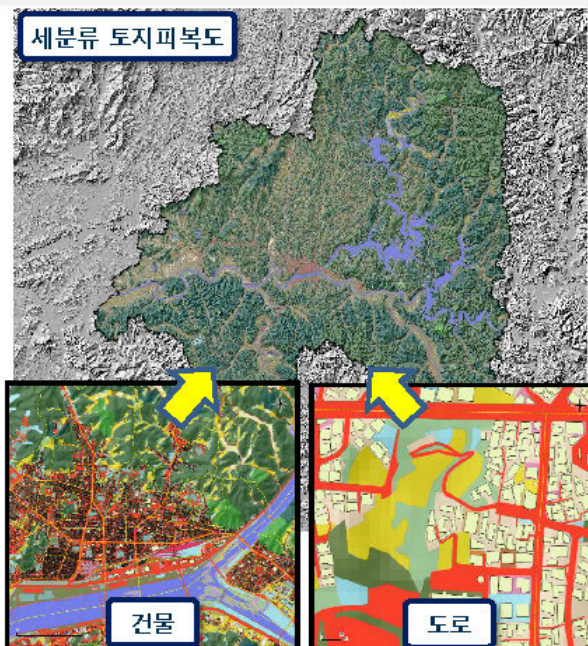
구분	활용방안 및 분석결과	구분	활용방안 및 분석결과
국가기초구역 경계	<ul style="list-style-type: none"> <li>주거단지권 등 불합리한 경계 및 수리수문모형의 경계적합성 등을 고려하여 국가기초구역 경계 설정</li> <li>안동시 국가기초구역 수 : 161개</li> </ul>	국가기초구역 경계	<ul style="list-style-type: none"> <li>주거단지권 등 불합리한 경계 및 수리수문모형의 경계적합성 등을 고려하여 국가기초구역 경계 설정</li> <li>안동시 국가기초구역 수 : 161개</li> </ul>
건물 및 도로망	<ul style="list-style-type: none"> <li>안동시 도로의 명칭폭연장 및 도로위계에 따라 분류하여 구축</li> <li>안동시 지면주소층수재질면적 등 최신자료(2017년)의 정보 입력</li> </ul>	건물 및 도로망	<ul style="list-style-type: none"> <li>안동시 도로의 명칭폭연장 및 도로위계에 따라 분류하여 구축</li> <li>안동시 지면주소층수재질면적 등 최신자료(2017년)의 정보 입력</li> </ul>
토양도	<ul style="list-style-type: none"> <li>토양의 심도에 따라 사업대상지역 내 토양 특성(표토 및 심토 별 분류)을 GIS DB화 하여 빗물침투량 산정에 필요한 투수율 도출</li> <li>토양 특성은 침투량 뿐만 아니라 표면 유출, 중간유출 그리고 기저유출 결정</li> </ul>	토양도	<ul style="list-style-type: none"> <li>토양의 심도에 따라 사업대상지역 내 토양 특성(표토 및 심토 별 분류)을 GIS DB화 하여 빗물침투량 산정에 필요한 투수율 도출</li> <li>토양 특성은 침투량 뿐만 아니라 표면 유출, 중간유출 그리고 기저유출 결정</li> </ul>
토지피복도	<ul style="list-style-type: none"> <li>세분류 토지피복도(41개 항목)를 활용한 토지피복상태 분석을 통해 투수/불투수 지역 구분</li> <li>건물 및 도로망을 추가하여 수문학적 모델링의 기본데이터로 활용</li> </ul>	토지피복도	<ul style="list-style-type: none"> <li>세분류 토지피복도(41개 항목)를 활용한 토지피복상태 분석을 통해 투수/불투수 지역 구분</li> <li>건물 및 도로망을 추가하여 수문학적 모델링의 기본데이터로 활용</li> </ul>
국토환경성 평가지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경적 가치인 자연환경부분, 수질환경부분 및 기타부분을 분석하여 개발 및 보전지역 파악</li> </ul>	국토환경성 평가지표	<ul style="list-style-type: none"> <li>환경적 가치인 자연환경부분, 수질환경부분 및 기타부분을 분석하여 개발 및 보전지역 파악</li> </ul>
경사 (DEM/TIN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>경사 확인 및 5급 DEM 유역분석</li> <li>소유역 및 전수구역내 배수유형과 경사, 배수로의 폭, 하천 등 수계요소 정보 추출 및 경계 구획활용</li> </ul>	경사 (DEM/TIN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>경사 확인 및 5급 DEM 유역분석</li> <li>소유역 및 전수구역내 배수유형과 경사, 배수로의 폭, 하천 등 수계요소 정보 추출 및 경계 구획활용</li> </ul>
기상자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>방지성능 목표에 준하는 확률강우강도의 강우지속시간별 강우량은 60 ~ 85mm 검토</li> <li>침수지역 유역대체 목표량을 설정하기 위한 것으로 LID 시설 우수유출 저감 목표량과 연계하여 검토예정</li> </ul>	기상자료	<ul style="list-style-type: none"> <li>방지성능 목표에 준하는 확률강우강도의 강우지속시간별 강우량은 60 ~ 85mm 검토</li> <li>침수지역 유역대체 목표량을 설정하기 위한 것으로 LID 시설 우수유출 저감 목표량과 연계하여 검토예정</li> </ul>
지표면 온도분포	<ul style="list-style-type: none"> <li>USGS Landsat8을 활용</li> <li>방지표면온도 분석결과, 안동시 중심시가지인 서부초등학교 사거리 인근과 중앙신시장 인근의 지표면 온도가 높게 측정됨</li> <li>LID 시설에 의한 열섬지역 개선효과를 제시 예정</li> </ul>	지표면 온도분포	<ul style="list-style-type: none"> <li>USGS Landsat8을 활용</li> <li>방지표면온도 분석결과, 안동시 중심시가지인 서부초등학교 사거리 인근과 중앙신시장 인근의 지표면 온도가 높게 측정됨</li> <li>LID 시설에 의한 열섬지역 개선효과를 제시 예정</li> </ul>

## II. 기본계획 수립

### 제2장. 물순환 상태평가(불투수면적을 산정)

#### 세분류 토지피복도 현황화

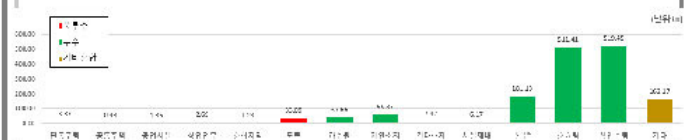
❖ 세분류 토지피복도(2011, 환경부)와 건물 및 도로(2017, 행정자치부)에 대하여 DB화 후 분석자료로 활용



#### 토지피복별 투수/불투수 구분

❖ 세분류토지피복도(41개 항목)에 대하여 관련 연구자료 등을 활용하여 투수/불투수로 구분

세분류	지류	적용	세분류	지류	적용
단독주거시설	대지	불투수	시설재배지	과수원	투수
공동주거시설	대지	불투수	과수원	목장원	투수
공업시설	공장용지	불투수	목장양식장	목장용지	투수
상업업무시설	대지	불투수	기타재배지	과수원	투수
기타통신시설	잡종지	불투수	합업수림	임야	투수
혼합지역	대지	불투수	침엽수림	임야	투수
문화체육휴양시설	유원지	불투수	혼효림	임야	투수
철도	철도용지	투수	자연초지	대지	투수
도로0(단지 내 도로)	도로	불투수	골프장	체육용지	투수
도로1(고속도로)	도로	불투수	묘지	묘지	투수
도로2(대도)	도로	불투수	기타초지	대지	투수
도로3(로)	도로	불투수	내륙습지	제방	투수
도로4(길)	도로	불투수	강기슭	잡종지	투수
환경기초시설	잡종지	불투수	암벽바위	잡종지	투수
교육행정시설	학교용지	불투수	채광지역	잡종지	투수
기타공공시설	학교용지	불투수	기타나지	대지	투수
경지정리가 잘 된 논	답	투수	운동장	체육용지	투수
경지정리가 안 된 논	답	투수	하천	하천	투수
경지정리가 잘 된 밭	전	투수	호소	하천	투수
경지정리가 안 된 밭	전	투수	해양수, 갯벌 등 해당없음		



자료 : 지적대조사사업의 효율적 시행방안연구(2012, 국토해양부), 전국 불투수면적을 조사 및 개선방안 연구 최종보고서(2013, 환경부), 환경공간정보서비스(<https://egis.me.go.kr/intro/land.do>)

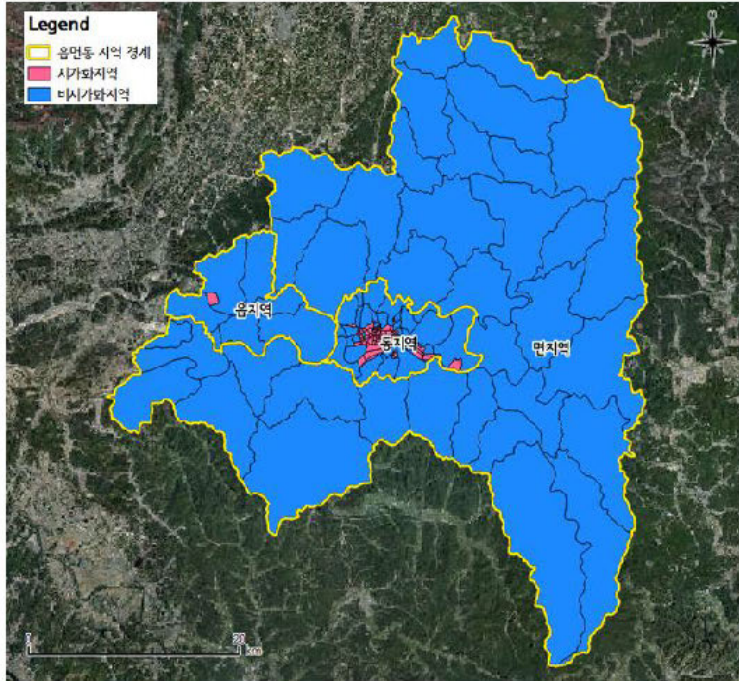


## II. 기본계획 수립

### 제2장. 물순환 상태평가(불투수면적률 산정)

#### ❶ 불투수면적률 산정결과

- ❖ 금회 구축된 국가기초구역 경계, 세분류 토지피복도, 건물 및 도로 GIS 구축자료를 활용하여 안동시 불투수면적률 산정
- ❖ 안동시 전 지역에 대한 불투수면적률은 **3.71%**로 나타났으며, 불투수면적률 25%를 초과된 **국가기초구역의 수는 88개로** 검토



안동시 시가화지역 불투수면적률 검토결과  
국가기초구역 161개 중 88개 지역, 14.11㎢  
※ 시가화 지역 : 불투수면적률 25% 이상인 지역

구분	국가기초구역 개수	총면적 (㎢)	불투수면적률(%)	투수면적률(%)	비고
읍지역	87	13.04	75.18	24.82	
읍지역	1	1.07	34.92	65.08	
계	88	14.11	55.05	44.95	

안동시 비시가화지역 불투수면적률 검토결과  
국가기초구역 161개 중 73개 지역, 1,514.37㎢  
※ 비시가화 지역 : 불투수면적률 25% 미만인 지역

구분	국가기초구역 개수	총면적 (㎢)	불투수면적률(%)	투수면적률(%)	비고
읍지역	32	68.25	13.05	86.95	
면지역	36	1,351.84	3.14	96.86	
읍지역	5	94.28	6.70	93.30	
계	73	1,514.37	3.24	96.76	

별첨 2 참조

## II. 기본계획 수립

### 제2장. 물순환 상태평가(물순환 회복률 산정을 위한 수문모델수립)

#### ❶ 수문모델 수립

- ❖ GIS 형태로 조사 및 구축된 세분류 토지피복도, 도로, 건물과 토양도(표토토성+심토토성+유효토성)를 STORM에 입력
- ❖ 수문학적응답단위(Hydrological Responses Units) 및 기상자료(강우자료, 증발산량 등)를 활용하여 STORM 모델링을 통해 물수지 산정

#### 수문학적 동질 단위(HRU)

##### 세분류 토지피복도 현형화



표토토성

심토토성

유효토성

토양도

#### STORM 모델링 구축

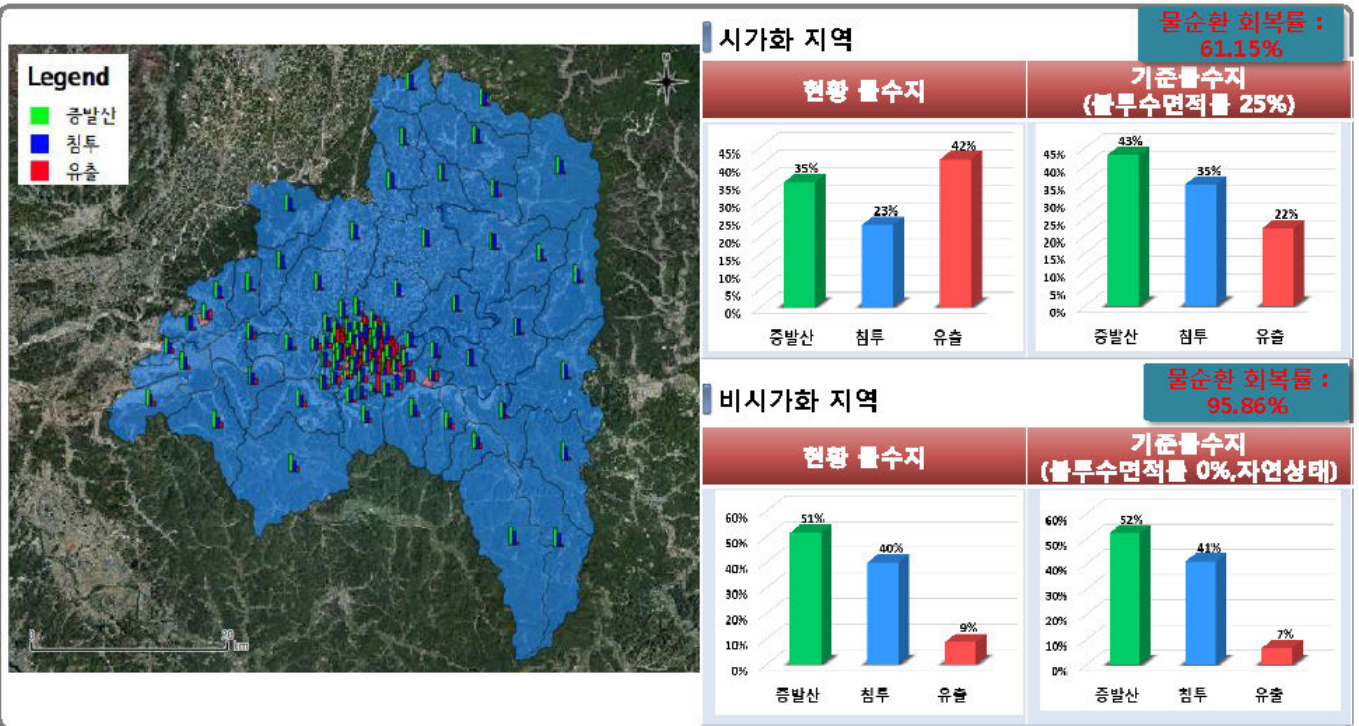




## II. 기본계획 수립

### 제2장. 물순환 상태평가(현황 물수지 및 기준 물수지 분석결과)

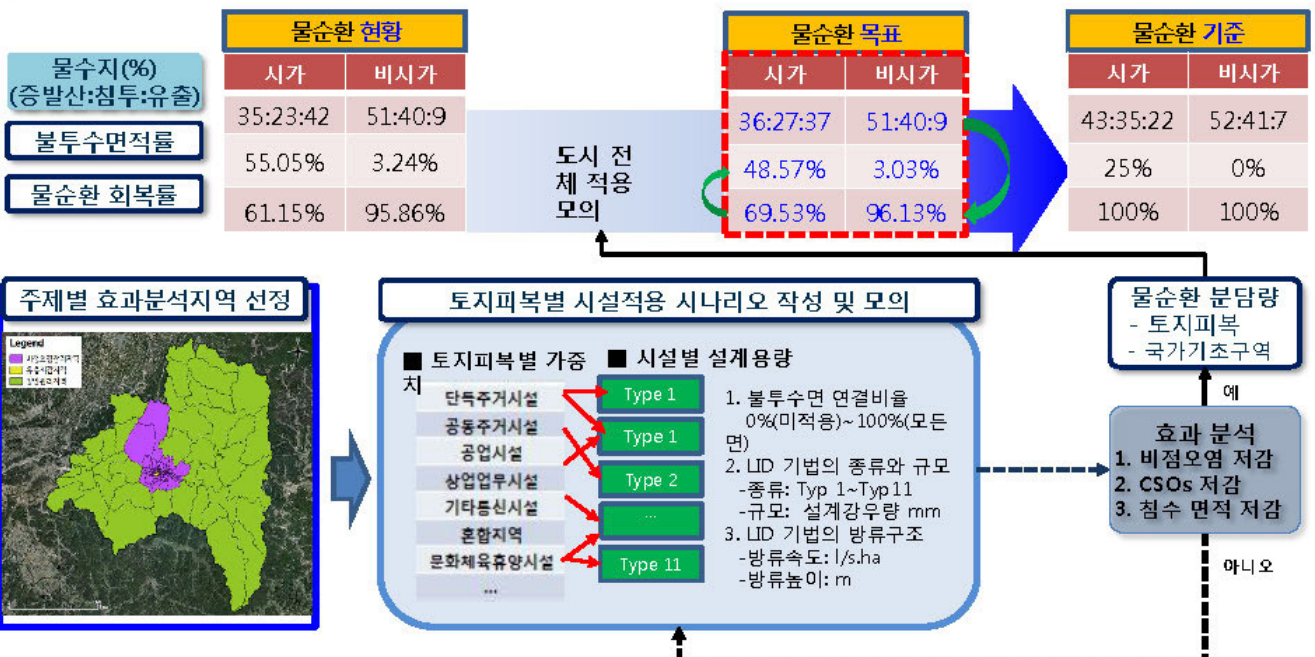
- ❖ 불투수면적률 25%를 기준으로 시가화 지역과 비시가화 지역을 구분 후 물순환 상태평가 수행 (금회 재구축한 GIS 자료를 기반으로 수행)
- ❖ 물순환 상태평가 결과, 시가화 지역의 회복률은 61.15%로 비시가화 지역의 회복률은 95.86%로 검토



## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(물순환 목표설정 방안)

- ❖ 시가화지역과 비시가화지역의 기준물수지를 고려하여 안동시에 적합한 목표물수지 설정방안 수립
  - 1) 토지피복, 용도지역별 물순환 분담 가중치 설정 및 LID 기술요소
  - 2) 주제별 효과분석 지역을 대상으로 LID시설의 적정 설계용량 도출
  - 3) 도시 전체를 대상으로 도출된 LID 시설 배치 및 수문 모의
  - 4) 목표물수지, 회복률, 불투수면적률 도출



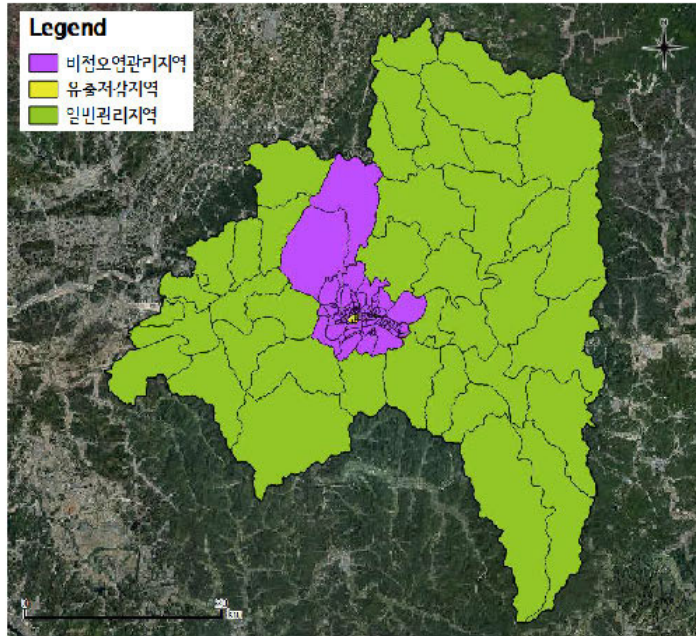


## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(물순환 목표설정 방안)

- ❖ 안동시의 비점오염원저감지역 및 하수관망도, 풍수해저감계획 등 기존자료를 바탕으로 3지역으로 구분  
→ 비점오염관리지역, 유출저감지역, 일반관리지역 3가지 지역으로 구분

#### 주제별 효과분석 지역 선정



구분	국가기초구역 개소수	면적 (㎡)	불투수면적 (㎡)
비점오염관리지역	112	149.65	15.91
유출저감지역	7	0.74	0.50
일반관리지역	42	1378.09	40.49
합계	161	1528.49	56.91

## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(물순환 가중치 및 분담량 설정 방법)

#### 토지피복별 물순환 분담량 설정(안)

- ❖ 사업대상지역 내 대표지역을 선정하여 물순환 분담량 설정을 위한 자료분석 및 조사 진행  
→ 산정된 토지피복별 물순환 분담량은 대상지역 내 적정분담량 및 적용가능한 LID 시설 설치 개소 도출 자료로 활용

#### 물순환 분담량 설정 기본방향

- 1) 강우유출량이 많은 곳에 분담량 높게  
→ 원인자 부담 원칙에 의거, 강우유출량이 많은 토지피복에 높은 분담량 부여 ("하수도 시설기준, 환경부 2011" 상의 유출계수 반영)
- 2) 공공시설인 곳에 분담량 높게  
→ 지역형개발 기법의 공공성 반영 (공공시설 > 민간시설)
- 3) 용도지역 상의 용적률이 높은 곳에 분담량 높게  
→ 다수의 시민이 이용하는 고밀도 지역에 많이 배치  
→ 소용비용 부담의 감소 : 해당 건축물 사업비 규모에 따라 소요비용 안배 (공업지역 > 상업지역 > 주거지역)

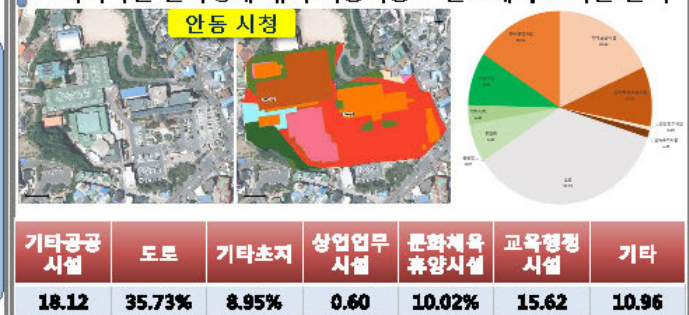
#### 물순환 분담량 설정 방법

- 토지피복별 물순환 분담량 ( $V_p$ , mm)  
= 물순환 가중치( $P$ ) \* 국가기초구역별 계수 ( $B$ , mm)
- 물순환 가중치 ( $P$ )  
= 강우유출 가중치( $P_1$ ) \* 공공/민간 가중치( $P_2$ ) \* 용도지역 가중치( $P_3$ )
- 국가기초구역별 계수 ( $B$ , mm) :  
주제별 관리지역(비점오염관리지역, 유출저감지역 등)의 물순환 목적에 부합하는 누적강우량에 도달하기 위해 산출된 값

#### 공공/민간 부문 검토

세분류 토지피복	공공/민간	투수여부	세분류 토지피복	공공/민간	투수여부
단독주거시설	민간	불투수	도로3(로)	공공	불투수
공동주거시설	민간	불투수	도로4(감)	공공	불투수
공업시설	민간	불투수	환경기조시설	공공	불투수
상업업무시설	민간	불투수	교육행정시설	공공	불투수
기타통신시설	공공	불투수	기타공공시설	공공	불투수
혼합지역	민간	불투수	시설재배지	민간	투수
문화체육양양시설	민간/공공	불투수	골프장	민간	투수
철도	공공	공공	기타초지	민간	투수
도로0(단지 내 도로)	공공	불투수	기타나지	민간	투수
도로1(고속도로)	공공	불투수	운동장	공공	투수
도로2(대로)	공공	불투수	목장양식장	민간	투수

#### 토지피복별 필지경계 내의 적응가능 오픈스페이스 비율 분석





## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (물순환 가중치 및 분담량 설정 방법)

#### 토지피복별 물순환 분담량 설정

##### 토지피복 - 용도지역별 가중치 (별첨3참조)

※ 물순환 가중치 (P)  
= 강우유출 가중치(P<sub>1</sub>) X 공공/민간 가중치(P<sub>2</sub>) X 용도지역 가중치(P<sub>3</sub>)  
예시) 단독주거시설(주거지역) = 1.6 (P<sub>1</sub>) X 1.2 (P<sub>2</sub>) X 1.1 (P<sub>3</sub>) = 2.1

구분	① 주거지역	② 상업지역	③ 공업지역	④ 녹지지역	⑤ 관리지역	⑥ 농림지역	⑦ 자연환경보전지역
단독주거시설	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0	2.0	2.0
공동주거시설	3.5	3.5	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0
공업시설	3.5	4.0	4.5	3.5	3.5	3.5	3.5
상업업무시설	4.0	4.5	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
문화체육휴양(민간)	4.0	4.5	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
문화체육휴양(공공)	6.0	6.5	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
공공시설	6.0	6.5	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
도로	6.5	7.0	7.5	6.0	6.0	6.0	6.0

##### 토지피복 - 용도지역별 분담량 원단위

※ 물순환 분담량 원단위(V<sub>p</sub>, mm) = 물순환 가중치(P) X 분담 계수(B, mm)  
분담 계수(B, mm) : 주제별 관리지역(비점오염관리지역, 유출저감지역 등)의 물순환 목적에 부합하는 누적강우량에 도달하기 위해 산출된 값

구분	비점오염관리지역	유출저감지역	일반관리지역	
분담계수(mm)	2.1	4.6	1.1	
물순환 분담량 (국가기초구역 계수 : 4.6 mm)				
구분	① 주거지역	② 상업지역	③ 공업지역	기타지역 (④~⑦)
단독주거 시설	9.7	10.6	11.5	8.7
공동주거 시설	15.6	17.0	18.9	14.3
공업시설	17.0	18.4	20.2	15.6
상업업무 시설	23.9	21.2	23.0	17.5
문화체육 휴양(민간)	23.9	21.2	23.0	17.5
문화체육 휴양(공공)	27.6	29.9	32.7	24.8
공공시설	27.6	29.9	32.7	24.8
도로	29.4	31.7	34.5	26.7

## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (물순환 분담계수)

#### 토지피복별 물순환 분담계수

##### 토지피복별 물순환 분담계수 산정 (예시 : 유출저감지역 대상)

주제 별 구 분	세분류 토지피복 그룹화	용도지역	불투수면 적 (㎡)	세분류 토지피 복 그룹화	용도지역	불투수면적 (㎡)
유출 저감 지역	단독주거시설	주거지역	158,386.59	문화체육휴양 시설	주거지역	2,757.37
		상업지역	27,235.08		상업지역	277.51
	공동주거시설	주거지역	4,150.94	공공시설	주거지역	24,661.02
		상업지역	1,418.05		상업지역	1,673.20
					녹지지역	424.31
	공업시설	주거지역	3,073.03	도로	주거지역	129,404.80
		상업지역	869.10		상업지역	45,475.25
					녹지지역	4,996.13
	상업업무시설	주거지역	40,199.24	전/답 (시설재배지)	주거지역	103.32
		상업지역	35,353.89		상업지역	79.61

• 주제별 지역의 불투수면적에 대하여 “강우깊이 20mm 로 관리”

LID 설계용량 강우깊이 : 20mm (0.02m) 6,873,697.41 (㎡) * 0.02m = 137,473.95 (㎡)						
주제 별 구 분	불투수면적			물순환 가중치 (B)	분담계수 (Cm(mm))	물순환 분담량 (A*B*C : ㎡)
	토지피복	용도지역	면적 (A:㎡)			
유출 저감 지역	단독주거시설	주거지역	158,386.59	21	X	158,386.59 * 21 * X
	단독주거시설	상업지역	27,235.08	23	X	27,235.08 * 23 * X
	공동주거시설	주거지역	4,150.94	34	X	4,150.94 * 34 * X
	공동주거시설	상업지역	1,418.05	37	X	1,418.05 * 37 * X
	공업시설	주거지역	3,073.03	37	X	3,073.03 * 37 * X
	공업시설	상업지역	869.10	40	X	869.10 * 40 * X
	상업업무시설	주거지역	40,199.24	42	X	40,199.24 * 42 * X
	...	...	...	...	...	...
한계			480,538.44		2,107,494.45 * X	
분담계수 2,107,494.45(㎡) * X(m) = 9,610.77 (㎡) X = 0.00456m (4.56mm)						

분담계수 = 4.6 mm



## II. 기본계획 수립

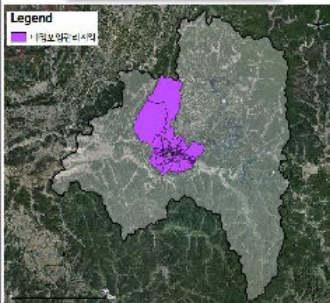
### 제3장. 물순환 목표설정 (물순환 분담계수)

#### 토지피복별 물순환 분담계수

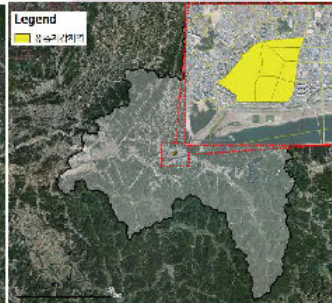
##### LID 시설요소 규모(용량) 규격화

- 안동시의 수질오염원관리지역 지정고시와 풍수해저감계획 등 기존 문헌을 활용하여 수질오염관리지역, 유출저감지역, 일반관리지역으로 구분하되, 그 경계는 국가기초구역으로 함

##### 비점오염관리지역



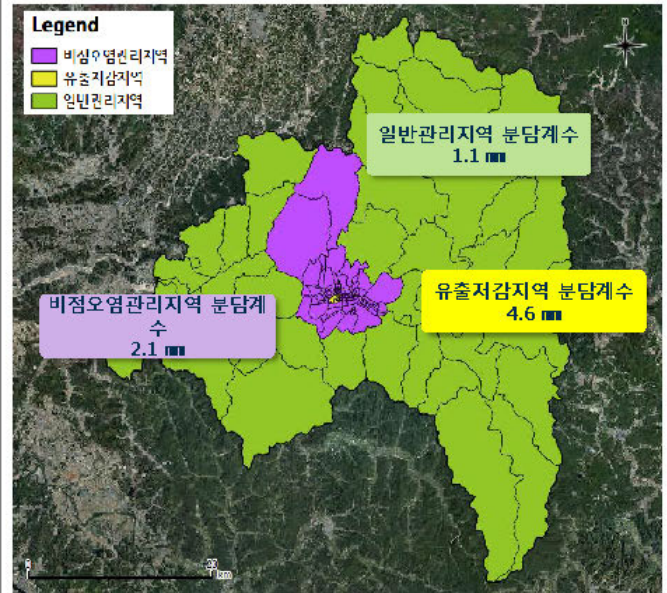
##### 유출저감지역



구분	비점오염관리지역	유출저감지역	일반관리지역
LID 시설 설계용량 (mm)	10	20	5
분담계수(mm)	2.1	4.6	1.1

##### 안동시 분담계수 선정

- 물환경보전법과 기존연구 및 일본 등경도 등을 참고하여 안동시의 비점오염관리지역, 유출저감지역, 일반관리지역에 대하여 분담계수를 선정



## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (토지피복과 저영향개발 기법 연계)

#### 토지피복별 LID기술요소 최적연계 방식

- 토지피복별 빗물유출특성, 목표유출저감률, 오염물질 성장, 저감부하량 및 토양특성을 고려한 LID 기술요소 선정
- 저영향개발(LID) 기술요소 가이드라인(2013, 환경부)상의 11개 LID 기술요소 적용

##### 토지피복별 LID 기술요소 연계 기본방향

- 비점오염 저감 측면에서 연계 고려**
  - 토지피복에 따른 비점오염원 종류와 발생부하량
  - 저영향개발 기법의 오염물질 처리효과
  - 하천의 규모와 자정능력(적정 유입률 경우)
- 유출 저감 측면에서 고려 요소**
  - 해당 구역 하류부의 하수도 통수능, 침수피해 여부
  - 저영향개발 기법의 유출저감 효과(일시저류 및 상시방류 기능)

##### 토지피복별 LID 기술요소연계

LID 시설 구분	비점오염 저감효과	유출저감효과	비고
(1) 식생수로, 식생체류지, 식생여과대	○	▲	호출 높음 호출 중간 호출 낮음
(2) 나무여과상자	○	○	
(3) 식물재배하분	○	○	
(4) 옥상녹화	○	○	
(5) 침투도랑, 침투측구, 침투통	○	○	

※ 효과 모의를 위한 입력자료로서 시설 배치이며, 실제 사업에서는 유사한 기능을 갖는 시설로 연계 가능함

##### 토지피복과 용도지역별 저영향개발 기법의

비점오염관리지역	주거지역	상업지역	공업지역	녹지지역	관리지역	농림지역	자연환경보전지역
단독주거시설	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)	(2)
공동주거시설	(2)	(2)	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)
공업시설	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
상업업무시설	(5)	(5)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)
문화체육휴양	(3)	(3)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)
공공시설	(3)	(1)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)
도로 (고속도로, 대로,로)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
도로 (단지내 도로, 길)	(2)	(5)	(1)	(3)	(3)	(3)	(3)
유출저감지역	주거지역	상업지역	공업지역	녹지지역	관리지역	농림지역	자연환경보전지역
단독주거시설	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
공동주거시설	(5)	(5)	(2)	(5)	(5)	(5)	(5)
공업시설	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
상업업무시설	(5)	(5)	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)
문화체육휴양	(2)	(2)	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)
공공시설	(2)	(3)	(3)	(2)	(2)	(2)	(2)
도로 (고속도로, 대로,로)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
도로 (단지내 도로, 길)	(2)	(5)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)



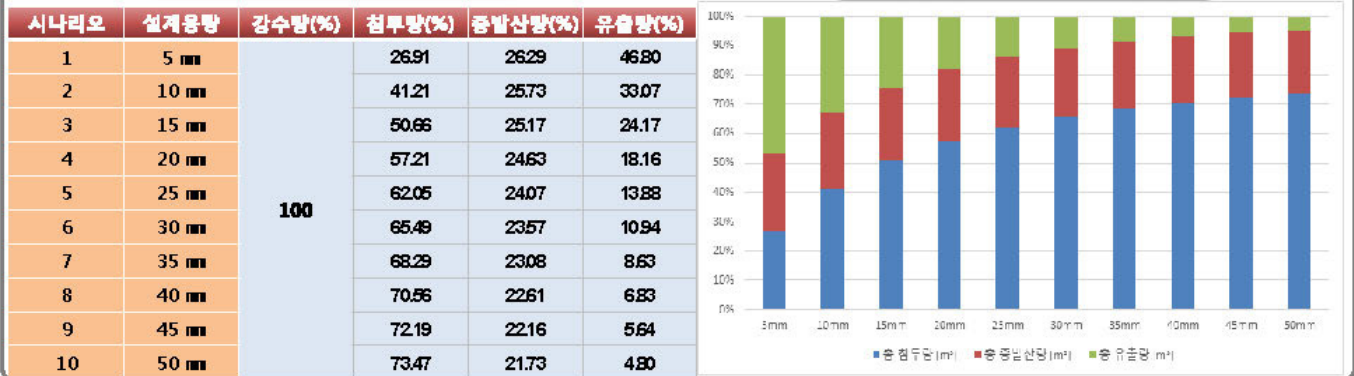
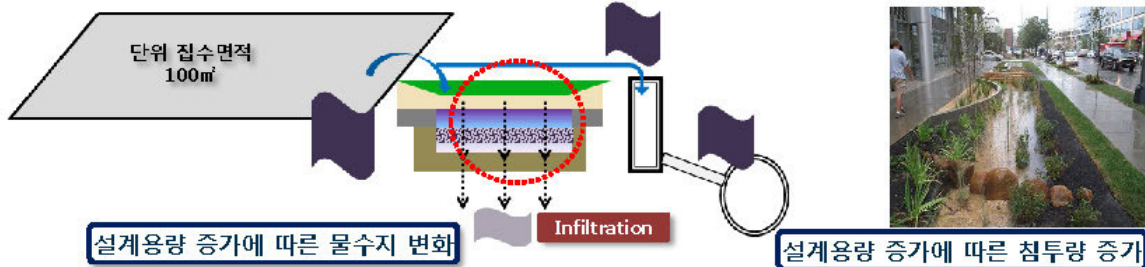
## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (토지피복과 저영향개발 기법 연계)

토지피복별 LID기술요소 최적연계 방식

저영향개발 기법과 설계용량에 따른 효과

※ 식생체류지의 설계용량별 물수지 변화 및 비점오염 저감 효과 → 모의 기간 : 10년(2006~2015)



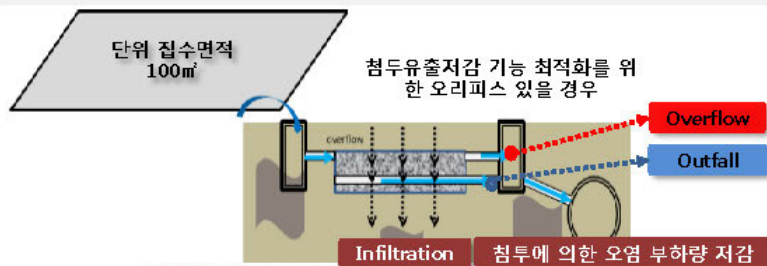
## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (토지피복과 저영향개발 기법 연계)

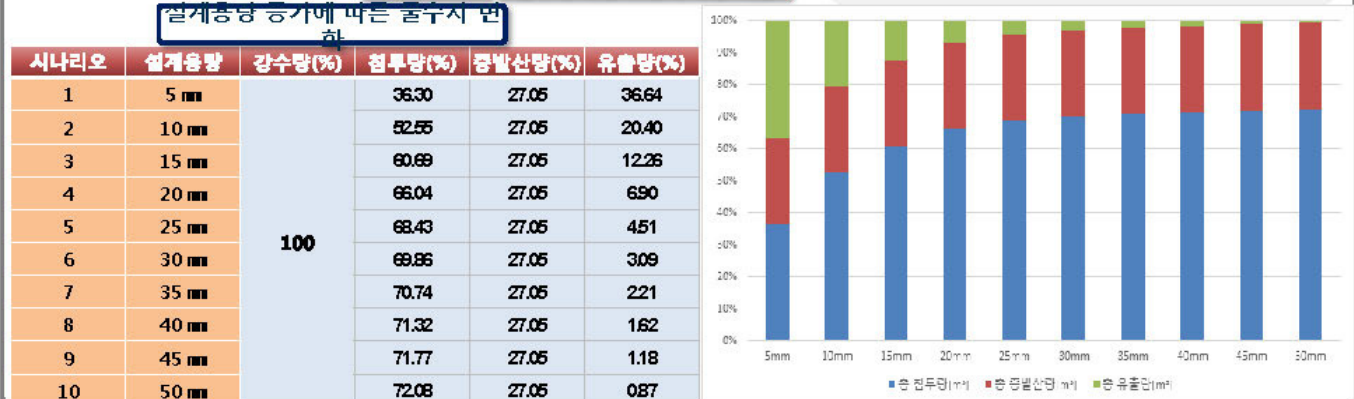
토지피복별 LID기술요소 최적연계 방식

저영향개발 기법과 설계용량에 따른 효과

※ 침투도랑의 설계용량별 물수지 변화 및 비점오염 저감 효과 → 모의 기간 : 10년(2006~2015)



※ 침투량에 의해 오염부하량이 감소하나, 저영향개발 기법 내에 오염물질 정화 기작이 작아서 오염물질 그대로 지하수로 유입될 가능성이 있음  
→ 교통량이 많은 도로나 주차장에는 전처리 시설 설치 필요함





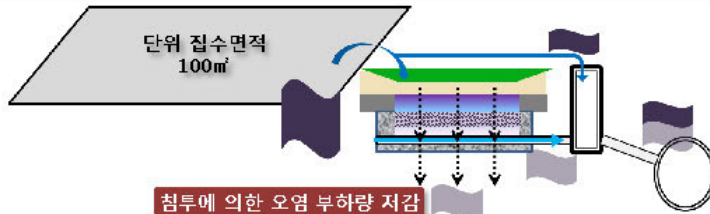
## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (토지피복과 저영향개발 기법 연계)

#### 토지피복별 LID기술요소 최적연계 방식

#### 저영향개발 기법과 설계용량에 따른 효과

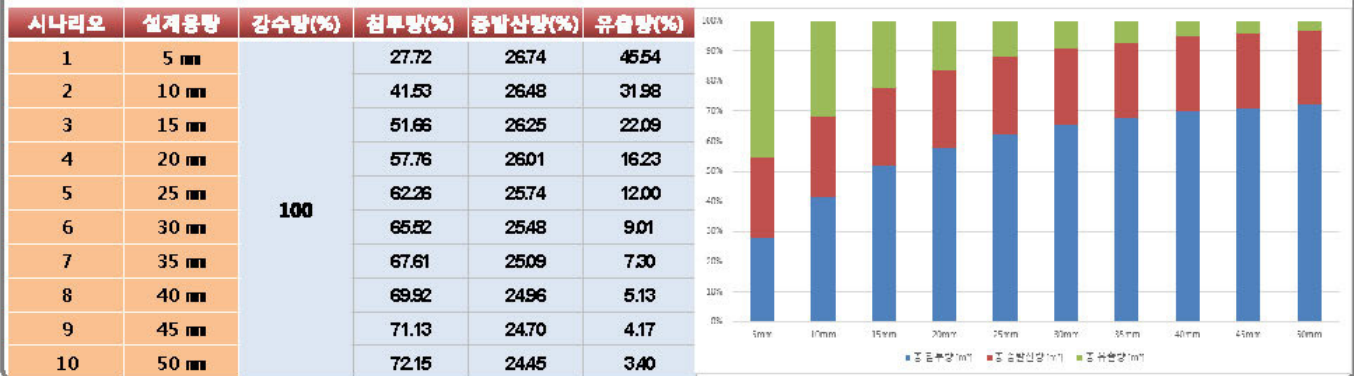
※ 식물재배화분의 설계용량별 물수지 변화 및 비점오염 저감 효과 → 모의 기간 : 10년(2006~2015)



#### 설계용량 증가에 따른 물수지 변화

#### 설계용량 증가에 따른 침투유출 저감

<오리피스 50 l/sha>



## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석지역 선정

- ※ 주제별 효과분석을 통하여 LID 시설의 설계용량을 산정하기 위한
- ※ 물순환 개선에 따른 비점오염원 저감, 침수개선 등의 효과분석과 설계 강수량 설정 시 근거자료 활용을 위한 주제별 효과분석지역 선정 및 모델링 구축

구분	비점오염관리지역	유출저감지역	일반관리지역
LID 시설 설계용량(mm)	10	20	5
분담계수(mm)	2.1	4.6	1.1

구분	효과분석지역 선정	선정사유	모델링 구축
비점오염관리지역	<p>안동 옥동 일원 (A=0.18km²)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>안동시에서 지정한 비점오염원 관리지역 내의 분류식 우수관거 중 1개소 선정</li> </ul>	<p>분류식 우수관거</p> <p>유출부</p> <p>맨홀 89개</p> <p>관경 원형관(mm) 500 ~ 1100</p> <p>관경 BCK(m) -</p> <p>연장 380621 m</p>
유출저감지역	<p>안동 대화동 일원 (A=0.70km²)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>안동시의 침수흔적도 및 우수유역을 파악하여 침수영향이 있는 집수면적 1개소 선정</li> </ul>	<p>맨홀 24개</p> <p>관경 원형관(mm) 500 ~ 1100</p> <p>관경 BCK(m) 0.5x0.5~1.5x1.5</p> <p>연장 321677 m</p>



## II. 기본계획 수립

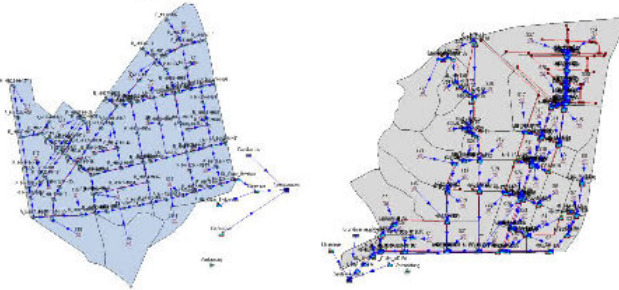
### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### STORM 구축 및 검토

##### STORM 모델링 구축 및 입력 매개변수

<비점오염관리지

<유출저감지역>



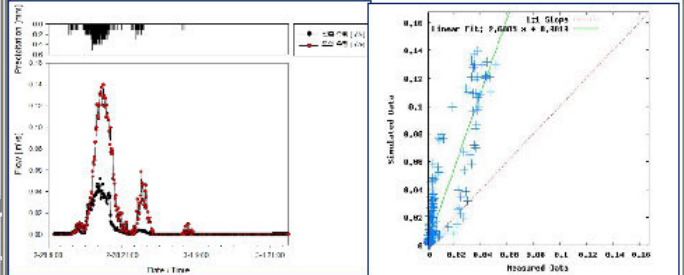
##### STORM 주요 입력 매개변수

토지피복 변수	토지피복별 면적, 초기루수능, 중기루수능, 손실량(자단, 요철) 등
관거 입력 변수	길이, 경사, 직경, 도달시간, 최대유량
개수로 입력 변수	길이, 경사, 도달시간, 최대 유량, 저류지, 저류상수
수질 입력 변수	토지계 발생농도, 오수발생량

##### STORM 모델링 검토

###### 비점오염관리지역

- ❖ 2018년 2월 28일 안동시 강우에 대한 실측 유출 자료와 STORM의 유출결과를 비교 검토함
- ❖  $R^2 = 0.836$ 로 높은 신뢰성을 보임



R²: 결정계수 (1에 가까울수록 모델의 예측치가 실측치와 유사하다는 것을 의미)

###### 유출저감지역

- ❖ 침수면적차이는 관거 정확성, 토사퇴적, 현장반영 등으로 인해 다소 면적차이가 발생하나 침수현황 및 침수유역등을 비교하였을 때 유사하게 검토됨
- ❖ 문헌조사(풍수해저감계획 등)를 통해 침수흔적도를 도출하고 모델을 통해 도출한 침수흔적을 비교하여 검토함

## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석 결과

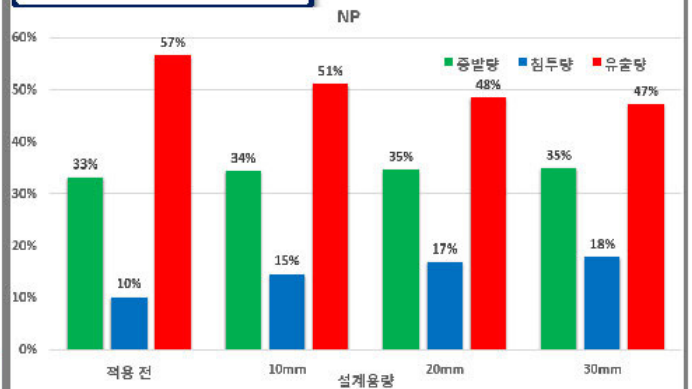
##### 비점관리지역 주제별 효과분석



적용 LID 종류	비점오염 저감 기여도	오리피스 방류 적용	적용 LID 설계용량
식생체류지	높음	-	1,817.76
식물저배회분	높음	-	1,455.47
나무여과상자	높음	-	679.53
옥상녹화	중간	-	185.87

##### 비점관리지역 주제별 효과분석 결과

###### 시나리오별 물수지



시나리오	설계용량	중발산량	침투량	유출량
1	현황	33%	10%	57%
2	10mm	34%	15%	51%
3	20mm	35%	17%	48%
4	30mm	35%	18%	47%



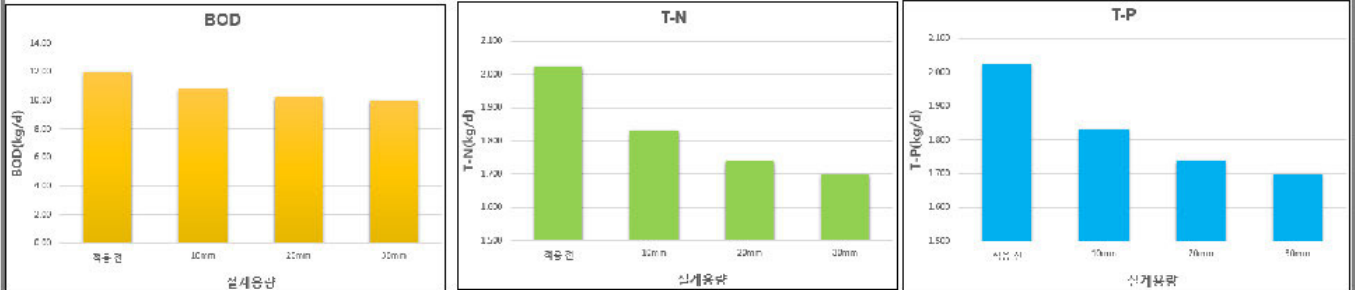
## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석 결과

##### 비점관리지역 주제별 효과분석

##### 시나리오별 수질 저감 결과



시나리오	설계용량	부하량 (삭감률)		
		BOD(kg/d)	T-N(kg/d)	T-P(kg/d)
1	현황	12.03	2.023	0.297
2	10mm	10.82 (10%)	1.831 (10%)	0.268 (10%)
3	20mm	10.25 (15%)	1.740 (14%)	0.254 (15%)
4	30mm	9.99 (17%)	1.699 (16%)	0.247 (17%)

## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석 결과

##### 수질오염총량관리와 연계 방안



소유역	T-P 최종목표 배출부하량 (kg/일)	T-P 할당부하량 (kg/일)
낙본N08	25.215	24.246
점	24.165	24.165
비점	49.380	48.411
계		

LID시설	T-P 배출부하량 (kg/일)	T-P 삭감량 (kg/일)
적용 전	0.297	-
적용 후	0.268	0.029
10 mm	0.254	0.043
20 mm	0.247	0.050
30 mm		

낙본N08	비점		
	T-P 최종목표 배출부하량 (kg/일)	T-P 할당부하량 (kg/일)	잔여량 (kg/일)
적용 전	24.165		-
LID 시설	24.136	24.165	0.029
10 mm	24.122		0.043
20 mm			0.050
30 mm	24.115		

- LID 시설을 적용하여 비점오염이 삭감됨을 알 수 있음

자료) 제3단계 낙동강수계 경상북도 안동시 낙본C내성AB미천A위천B 단위유역 오염총량관리 시행계획 변경(2017.05, 안동시)

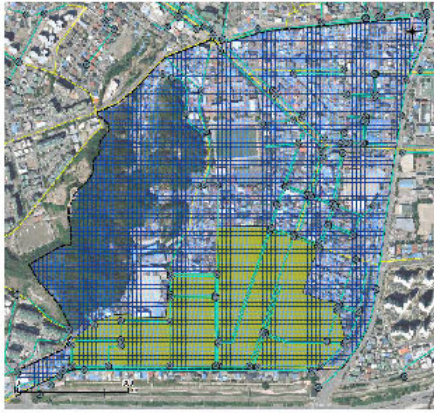


## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석 결과

##### 유출관리지역 주제별 효과분석



적용 LID 종류	유출 저감 기여도	오리피스 방류 적용	적용 LID 설계용량
식물재배화본	높음	50 l/sha	2,152.06 m <sup>3</sup>
침투도랑	높음	50 l/sha	1,022.59 m <sup>3</sup>
나무여과상자	중간	50 l/sha	2,299.76 m <sup>3</sup>
옥상녹화	높음	50 l/sha	1,196.71 m <sup>3</sup>

##### 유출관리지역 주제별 효과분석 결과

구분	LID 적용 전 (방재성능목표 1시간/Huff 2분위)				
	85mm/hr	80mm/hr	75mm/hr	70mm/hr	65mm/hr
첨두유출	6.741	6.498	6.220	5.865	5.350
유출총량	21,435	20,017	18,483	16,846	15,017
저감효율 (%)	첨두유출	-	3.6	7.7	13.0
	유출총량	-	6.6	13.8	21.4

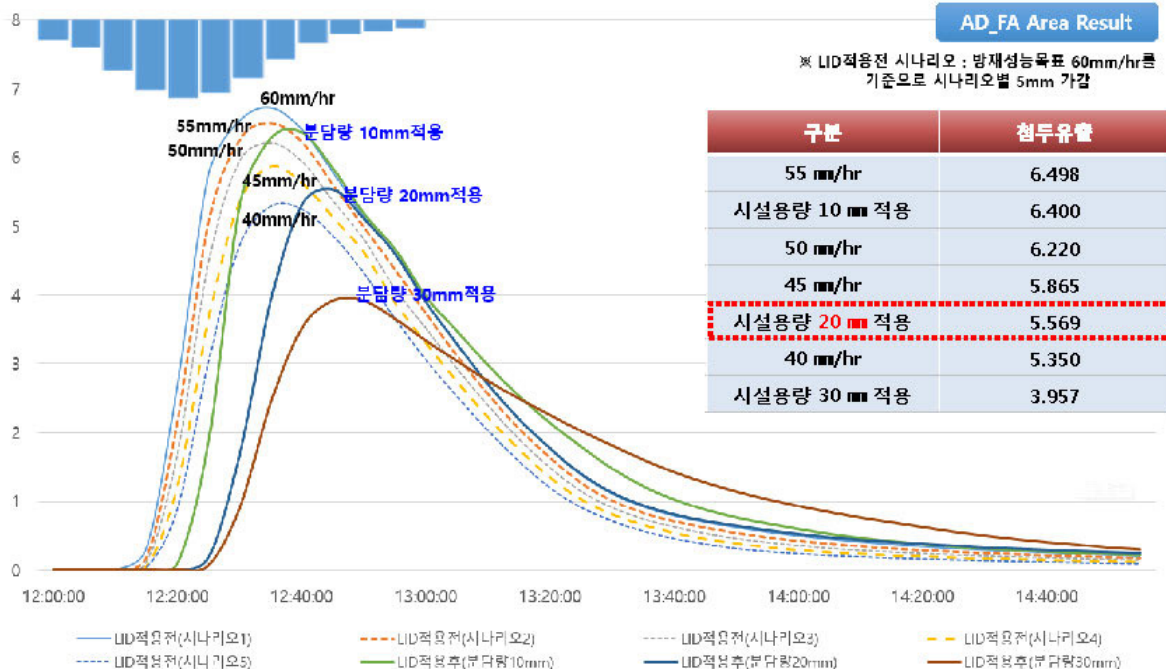
구분	LID 적용 후		
	시설용량 10mm 적용	시설용량 20mm 적용	시설용량 30mm 적용
첨두유출	6.400	5.569	3.957
유출총량	21,121	20,134	20,038
저감효율 (%)	첨두유출	5.1	17.4
	유출총량	1.5	6.1

## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정(주제별 효과분석)

#### 주제별 효과분석 결과

##### 유출관리지역 주제별 효과분석 결과



별첨 4 참조

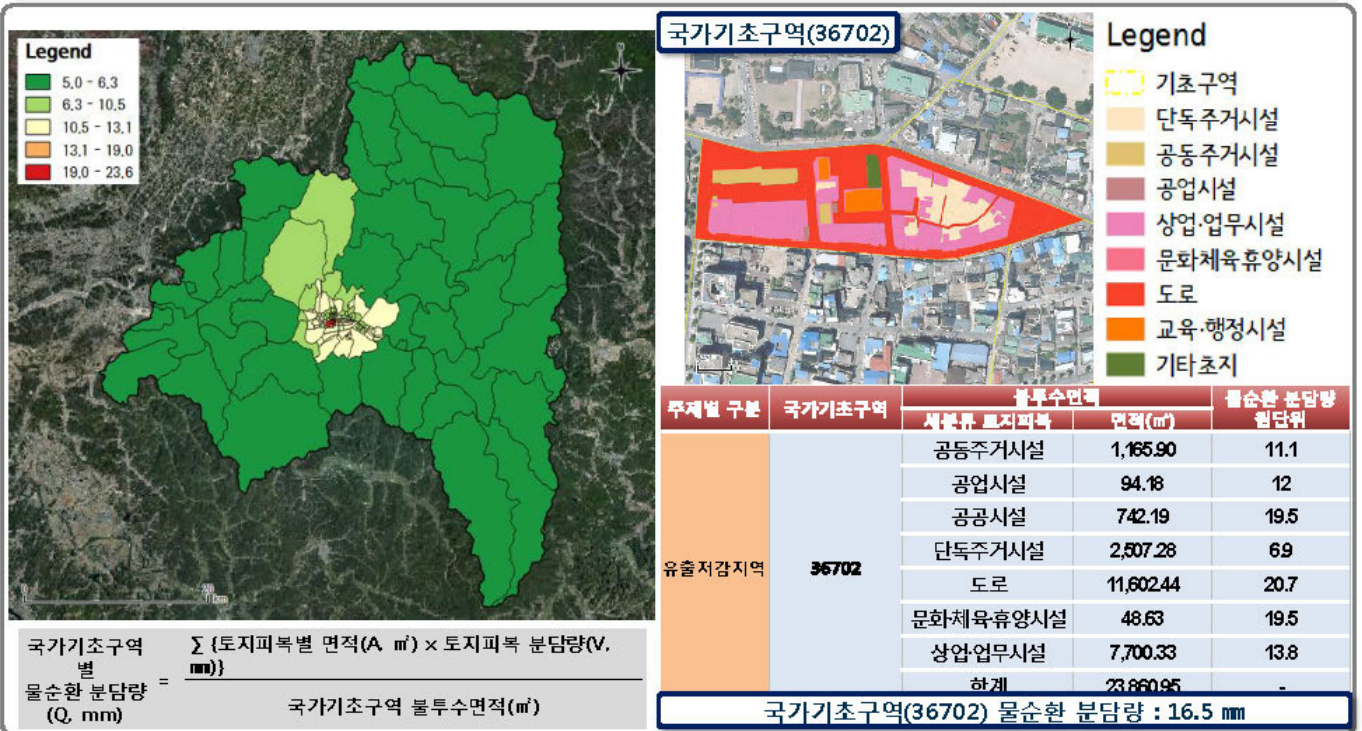


## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

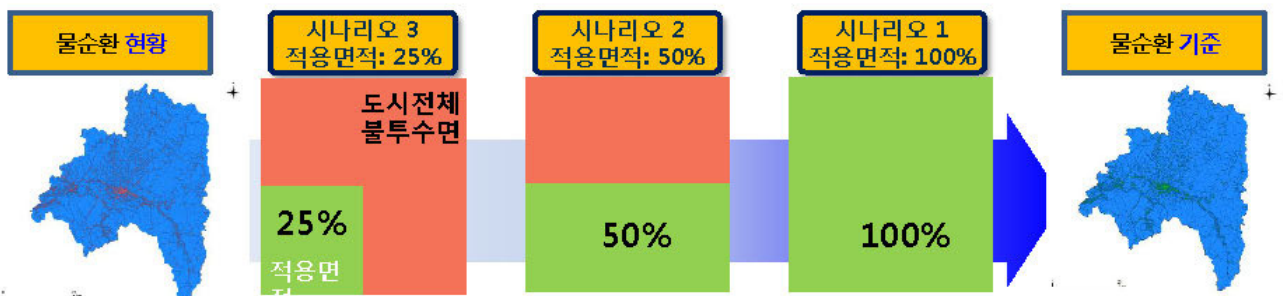
#### 국가기초구역별 분담량 산정

※ 설정된 안등시 목표 물수지에 근거하여 국가기초구역별, 토지피복별 물순환 분담량 설정



## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정



구분		현황	시나리오 3 불투수면적의 25%	시나리오 2 불투수면적의 50%	시나리오 1 불투수면적의 100%	기준
안동시 시가화 지역	물수지	35:23:42	36:27:37	37:30:33	38:37:25	43:35:22
	회복률	61.15%	69.53%	77.92%	89.45%	100%
	불투수면적률	55.05%	48.57%	42.08%	33.16%	25%
	불투수면 평균 목표분담량		11.2 mm (비점오염관리지역:10mm, 유출저감지역:20mm, 일반관리지역:5mm)			
안동시 비시가화 지역	물수지	51:40:9	51:40:9	51:40:9	52:40:8	52:41:7
	회복률	95.86%	96.13%	96.19%	96.92%	100%
	불투수면적률	3.24%	3.03%	2.98%	2.41%	0%
	불투수면 평균 목표분담량		6.4 mm (비점오염관리지역:10mm, 유출저감지역:20mm, 일반관리지역:5mm)			
안동시 전체	물수지	51:40:9	51:40:9	51:40:9	51:41:8	52:41:7
	회복률	95.55%	95.89%	96.03%	96.91%	100%
	불투수면적률	3.72%	3.44%	3.32%	2.58%	0%
	불투수면 평균 목표분담량		7.1 mm (비점오염관리지역:10mm, 유출저감지역:20mm, 일반관리지역:5mm)			

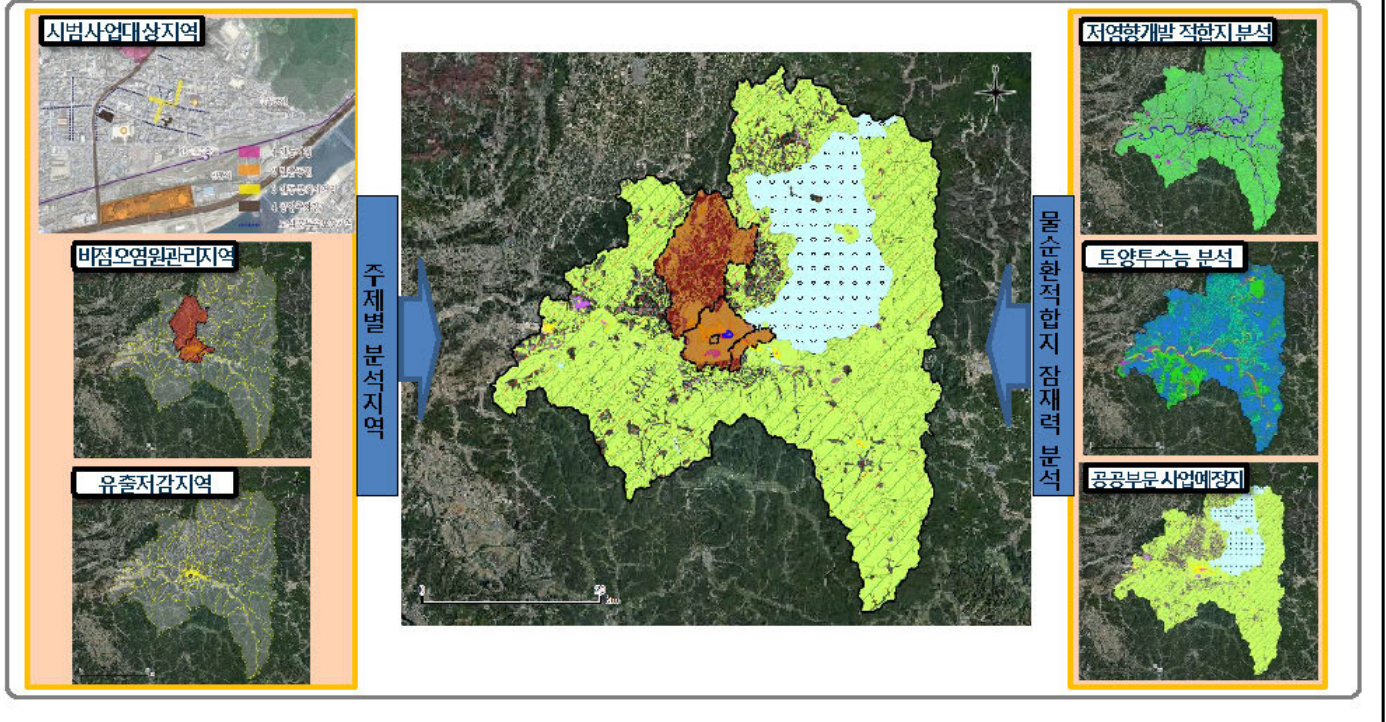


## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

#### ① 우선관리지역 선정

- ※ 주제별 분석지역 내 LID시설 설치가능 부지, 토양 투수능 및 공공부문 개발사업 시행계획등을 분석 후 우선관리 지역 선정
- 주제별 분석지역은 비점오염관리지역, 유출저감지역으로 구분

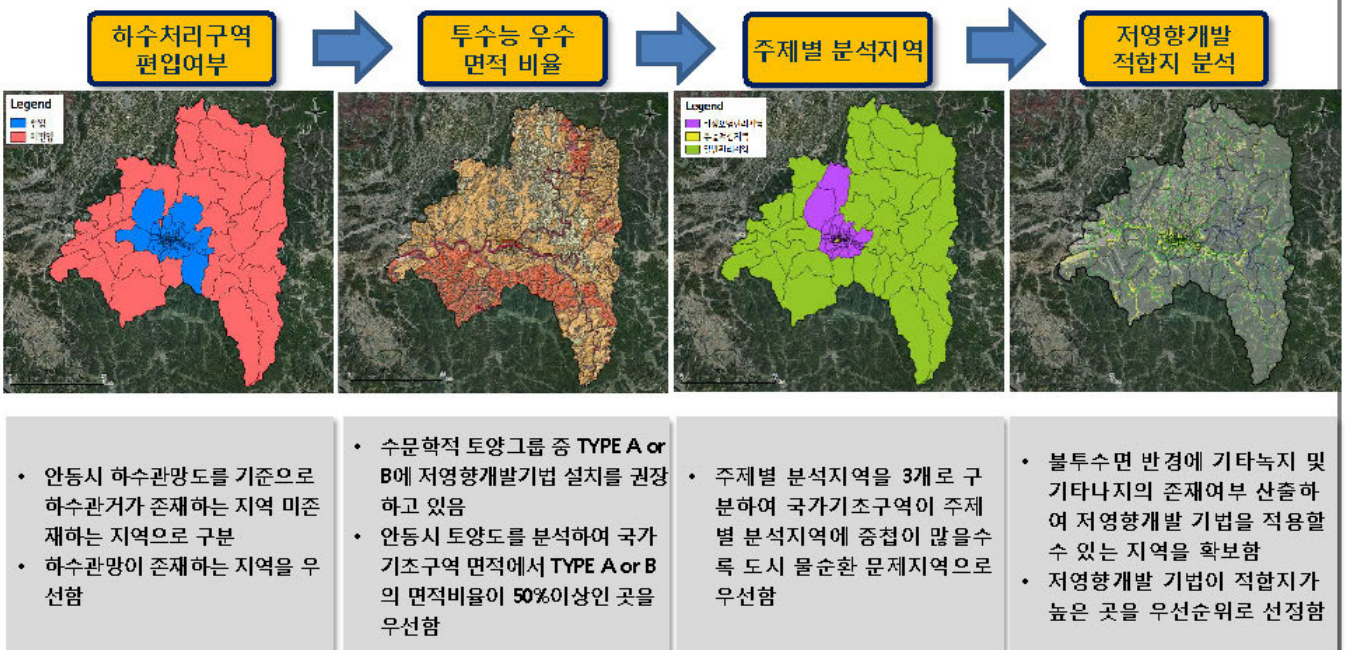


## II. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

#### ① 우선관리지역 선정

##### 우선관리지역 선정 기준





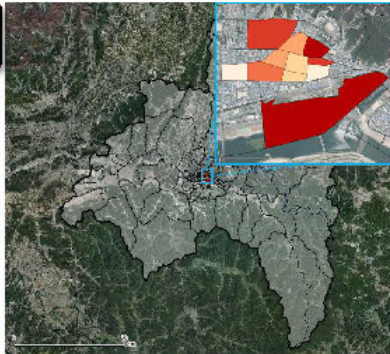
## Ⅱ. 기본계획 수립

### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

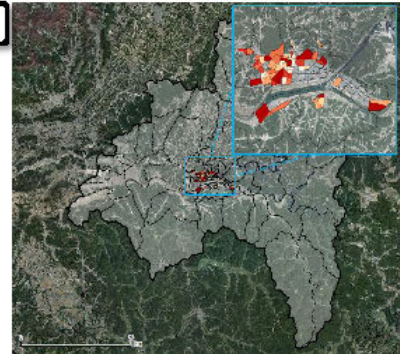
#### ① 우선관리지역 선정

##### 우선관리지역 선정 결과

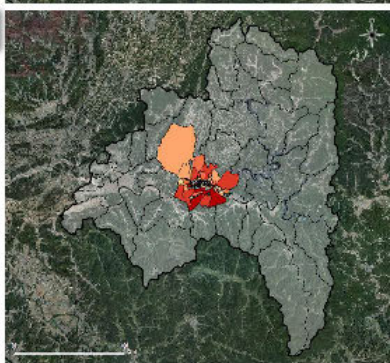
단기1차(~2020년)  
시범지역



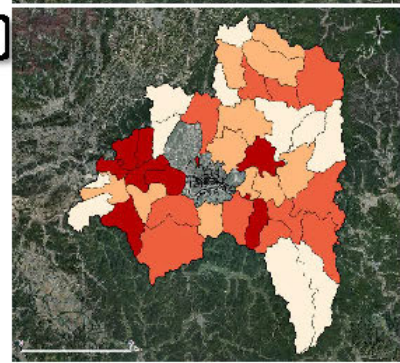
단기2차(~2025년)



중기(~2035년)



장기(~2065년)



## Ⅱ. 기본계획 수립

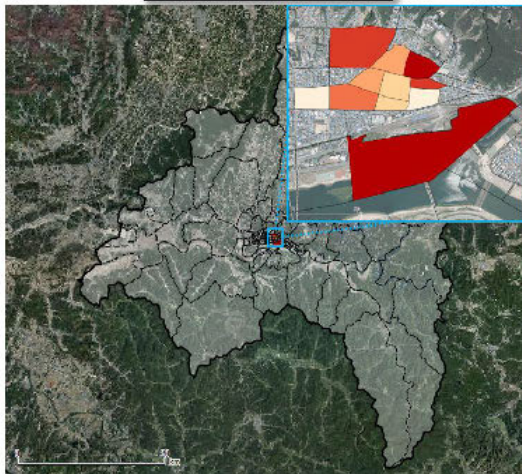
### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

#### ① 연차별 물순환 목표 설정

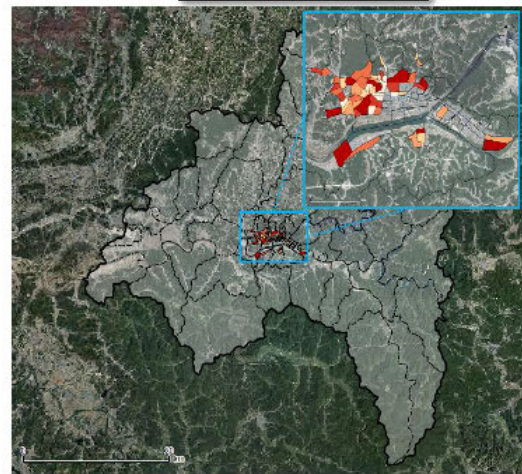
※ 안동시 우선관리지역의 선정하여 순위를 바탕으로 계획수립시점으로 20년 기준으로 하고 5년 단위로 연차별 물순환 목표를 설정함

구분	현황	단기 1차(시범지역)	단기 2차	중기	장기
년도	2017년	~2020년	~2025년	~2035년	~2065년
국가기초구역 개소수(불투수면적)	161개(56.91km <sup>2</sup> )	10개(0.88km <sup>2</sup> )	56개(3.94km <sup>2</sup> )	49개(9.81km <sup>2</sup> )	467개(42.28km <sup>2</sup> )
불투수면적률	3.72%	3.71	3.64	3.48	3.44
회복률	95.86%	95.86%	95.87%	95.89%	95.89%

단기1차(~2020년) - 시범지역



단기2차(~2025년)





## II. 기본계획 수립

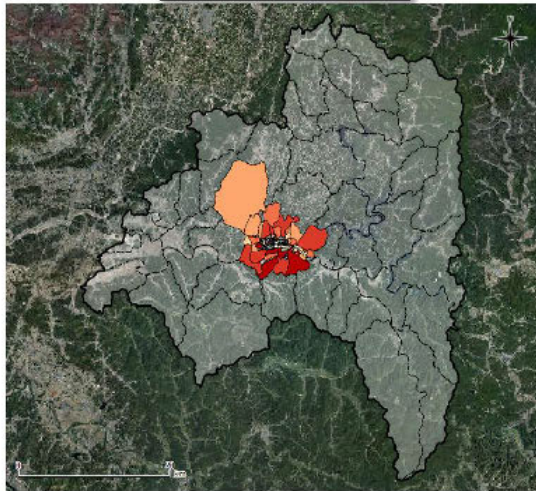
### 제3장. 물순환 목표설정 (우선관리지역)

#### 연차별 물순환 목표 설정

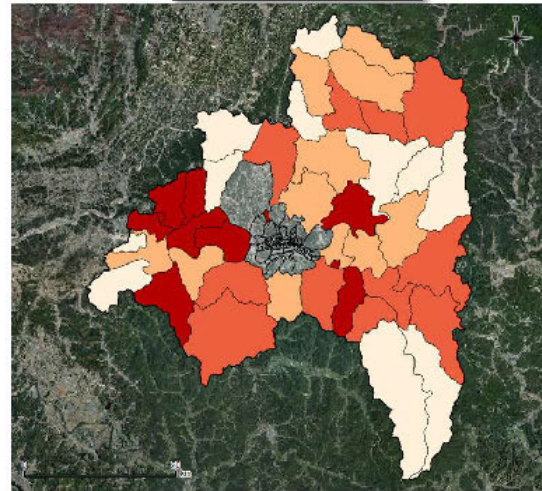
※ 안동시 우선관리지역의 선정하여 순위를 바탕으로 계획수립시점으로 20년 기준으로 하고 5년 단위로 연차별 물순환 목표를 설정함

구분	현황	단기 1차(시범지역)	단기 2차	중기	장기
년도	2017년	~2020년	~2025년	~2035년	~2065년
국가기초구역 개소수	161개(56.91km <sup>2</sup> )	10개(0.88km <sup>2</sup> )	56개(3.94km <sup>2</sup> )	49개(9.81km <sup>2</sup> )	46개(42.28km <sup>2</sup> )
불투수면적률	3.72%	3.71	3.64	3.48	3.44
회복률	95.86%	95.86%	95.87%	95.89%	95.89%

중기(~2035년)



장기(~2065년)



## II. 기본계획 수립

### 제4장. 물순환 개선 조례와 시행효과분석 (물순환 개선 조례)

#### 안동시 물순환 회복 조례 수립현황

- ※ 물순환 개선 및 최적관리 방안의 일환으로 안동시의 “안동시 물순환 회복 조례”를 2018년 부터 시행하고자 함
- ※ 물순환 시설의 분담량 산정을 위해 물순환 분담량 산정 방법, 분담계수, 토지피복별 물순환 가중치를 다음과 같이 고시함

#### 안동시 물순환 회복 조례 주요 내용

구성	주요내용
목적 및 정의 (제1조, 제2조)	물순환 회복 목적 및 조례에서 사용하는 용어를 정의함
책무/책임원칙 (제3조, 제4조)	물순환 왜곡에 대한 회복의 책무와 원인자 책임 원칙 명시
기본계획 및 목표 (제5조, 제6조)	물순환 기본계획 수립(10년 단위) 및 물순환 목표 설정 공개(고시) → 5년마다 필요성과 타당성을 검토후 기본계획 변경
계획구역의 지정 (제7조)	방재, 풍수해 등이 포함된 지구단위계획 구역 지정 및 물순환 회복을 위한 사항을 지구단위계획 기준에 반영
사전협의 (제8조)	기본계획의 실효성 확보를 위한 물순환 회복 사전협의(개발사업 시 물순환 회복 목표에 부합하도록 LID 적용 유도)
설치권고 (제9조)	건축물의 설치자 및 관리자에게 LID 시설의 설치 권고(대지면적 1,000㎡, 연면적 1,500㎡ 이상)
물순환 위원회 (제10조 ~ 제19조)	물순환위원회의 설치 및 기능, 구성, 회의 및 운영(전문가 등 15명 이내의 위원으로 구성, 물순환 회복 정책 추진에 대한 심의-안동시 시의원, 관계공무원, 전문가, 시민단체)
재정지원/우선적용 (제20조, 제21조)	지형양개발기법 적용시설에 대한 재정지원, 비점오염원 관리지역 등 필요지역에 지형양개발기법 우선 적용
물순환 회복 촉진 (제22조 ~ 제24조)	물순환 통합관리시스템의 구축 운영 연구 개발의 촉진 및 홍보 교육 등

#### 토지피복별 분담량 고시내용

- 1) 물순환 분담량 원단위  
물순환 분담량 원단위[mm] = 분담계수 X 물순환 가중치
- 2) 물순환 시설용량  
물순환 시설용량[m<sup>3</sup>] = (물순환 분담량[mm] X 불투수면적[m<sup>2</sup>])/1000
- 3) 물순환 분담계수  
국가기초구역별 물순환 분담계수는 다음 표와 같다.

구분	분담 계수	적용 국가기초구역 번호 (36600~36760)
비점오염관리지역	2.1	36614 외 111개
유출저감지역	4.6	36667 외 67개
일반관리지역	1.1	36600 외 41개

- 4) 물순환 분담가중치  
토지피복과 용도지역별 물순환 분담가중치는 다음 표와 같다.

토지피복과 용도지역별 물순환 가중치				
구분	① 주거지역	② 상업지역	③ 공업지역	기타지역 (④~⑦)
단독주거시설	2.1	2.3	2.5	1.9
공동주거시설	3.4	3.7	4.1	3.1
공업시설	3.7	4.0	4.4	3.4
상업업무시설	4.2	4.6	5.0	3.8
문화체육휴양(민간)	4.2	4.6	5.0	3.8
문화체육휴양(공공)	6.0	6.5	7.1	5.4
공공시설	6.0	6.5	7.1	5.4
도로	6.4	6.9	7.5	5.8



## II. 기본계획 수립

### 제4장. 물순환 개선 조례와 시행효과분석 (물순환 개선 조례)

#### 안동시 물순환 회복 조례 수립현황

#### 물순환 회복 사전협의 가이드라인

##### 물순환 회복 사전협의 가이드라인

2018. 05.

사업자: OOO

<참고> 전산계산

거점항개법기법 설계용량 산출서

##### 1. 물순환현황

사업명: OOO도로

소재지(OOO시 OOO구):

국가지도구역번호:

연립 부지면적:

물순환용량 한도(A)

구분

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

유역면적

##### 4. 사업영향/사업 구역영향

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

구분

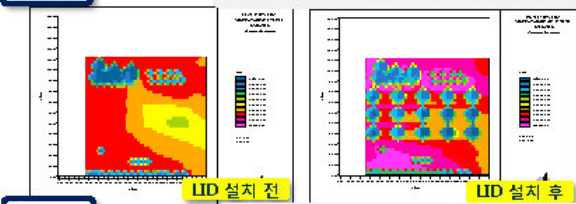
구분

구분

#### 미기후 분석 결과

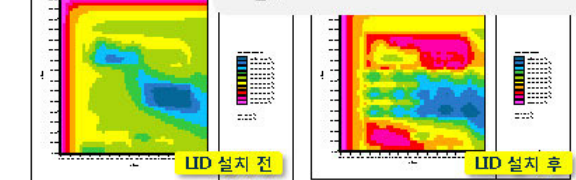
##### 열 쾌적성

◆ LID 설치 후가 LID 설치 전보다 약 20% 개선



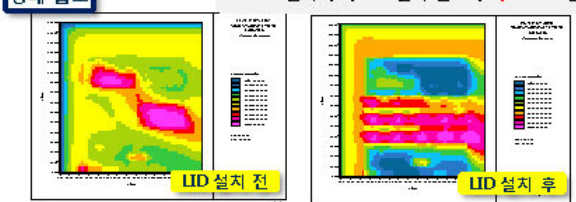
##### 대기 온도

◆ LID 설치 후가 LID 설치 전보다 약 1.5~2.5°C 감소



##### 상대 습도

◆ LID 설치 후가 LID 설치 전보다 약 5~8% 증가



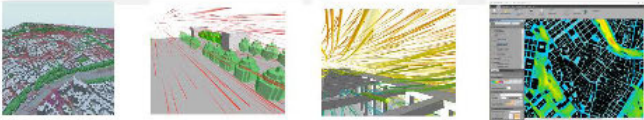
## II. 기본계획 수립

### 제4장. 물순환 개선 조례와 시행효과분석 (시행효과 분석)

#### 도시열섬 개선효과 분석

##### ENVI-MET 소개

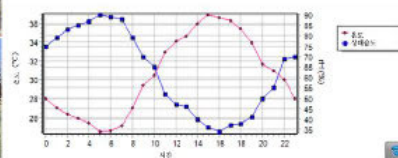
- 유체역학과 열역학 법칙을 기반의 미기후 모델링 시스템
- 건물 주위와 건물 사이 공기의 흐름, 지역 미기후에서 식생의 영향 등 등의 모의에 활용 가능
- LID 도입 시 얻을 수 있는 부가적 효과 중 도시의 열섬 효과 완화 정도를 모의하는 데에 활용



##### ENVI-MET 분석 대상지 자료 구축



- 대성지의 공간 자료 구축: 토지 피복, 건물 및 나무의 높이, 토양도 등
- 대성지의 시간별(24시간) 기후 자료 구축: 기온, 상대습도, 강우량, 풍속, 풍향











## **LID형 도시 물순환 통합시스템**

어스그린  
대표 한 경 수



## LID형 도시물순환 통합시스템



발표자 어스그린코리아(주) 한정수대표  
TEL 02.858.2970  
MOBILE 010.3729.1799  
WEBSITE [www.earthgreen.co.kr](http://www.earthgreen.co.kr)  
E-MAIL [egk@earthgreen.co.kr](mailto:egk@earthgreen.co.kr)

### 1. LID란 무엇인가? Low Impact Development

#### 1-1. 피해를 최소화하는 기법 기술이다

- 홍수 피해 (물이 과다해서 발생)
- 가뭄 피해 (물이 과부족해서 발생)
- 생태계 피해
- 기후 환경적 피해

#### 1-2. LID는 흠어지게 하는 방법이고, 모으는 것보다 분산시키는 방법이다

- 과거전쟁 : 뭉치면 살고, 흠어지면 죽는다
- 현재 LID : 뭉치면 죽고, 흠어지면 산다 (게릴라 전술)  
뭉치면 재앙, 흠어지면 재산



## 1. LID란 무엇인가?

1-3. LID는 한국형 LID가 최고!

한국 지리 지형에 맞는 LID가 중요하다

- 대한민국은 산악형, 산지형 국토를 소유한 나라
- 지형의 고, 저차로 형성된 도시가 70% 이상
- 대지면적(보도, 도로) 폭이 광,협차가 다양한 도시 형태

### ★KEY POINT

저류시설 또는 침투시설이 한국지형에 적합하도록 설계해야한다

## 2. LID를 통한 효과적인 빗물관리

2-1. 빗물은 잘못 관리하면 재앙!



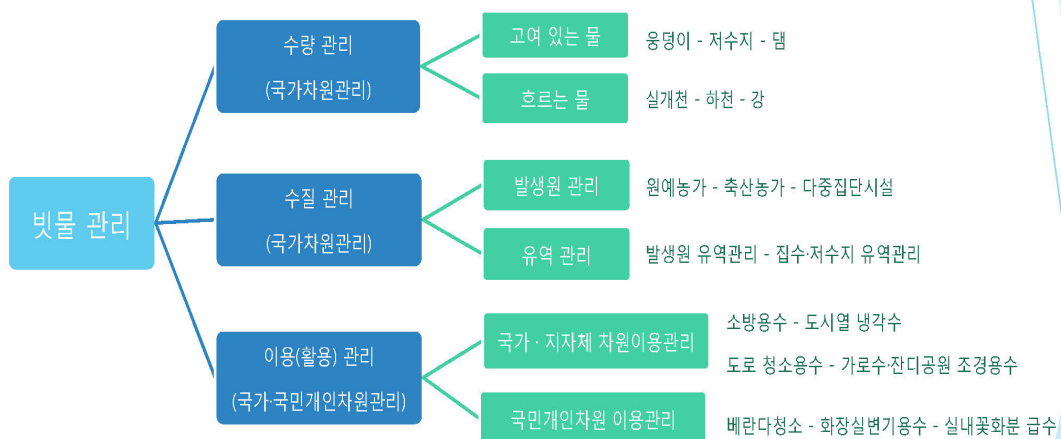


## 2. LID를 통한 효과적인 빗물관리

### 2-2. 빗물은 잘 활용하면 재산!



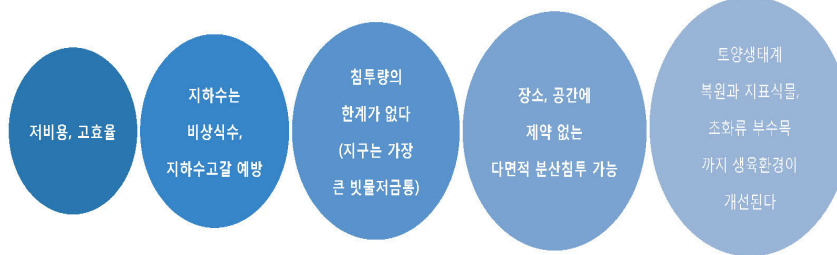
## 3. 빗물 관리의 수리, 수문학적 관찰



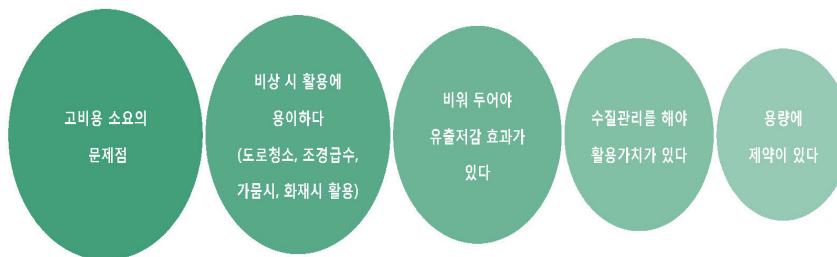


## 4. 빗물 활용 방법에 따른 구분

### 4-1. 침투형 빗물 활용 [ 무한계적인 빗물 활용 방법이다 ]

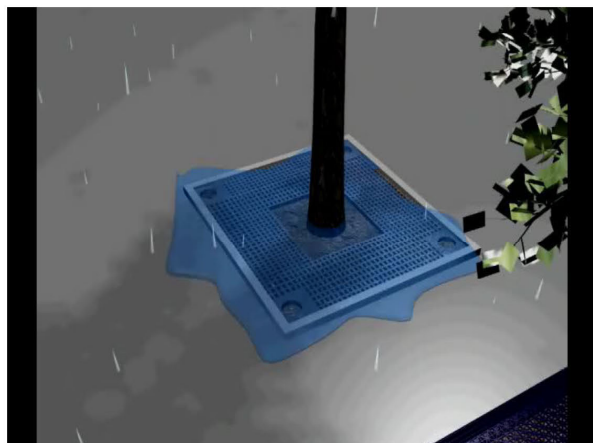


### 4-2. 저류형(저장형) 빗물 활용 [ 한계적인 빗물 활용방법이다 ]



## 4-1. 효과있는 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-1. 가로수 나무여과상자





## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-1. 가로수 나무여과상자

생육환경개선사례



## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-2. 보행로 보도블록





## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-2. 보행로 보도블록

자연생태형 실증실험 사례



## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-3. 친환경 주차장



친환경 천연잔디 주차장 시공사례



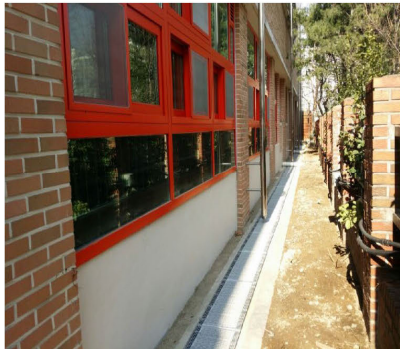


## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-4. 트랜치 (빗물 집,배수로)



### 이중안전보호판 시공사례



## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

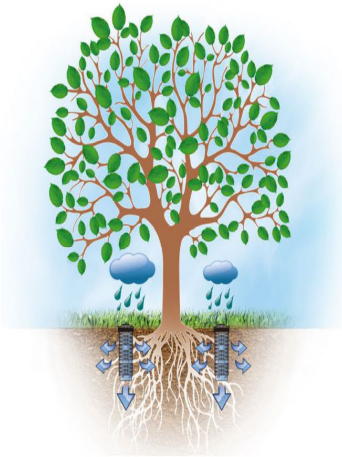
### 4-1-5. 띠녹지 여과상자





## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-6. 삼통관

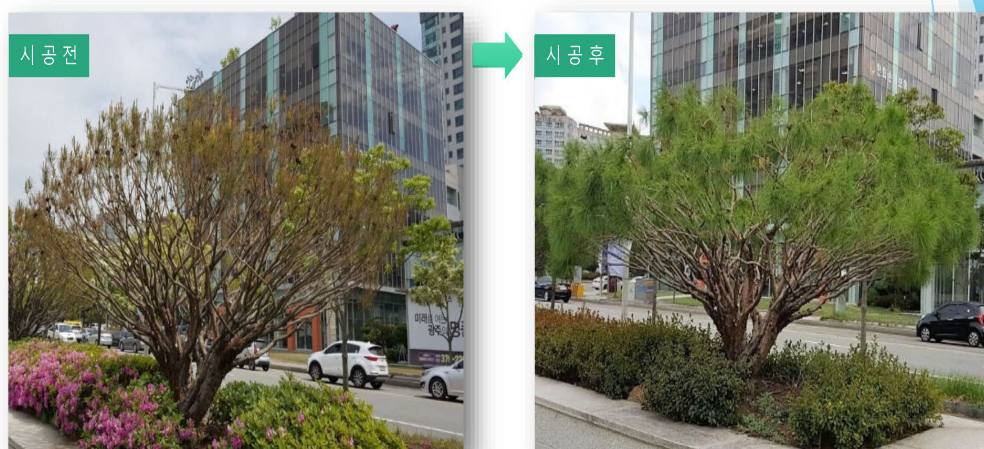


- 수목에 물, 산소, 양분을 효과적으로 공급
- 토양 표면 답압이 심한 지역 및 배수불량지역 통기 개선
- 뿌리 용기에 따른 보드블록 등 시설물 파손 예방
- 과수목의 비료 및 물공급을 원활하게 하여 수확량 증가

## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-6. 삼통관

생육환경개선사례





## 4-1. 효과적인 침투형 빗물활용 방법

### 4-1-7. 옥상녹화



### 옥상녹화 시공 단계



## 5. LID 도시 물순환 통합시스템

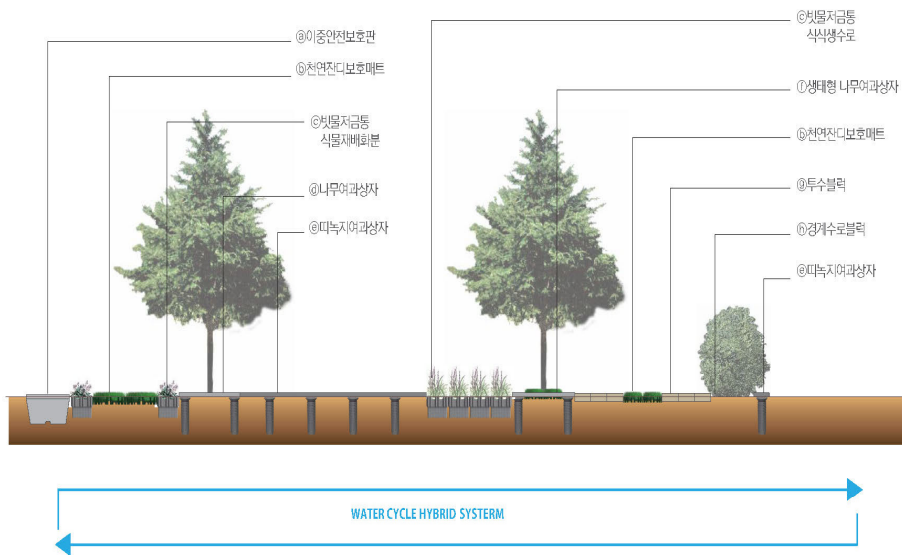
국가 R&D를 거쳐 심사 합격한 우수사례





## 5. LID 도시 물순환 통합시스템

국가 R&D를 거쳐 심사 합격한 우수사례



### ※ 결론

침투와 저류를 조화롭게 잘 적용하여  
살아 숨쉬는 건강한 생태도시, 푸른 숲 속 도시를  
만들어 가야 한다고 강력히 말씀드립니다.





# 감사합니다

빛물로 푸른도시, 녹색지구 만들어 가는 아름다운 충남!

