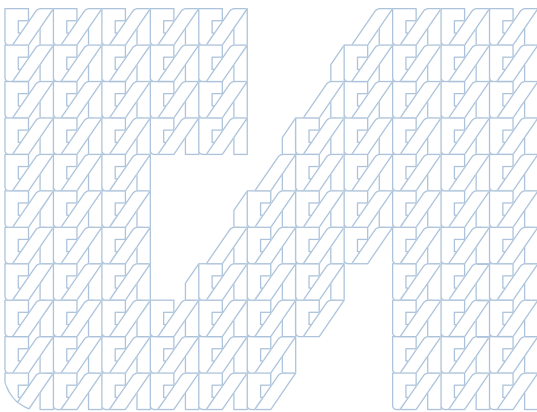


대전광역시 물 재이용에 따른 물순환 개선방안 연구

이재근



정책연구 2021-66

대전광역시 물 재이용에 따른 물순환 개선방안 연구

이 재 근

연구책임

• 이재근 / 지속가능연구실 책임연구위원

공동연구

• 이정범 / 지속가능연구실 책임연구위원
• 송양호 / 미래기획실 연구위원

정책연구 2021-66

대전광역시 물 재이용에 따른 물순환 개선방안 연구

발행인 정 재 근

발행일 2021년 12월

발행처 대전세종연구원

34051 대전광역시 유성구 전민로 37(문지동)

전화: 042-530-3500 팩스: 042-530-3528

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: 중부인쇄기획 TEL 042-253-7537 FAX 042-253-7538

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종특별자치시의 정책적 입장
과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

요약 및 정책건의

■ 연구배경 및 필요성

- 용수의 부족
 - 기후 변화로 인한 가뭄과 수질오염은 사용이 가능한 깨끗한 물의 양을 감소시키면서 향후에 물 부족의 문제가 심각해질 가능성이 높아짐
 - 반면, 수자원은 한정되어 있고 투자확대 등의 특별한 대책이 없으면 용수부족의 현상은 앞으로 더욱 심화 될 것으로 전망됨
- 적은 강수량에 의한 물 사용 스트레스
 - 우리나라는 강수량이 연 2,591 m³/인으로 세계 평균 기준으로 약 1/8 정도이고, 하천에서의 취수율이 36%로 물관리에 대한 관한 스트레스가 높은 국가군에 포함되어여 가뭄 발생시에 물 이용에 취약함
- 물순환의 효율성 증대
 - 향후 물 부족시 건전한 물순환 등의 적절 대응을 위하여 이미 사용한 물을 재사용하는 친환경적 수자원 확보가 필요함
- 물 자원의 지속가능성 도모
 - 물 자원의 효율적 활용 및 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속가능한 이용방안을 제시할 필요가 있음

■ 연구방법

- 재이용 대상
 - 빗물 이용, 중수도 이용, 하수처리수 이용, 공공 폐수처리수 이용, 발전 소온배수 이용 등
- 재이용 방법
 - 대전시에서 물 재이용을 적용할 수 있는 방법, 대상, 장소, 용량 등의 검토 등

■ 연구결과

○ 물순환 분석모델의 검토

- SHER : 일본 내에서 뉴타운 개발 등에 적용되었던 모델로 도시유역을 포함한 대상지역의 전반에 걸쳐 유효한 물순환 해석이 가능하고 일본의 하천에 물순환 해석이 적용된 바 있음
- SWAT : USDA ARS에서 개발된 준분포형 유출모형로 물순환, 화학물질 및 토사의 이동해석을 위해 개발된 모형임
- MUSIC : 호주의 물순환 해석 모델로써 호주의 주요 도시와 개발지역에서 수질저감 대책 및 우수유출에 이용되고 있음
- HSPF : 복합적 토지 이용형태를 갖는 유역에서 연속강우에 의해 발생하는 수량 및 수질예측을 위해 미국 환경청(U.S. EPA)과 미국 지질조사기관(USGS)가 개발한 모델임

○ HSPF 모델의 선정

- 도시와 농촌이 혼재된 유역에서 적용하기에 적합한 모델임
- 대전광역시는 도시지역, 농지 및 산지가 혼재된 지역으로, 혼재된 유역에 사용가능한 HSPF 모형을 선정하였으며, 또한, 최근 관련계획인 금강수질오염총량관리계획의 기준유량 산정에 적용된 모델임

○ 물재이용에 따른 유역별 물순환 및 물사용량 기준

$$\text{하천유량(m}^3\text{/일)} = \text{표면유출량} + \text{중간 및 지하수 유출량} + \text{하수처리장 방류량} + \text{하수처리수 재이용량} + \text{개별유량} - \text{취수량}$$

$$\text{총 물사용량(m}^3\text{/일)} = \text{상수와 지하수 사용량} + \text{빗물이용량} + \text{중수도사용량} + \text{하수처리수재이용량(장내용수, 하천유지용수, 농업용수, 공업용수, 도시재이용수 등)}$$

■ 향후 먹는물 공동시설(약수터) 관리를 위한 정책건의

1) 빗물이용 시설 적용에 필요한 사항

- 시설에 필요한 기본구성 검토사항
 - 빗물집수설비, 초기우수 배제장치, 처리설비, 저장설비, 소독장치, 저장조, 급수설비
- 빗물이용 시설의 설치유형
 - 옥상설치형, 지상설치형, 건물 외 매설형, 지하설치형이 있음
 - 원칙적으로 설치장소는 빗물공급에 있어서 동력이 최소로 소요되는 위치로 하여야 함
- 수질
 - 빗물이용시설의 수질기준은 중수도 수질기준 및 하수처리수 재이용수 수질기준을 준용하고 빗물 이용이란 측면에서 타 기준을 가감하거나 보완할 필요가 있음
- 빗물이용시설의 설치 확대를 위한 법규 및 제도 개선방안을 마련하여야 함
- 빗물이용 활성화를 위한 인센티브를 다양화할 수 있어야 함
- 이미 설치된 빗물이용시설에 대한 지속적인 운영·관리를 위한 관리제도를 도입하여 유휴시설이 되지 않도록 하여야 함

2) 중수도 시설 적용에 필요사항

- 설치 확대를 위한 제도의개선
 - 중수도시설 설치기준 효율화 방안 마련 및 중수도시설 물 사용량 선정 방법을 개선하여야 함
 - 공공에서 시행 공공건축물 등의 신축 및 개축 및 증축 시에 관련 지침에 중수도 시설을 설치하고 유도하는 방안을 검토하여야 함

- 중수도시설 활성화 인센티브 확대
 - 민간 중수도 설치 지원제도를 다양화하여야 함
 - 도시정비사업, 재개발사업 등 대규모 개발사업 및 신축 건축물에 대한 허용용적률 등과 같은 인센티브 도입 및 기준을 확대하는 것을 검토해야 함
 - 중수도시설 설치에 따른 연면적 감소에 대한 인센티브를 적용하여야 함
- 중수도시설의 운영 및 관리를 위한 관리제도 도입
 - 법적인 의무설치 시설 설치의 여부 조사 및 지속적 모니터링 체계를 구축하여야 함
 - 중수도 시설의 설치 이후, 지속적 관리·운영을 위하여 전문 설계·시공 업체에 위탁 및 관리하도록 하는 방안을 검토
- 중수도시설에 대한 홍보·교육 및 전문인력의 양성
 - 중수도시설 설치 시에 보조금 등의 지원에 대한 홍보 강화
 - 지역별로 하수처리수를 중수도로 공급하는 방안을 검토, 재이용수 이용처의 확대 및 홍보 강화
 - 중수도시설에 대한 평가 및 시험 체계의 마련, 시설 효율성 관리
 - 중수도시설에 대한 관리직과 관련 공무원을 대상으로 하는 직무교육의 강화

3) 하수처리수 재이용 시설 적용에 필요사항

- 하수처리수 재이용수 수요처 확대 및 보급 계획
 - 하수처리수에 대한 장외 이용률을 10% 이상으로 활용하기 위한 수요처 발굴 및 물재이용 기본계획을 수립해야 함
 - 건전화된 하천에의 유지용수 공급, 도로의 청소용수, 조경용수 등 하수처리수 재이용수의 활용용도를 확대하는 방안을 마련해야 함
 - 재이용수 용도에 따른 하수처리수 처리 및 수질기준 완화를 검토하여야 함

- 하수처리수 재이용수의 인식 개선을 위한 홍보 및 교육
 - 하수처리수의 재이용수에 대한 정기적 모니터링 체계구축을 통하여 수질기준에 대한 안전성을 강화하는 방법을 마련해야 함
 - 하수처리수 재이용을 통한 배출 오염부하량 감소 및 수질오염 총량제 달성 및 수질개선 효과가 있음을 홍보
 - 하수처리수의 재이용에 의한 물순환 체계의 회복 효과가 있음을 교육
- 하수처리수 재이용수의 요금
 - 물재이용에 따른 상수사용량 감소 및 하수처리수 재이용에 따른 요금감면 혜택을 포함해야 할 것임
 - 공공하수처리시설의 하수처리 원가검토 후에 하수처리수 재이용수 요금의 적정단가를 결정하는 것으로 진행할 필요가 있음

차 례

1장 연구의 개요	1
1절. 연구의 배경 및 필요성	3
2절. 연구의 목적 및 기대효과	5
3절. 연구방법 및 주요내용	6
2장 물 재이용 현황 조사방법 및 목표	9
1절. 빗물이용 시설	11
1. 빗물이용 시설 현황 및 조사방법	11
2. 빗물이용 가능량	15
2절. 중수도 시설	18
1. 중수도 시설 현황 및 조사방법	18
2. 중수도 시설 설치 규모	21
3. 목표연도별 중수도 관리계획 목표량	22
3절. 하수처리수 재이용 시설	24
1. 하수처리수 재이용 현황	24
2. 하수처리수 재이용 관리 계획	30
3장 물 재이용에 따른 물순환 변화조사	33
1절. 물순환 분석모델	35
2절. 물순환 분석대상 유역	42

1. 대상유역	42
2. 대상유역 분포	43
3. 유역별 자연계 및 인공계 물순환	49
4. 물재이용에 따른 물순환의 변화	50
4장 물 재이용을 위한 대상계획 검토	53
1절. 빗물이용 계획	55
1. 빗물이용 시설 사업추진 현황	55
2. 빗물이용 시설 관련 설치 및 추진방향	56
2절. 중수도 계획	62
1. 중수도 사업추진 현황	62
2. 중수도 관련 사업계획 및 추진방향	63
3. 중수도 시설의 문제점 및 개선방안	65
4. 중수도 시설의 활성화 방안	74
3절. 하수처리수 재이용 계획	77
1. 하수처리수 재이용 현황	77
2. 하수처리수 재이용 보급·확대 사업계획 및 방향	78
3. 하수처리수 재이용요금 검토	79
5장 결론 및 정책제언	81
1절. 결론	83
2절. 정책제언	84
참고문헌	87

표 차례

[표 2-1] 빗물이용 시설 조사항목	12
[표 2-2] 대전광역시 배수펌프장 현황	14
[표 2-3] 대전광역시 빗물저장율	17
[표 2-4] 국내 중수도 시설현황	19
[표 2-5] 대전광역시 중수도 의무대상시설 현황	20
[표 2-6] 대전광역시 건축물별 물사용량 및 중수도사용량 현황	21
[표 2-7] 하수처리수 재이용수의 용도 및 제한조건	25
[표 2-8] 대전하수처리장 시설계획 변경	28
[표 2-9] 하폐수유출수 재처리수 용도별 수질기준	31
[표 2-10] 대전하수처리장 방류수 수질검토 (하수처리수 재이용시)	32
[표 3-1] 물순환 해석모형의 특성 비교	40
[표 4-1] 대전광역시 빗물 이용에 따른 물 재이용 추진비율	55
[표 4-2] 빗물이용 시설의 저장조 설치위치 및 유형	59
[표 4-3] 빗물이용 시설 수질기준	60
[표 4-4] 대전광역시 빗물이용에 따른 물 재이용 추진비율	62
[표 4-5] 대전광역시 단계별 중수도 사업추진계획	62
[표 4-6] 대전광역시 하수처리수 재이용에 따른 물 재이용 추진비율	77
[표 4-7] 대전광역시 단계별 중수도 사업추진계획	77
[표 4-8] 주요 도시의 재이용부과요금 부과율	79

그림 차례

[그림 1-1] 물 재이용의 정책추진 근거	4
[그림 2-1] 대전광역시 빗물이용 및 중수도시설 위치도	13
[그림 2-2] 대전하수처리장 인근 개발사업 분포도	22
[그림 2-3] 전국의 년도별 하수처리수 이용량	26
[그림 2-4] 용도별 하수처리수 이용현황	26
[그림 2-5] 대전광역시 하수처리수 재이용 현황	27
[그림 2-6] 대전하수처리장 위치 및 하수처리구역도	29
[그림 3-1] SHER 모형의 물순환 개념도	35
[그림 3-2] SWAT의 소유역 내 물순환 개념도	36
[그림 3-3] MUSIC 강우유출 개념도	37
[그림 3-4] HSPF 수문과정 모식도	38
[그림 3-5] 대전광역시 물순환 분석을 위한 유역도	42
[그림 3-6] 물순환 분석 대상유역의 수치고도 모형	43
[그림 3-7] 대전광역시 환경기초시설 위치도	44
[그림 3-8] 대전광역시 대상유역의 티센망	45
[그림 3-9] 기후변화정보센터 기상예측 시나리오	46
[그림 3-10] 대전광역시 유량 및 수위관측소 위치	47
[그림 3-11] 대전광역시 토지이용의 분류	48
[그림 3-12] 물재이용 관련 물순환 항목 변화	51

[그림 4-1] 빗물이용시설의 계획 순서도	57
[그림 4-2] 빗물이용시설의 구성 체계	58
[그림 4-3] 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도 활용 공정도	65
[그림 4-4] 인천공항 중수도 활용 공정도	66

연구의 개요

- 1절. 연구의 배경 및 필요성
- 2절. 연구의 목적 및 기대효과
- 3절. 연구방법 및 주요내용

1장

1장 연구의 개요

1절. 연구의 배경 및 필요성

1) 배경

○ 용수의 부족

- 생활수준의 향상으로 물 수요는 늘어나고 있으며, 산업화 및 도시화에 따른 도시의 확장으로 자연환경이 파괴되고 있음
- 또한, 기후 변화로 인한 가뭄과 수질오염은 사용이 가능한 깨끗한 물의 양을 감소시키면서 향후에 물 부족의 문제가 심각해질 가능성이 높아짐
- 반면, 수자원은 한정되어 있고 투자확대 등의 특별한 대책이 없으면 용수부족의 현상은 앞으로 더욱 심화 될 것으로 전망됨

○ 적은 강수량에 의한 물 사용 스트레스

- 우리나라는 강수량이 연 2,591 m³/인으로 세계 평균 기준으로 약 1/8 정도이고, 하천에서의 취수율이 36%로 물관리에 대한 관한 스트레스가 높은 국가군에 포함되어여 가뭄 발생시에 물 이용에 취약함

○ 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률¹⁾

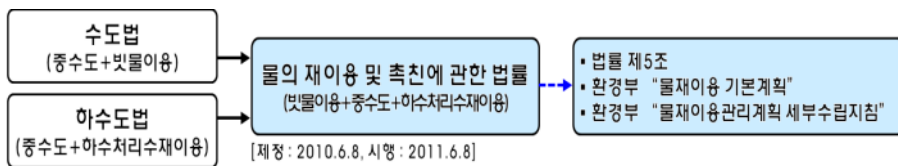
- 환경부는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」을 제정하고 동법 시행령 및 시행규칙을 공포함
- 이에 따라 그동안 그냥 버려졌던 빗물과 하·폐수를 재이용할 수 있는 법적, 제도적 기반을 마련하고 10년 단위의 법정계획을 수립·시행토록 규정하였으며, 상기법에 따른 법정계획을 수립함²⁾

1) 환경부, 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률, 법률 제10359호

2) 환경부, 물 재이용 기본계획(2011~2020), 2011

2) 필요성

- 지자체별 물 재이용계획의 수립
 - 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제6조 제1항 및 동법시행령 제3조의 규정에 의해 대전광역시 또한 “물 재이용 관리계획”을 수립하여야 함
 - 본 과업에서는 물의 재이용 정책에 있어 국가의 기본방침을 반영하고 지방자치단체 특성에 맞는 물 재이용계획의 수립과 동시에, 물의 재이용을 촉진함으로써 수자원의 효율적 활용 및 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속가능한 이용을 도모하여야 함
- 물순환의 효율성 증대
 - 기후위기로 인한 가뭄과 수질오염의 발생 가능성이 증가함에 따라 깨끗한 물이 줄어들어 물 부족 및 물순환의 문제가 심화될 가능성이 높아짐
 - 이에 따라, 향후 물 부족시 건전한 물순환 등의 적절 대응을 위하여 이미 사용한 물을 재사용하는 친환경적 수자원 확보가 필요함
- 물 자원의 지속가능성 도모
 - 물의 재이용 정책에 대한 국가 기본방침을 반영하여 대전광역시 특성에 맞는 물 재이용 관리계획을 수립하고 물의 재이용을 촉진할 수 있는 기본방향을 마련하여야 함
 - 물 자원의 효율적 활용 및 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속가능한 이용방안을 제시할 필요가 있음



[그림 1-1] 물 재이용의 정책추진 근거

2절. 연구의 목적 및 기대효과

○ 목적

- 환경부의 「물 재이용 관리계획 수립 세부지침」에 따라 대전시에서 적용할 수 있는 물 재이용 방안의 효과를 검토함
- 대전시의 물 재이용 적용 및 그 결과에 따른 대전시 하천에 대한 물순환 개선방안을 분석함

○ 선행연구 현황 및 차별성

- 대전광역시는 2022~2031년의 물재이용관리계획을 수립하여야 하는 상황이지만 물 재이용 비율이 낮아 파급효과가 낮은 상황임
- 본 연구는 변경되는 세부지침을 기준으로 대전시 물 재이용 특성을 검토하게 됨. 현재를 기준으로 대전시에서 적용 가능한 물 재이용 우선순위를 부여하고 사업 실행 시에 하천 등에 미치는 영향을 예측하여 하천관리와 연계할 수 있음

○ 연구결과의 활용 및 기대효과

- 대전시에서 사용한 물의 재이용 가능성 및 효과를 사전 검토함으로써 「물재이용 기본계획」추진 및 향후 계획방향 수립을 위한 근거로 활용
- 물의 재이용이 대전시 수계(하천)에 미치는 영향을 제시함으로써 하천관리의 방향을 제시
- 국정과제 및 시민약속사업인 「친환경 물순환도시」조성과 연계 활용

3절. 연구방법 및 주요내용

1) 물 재이용 방법의 검토

- 재이용 대상
 - 빗물이용, 중수도 이용, 하수처리수 이용, 공공 폐수처리수 이용, 발전소 온배수 이용 등
- 재이용 방법
 - 대전시에서 물 재이용을 적용할 수 있는 방법, 대상, 장소, 용량 등의 검토 등

2) 물 재이용에 따른 물순환의 변화

- 모형구축 방법
 - 물 재이용에 의한 물순환의 변화는 자연계 물순환을 모의하는 모형에 인공계 물수지를 결합함으로써 물순환 모형을 구축하여 분석
- 물순환 영향의 검토
 - 최종적으로 갑천 등 하천에의 영향 및 물순환에 미치는 영향을 검토 (대전시의 경우 구축데이터 등을 감안하여 모형 결정, QUAL-nier)

3) 주요 연구내용

- 빗물이용을 위한 조사
 - 빗물이용 시설현황, 잠재적 빗물이용 가능량, 대상시설별 빗물이용 가능량, 빗물이용목표량, 잠재적 빗물이용 가능량, 대상시설별 빗물이용 가능량, 빗물이용 목표량
- 중수도 이용을 위한 조사
 - 중수도 현황, 중수도 의무대상 외 중수도 설치운영, 잠재적 중수도 이용

가능량, 중수도 이용 목표량

○ 하수처리수 이용을 위한 조사

- 하수처리수 재이용 현황, 농업용수 재이용 현황, 공업용수 재이용 현황, 하천유지용수 재이용 현황, 하수처리장 재이용 현황, 하수처리수/공업용수/농업용수 재이용 수요계획, 목표량

○ 공공폐수처리수 이용을 위한 조사

- 공공폐수처리시설 현황, 기존 공업용수 공급현황, 폐수 처리수 재이용 대상지역 선정 및 목표

○ 발전소온배수 이용을 위한 조사

- 발전소 온배수 재이용 현황, 이용계획 등

○ 공공수역에 미치는 파급효과 분석 및 물순환 개선방안의 제시

- 물 재이용에 따른 대전시 갑천의 유량 및 수질의 변화 등

물 재이용 현황 조사방법 및 목표

- 1절. 빗물이용 시설
- 2절. 중수도 시설
- 3절. 하수처리수 재이용 시설

2장

2장 물 재이용 현황 조사방법 및 목표

1절. 빗물이용 시설

1. 빗물이용 시설 현황 및 조사방법

1) 빗물이용 현황조사

○ 조사개요

- 빗물이용 시설 현황조사는 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」, 「물 재이용시설 설치·관리 통합가이드북」 및 「물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인」상의 빗물이용 시설 설치대상인 시설물(공공청사, 체육시설, 공동주택, 학교, 대규모점포, 공장, 골프장 등)의 시설물에 대하여 각 구청별 건축물 대장 기준 건축면적 1,000 m² 이상 건축물을 대상으로 조사를 시행하여야 함

○ 조사항목

- 빗물이용 의무/비의무 대상여부, 건축물 용도 및 층수 등의 건축물 현황, 빗물 집수시설인 물받이 및 선홍통 설치여부, 기존 빗물이용 시설의 설치현황, 지하수 및 상수도 이용용도 및 사용량의 시설현황
- 빗물이용 시설 계획수립 및 시설규모 산정에 활용하기 위하여 지붕면적 및 옥상녹화면적 등을 조사하며, 물재이용에 대한 설문조사를 병행 시행하여야 함

2) 빗물이용 조사항목

○ 조사항목

- 구체적인 빗물이용 조사항목은 다음의 [표 2-1]과 같이 나타내었음

[표 2-1] 빗물이용 시설 조사항목

구 분	조 사 항 목	비 고
빗물(중수도)이용 의무/비의무 대상여부	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 법 제/개정에 따른 빗물(중수도 포함) 이용 의무대상시설 현황 조사 <ul style="list-style-type: none"> - 건축허가일, 건축면적(지붕면적), 건축연면적 - 건축물 용도 	
건축물 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 층수 - 지상 / 지하 • 건축면적, 연면적, 대지면적 • 지붕종류, 지붕형태, 지붕면적 • 물받이, 선홍통(노출, 내부, 없음) 여부, 옥상녹화현황, 녹화면적 	
빗물이용 시설 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 설치 유무, 설치위치 • 집수면적, 집수방식 • 저류조 형태, 저류조 재질, 저류조 용량 및 연간이용량 • 이용용도, 가동개시일, 설치의향 유무 	
중수도시설 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 설치 유무, 설치위치 • 시설용량 및 연간이용량 • 이용용도, 가동개시일 	
급수현황	<ul style="list-style-type: none"> • 이용용도 및 사용량 (수도 + 지하수) 	

3) 빗물이용 시설 설치현황

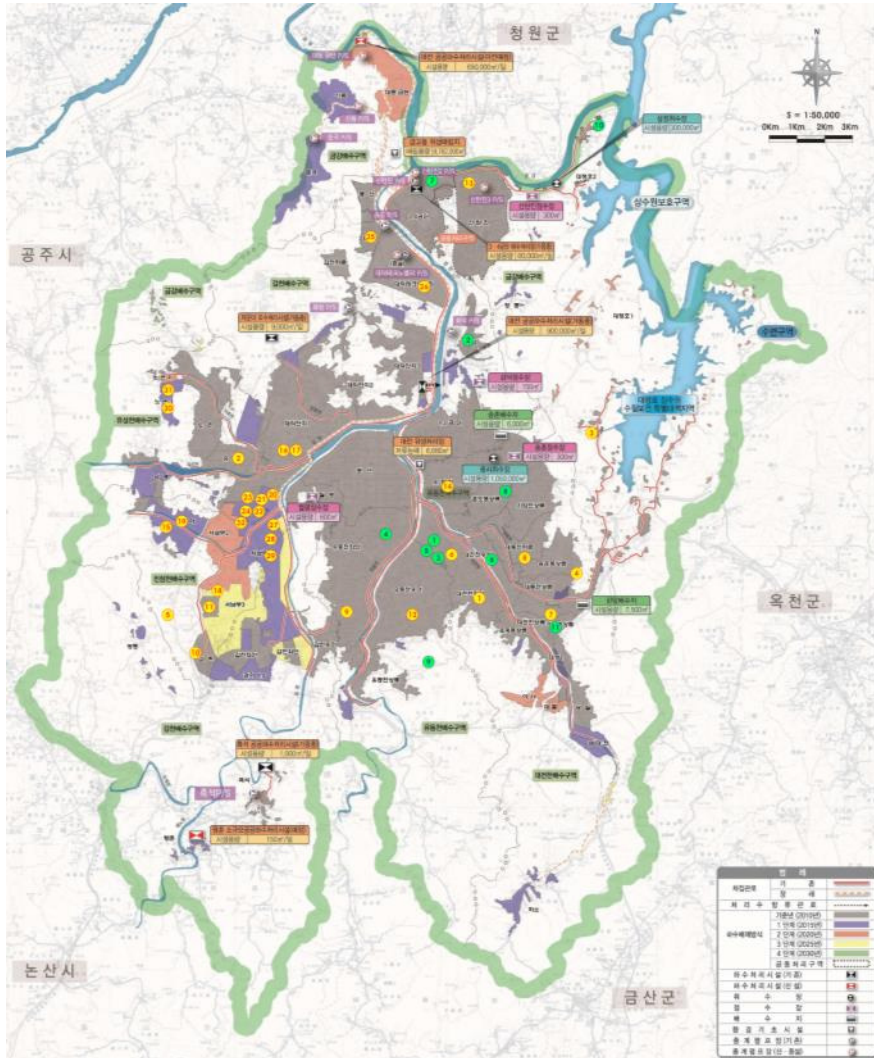
○ 설치현황

- 빗물이용 시설은 2001년 노은동 월드컵경기장 1개소를 시작으로 이후 설치 개소수가 증가하여 2014년 기준, 총 31개소가 설치되어 있음
- 설치된 빗물이용 시설 중 용운국제수영장은 의무대상시설이며 그 외 시설은 비의무대상 시설임. 용도별 시설현황은 학교가 10개소로 가장 많으며 공동주택 8개소, 공공청사 4개소, 운동시설 4개소, 대규모점포 1개소, 골프장 1개소, 공동주택 8개소, 기타시설 3개소로 총 시설용량은 5,839.1 m³임

4) 빗물이용 시설 위치

○ 위치도

- 대전광역시 빗물이용 의무대상시설은 용운국제수영장 1개소, 비의무대상 시설은 농업기술센터 등 30개소가 있음



[그림 2-1] 대전광역시 빗물이용 및 중수도시설 위치도

5) 대형 빗물저류시설 현황

○ 현황

- 대형 빗물저류시설은 홍수가 발생하였을 경우 침투유출량을 저류하여 저지대 홍수피해를 저감시키는 방재시설임. 저장된 빗물을 이용하기 위해서 저장된 강우로부터의 방재측면 저류용량을 축소하게 되어 재해의 예방을 대처하기가 어려울 수 있음
- 초기우수처리시설은 강우의 초기에 합류식 월류수 혹은 분류식 초기우수를 저류·처리하는 시설임. 초기우수 저류시간 및 저류조 내의 오염물질을 고려하면, 빗물이용 시설로의 활용은 어려워 재이용계획 수립을 위한 본 연구에는 빗물이용 시설로 반영하지 않음

[표 2-2] 대전광역시 배수펌프장 현황

시·군 (시·군·구)	유수지 배수펌프장	가동 개시년 월일	유수지			배수능력			
			유수지 유무	유수지 면적 (km ²)	유수지 용량 (m ³)	우수(배수)펌프			
						펌프 대수 (대)	구경 (mm)	펌프대수 (HP*대)	양수량 (m ³ /분)
계	2개소	-	-	33.00	77,000	8	-	-	1,124
동구	동산천	1986.9	무	-	-	4	150	10×4	8
대덕구	대덕 산업단지	1993.6	유	33.00	77,000	4	1,500	700×4	1,116

2. 빗물이용 가능량

1) 빗물이용 산정을 위한 개요

○ 조사개요

- 빗물이용 시설은 강우패턴 또는 사상에 따라 시설의 활용 및 운영빈도가 결정되며 빗물이용 및 침투, 저류시설 등은 시설목적에 따라 대상강우, 설치장소, 강우 후 처리방향 등이 상이함
- 빗물침투시설은 강우가 발생하면서 지표면의 유출이 시작되는 시점부터 활용되는 부분은 동일하지만, 빗물이용 시설은 우천시에 빗물을 저장하여 청천시에 이용하게 됨. 반면에 빗물침투시설은 우천시에 활용되는 시설이며 연중 이용가능 강우량과 활용기간을 파악하여 시설이 효율적으로 관리되도록 계획하여야 함
- 대전광역시의 빗물이용 시설의 이용가능한 강우량과 활용기간을 적절히 파악하기 위하여 강우영향 24시간을 적용한 독립강우와 일강우로 나누어 분석하여야 함
- 우천시에 지표면 유출은 지표면의 저류 손실에 의하여 즉각적으로 발생하지 않음. 반면에 대기와 지표면의 오염물질을 포함하므로 유출되는 초기 오염물질이 초기우수의 형태로 빗물침투시설 및 이용시설에 유입되지 않도록 계획하여야 함
- 기존자료의 경우 불투수면의 노면 저류량이 2 mm 정도인 것으로 제시되고 있으나 본 계획에서는 「물 재이용 관리계획 수립 세부지침」(2011.10, 환경부)에서 제시한 5 mm이상 강우를 이용가능 강우량으로 계획함

○ 분석조건

- 대상기간 : 대전광역시 관할 기상관측소의 2011 ~ 2020년 시강우자료
- 이용가능 강우량 : 대상기간 동안의 독립강우 및 일강우로써 노면저류량과 초기우수량을 고려함으로써 불투수면에 대해 모의된 강우(최소 5

mm 이상의 강우량)

- 선행무강우일수 : 빗물침투시설 침투능력 회복에 따른 규모 및 운영계획
- 무강우일수 : 빗물이용 시설 규모 및 빗물이용계획
- 강우영향일수 : 무강우일수 24시간(1일) 기준으로 독립강우를 분류함

2) 빗물저장율 산정

○ 산정방법

- 빗물이용 시설에서 실제 이용할 수 있는 빗물의 양은 시설용량이 아닌 강우시에 저장조에 저장되는 빗물의 양에 따라 좌우되며, 이를 저장률로 나타냄
- 빗물저장율은 해당 집수면적에 내린 빗물이 빗물이용 시설에 저장되는 양을 나타내는 것으로써 해당 빗물이용 시설의 용량이 적절한지 파악할 수 있는 지표가 됨
- 빗물저장량은 오랜기간 동안 축적된 빗물이용 자료를 활용하여 저장량의 규모를 파악하는 것이 중요함
- 대전광역시의 경우 빗물이용 시설이 31개소가 있으나 정량 계량자료가 없어 저장량의 파악이 불분명하므로, 시설의 운영에 따른 저장율을 산정하는데 어려움이 있음
- 또한, 시설용량 및 강우발생의 특성에 따라 저장율이 달라질 수 있으며 본 연구에서의 저장율 산정은 집수면적 1,000 m²을 기준으로 하여 빗물이용 시설 시설용량 산정계수 0.05를 적용한 빗물이용 시설(용량 50 m³) 설치에 따른 월평균 빗물저장량과 저장률을 산정하고 강우량 자료를 활용할 때는 초기우수 5 mm를 제외하고 산정하여야 함

$$\text{빗물이용저장율(\%)} = \text{저장된 빗물량(m)} \div \text{빗물이용시설용량(m)}$$

○ 산정결과

- 산정방법에 의한 빗물저장율 산정결과는 다음의 [표 2-3]과 같음

[표 2-3] 대전광역시 빗물저장율

구 분	이용가능 평균강우량 (mm/월)	이용가능 강우발생횟수 (회)	월별저장률 (%)	월별저장율× 월별저장횟수	비 고
1월	10.1	1.2	9.9	11.88	
2월	11.1	1.4	17.3	24.22	
3월	10.4	2.6	17.0	44.2	
4월	14.3	3.1	26.2	81.22	
5월	17.6	3.5	33.0	115.5	
6월	27.1	3.5	41.2	144.2	
7월	23.6	5.1	40.5	206.55	
8월	26.2	4.2	39.3	165.06	
9월	19.6	3.5	34.2	119.7	
10월	13.1	2.1	22.8	47.88	
11월	9.6	2.4	12.6	30.24	
12월	5.8	1.7	9.3	15.81	
Σ(이용가능강우발생횟수)		34.3	Σ(월별저장률 × 월별저장횟수)	1,006.46	평균 : 29.3%

○ 기타 산정방법

- 20년간 총 강우량 12,294 mm를 기준(초기우수 5mm 제외, 연속강우량 제외) 총 683회 발생시, 12,294 mm ÷ 683회 = 18.0 mm 회당 강우량으로 산정되며 50mm 기준으로 36.0%의 빗물을 저장 가능
- 서울시의 빗물이용 시설 운영 현황을 사례로 시설 미가동률 28%, 독립강우당 시설의 평균 빗물저장율이 23%로 유지
- 계절별 강우발생확율에 대한 가중치 및 이미 운영 중인 시설의 운영 현황을 고려하여 저장율 29.3% 적용

2절. 중수도 시설

1. 중수도 시설 현황 및 조사방법

1) 중수도 현황조사

○ 개요

- “중수도”란 개별시설물이나 개발사업 등으로 조성되는 지역에서 발생하는 오수를 공공하수도로 배출하지 아니하고 재이용할 수 있도록, 개별적 또는 지역적으로 처리하는 시설을 말함

○ 물재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인³⁾

물재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인(2013, 환경부)

「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따른 중수도의 설치·관리 의무대상은 다음과 같다.

- 1) 숙박업, 목욕장업, 대규모점포, 운수, 물류, 업무, 교정, 방송국 및 전신전화국 등 건축 연면적 6만제곱미터 이상인 시설을 신축·증축·개축 또는 재축하는 경우
- 2) 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 공장·발전시설
- 3) 국가, 지방자치단체, 공기업 또는 지방공기업이 시행하는 택지·산업단지·도시·관광 단지의 개발사업
- 4) 지방자치단체 조례가 정하는 시설물
- 5) 복합건축물에 여러 가지 용도의 시설물이 혼재하는 경우, 건축물의 주 용도가 설치의무대상에 해당될 시에는 전체 건물의 건축연면적이 6만제곱미터 이상이면 중수도를 설치해야 한다.

○ 준국 중수도 현황

- 전국 중수도 현황은 총 431개소로 서울특별시 96개소, 경기도 98개소,

3) 환경부, 물재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인, 2013

- 경상북도 58개소 등으로 주로 수도권에 집중 설치되어 있으며, 경기도에 가장 많은 시설이 설치되어있는 것으로 조사됨
- 용도별 이용률을 살펴보면 화장실용수로 사용하는 경우가 총 167개소로 38.74%, 도시재이용수는 112개소로 26.0%로 나타냈고, 공업용수 67개소 19.7%, 기타용수는 85개소 19.7%로 나타남
 - 기타용수는 관개용수, 분수용수, 세차용수, 소방용수, 양어장용수, 보일러용수, 난방용수, 생활용수(비음용)로 구성되어 있음

[표 2-4] 국내 중수도 시설현황

지역 (시·군·구)	개소	시설현황			
		건축연면적 (m ²)	처리용량 (m ³ /일)	중수도이용량 (m ³ /일)	이용률 (%)
전국(2013년)	431개소	57,001,165	1,266,351	858,649	67.8
서울특별시	96개소	10,903,269	23,229	11,580	49.9
부산광역시	20개소	2,482,062	6,448	3,301	51.2
대구광역시	12개소	465,586	7,214	4,042	56.0
인천광역시	10개소	473,213	24,720	11,067	44.8
광주광역시	9개소	422,740	2,244	1,484	66.1
대전광역시	10개소	1,014,623	5,188	1,381	26.6
울산광역시	3개소	169,072	4,805	4,256	88.6
세종특별자치시	1개소	1,388	4,000	3,000	75.0
경기도	98개소	14,529,884	131,314	43,037	32.8
강원도	12개소	937,717	11,230	2,421	21.6
충청북도	6개소	650,920	10,254	6,367	62.1
충청남도	21개소	1,906,996	225,005	198,919	88.4
전라북도	8개소	771,319	35,652	24,186	67.8
전라남도	11개소	6,940,670	72,780	64,541	88.7
경상북도	58개소	7,719,138	166,394	125,738	75.6
경상남도	23개소	1,942,776	10,796	3,309	30.7
제주도	10개소	444,994	1,917	1,233	64.3
한국수자원공사	23개소	5,224,797	523,161	348,787	66.7

2) 대전광역시 중수도 현황

○ 설치현황

- 대전광역시 중수도는 총 10개소가 운영중에 있으며 총 시설용량 5,169 m³/일, 이용율은 1,290m³/년으로 한국타이어(냉각수 활용)를 제외한 나머지 시설은 화장실 용수로 사용하고 있음

○ 의무대상시설 및 비의무대상시설 현황

- 대전광역시에 설치된 중수도 의무대상시설은 총 3개소로 판매 및 업무 시설이며 물재이용 촉진법 제정전, 수도법/하수도법에 의한 중수도 의무 대상시설임
- 비의무대상시설은 한국타이어외 9개소가 있으며 대전광역시청 중수도시설은 폐쇄된 상황임

[표 2-5] 대전광역시 중수도 의무대상시설 현황

구 분	시설명	위치(주소)	건축물 용 도	건 축 허가일	건축연면적 (m ²)	시 설 용 량 (m ³ /일)	사용량 (m ³ /년)
계	3개소	-	-			280	110
1	대전복합터미널 (서관) 이마트	동구 용전동 63-3	판매시설	2009.12	95,862.58	100	10
2	패션아일랜드	동구 가오동 557	판매시설	2006.09	7,088.62	80	-
3	한국철도공사	동구 소재동 293-74	업무시설	2006.06	111,365.97	100	100

2. 중수도 시설 설치 규모

○ 산정 기준

- 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 해당하는 중수도의 경우 설치규모는 아래의 식을 기준으로 한다.
- 기존시설 : 물사용량 10% 해당 규모로 산정
- 개발사업 : 개발사업의 시행 시에 물 사용량 10%를 적용하여 산정
- 공장시설 : 1일 폐수발생량이 1천500 m³ 이상 시설물을 대상으로 물 사용량 10%에 해당하는 중수도 규모로 산정

○ 중수도 사용량

- 기 설치된 중수도 사용비율은 약 20.6%로, 산정기준인 10%를 상회하고 있으나 시설용량에 비해 사용이 미미한 시설도 있으므로 별도의 용량산정 기준을 적용하지 않고 법적 설치기준에 따라 시설을 설치하여야 함

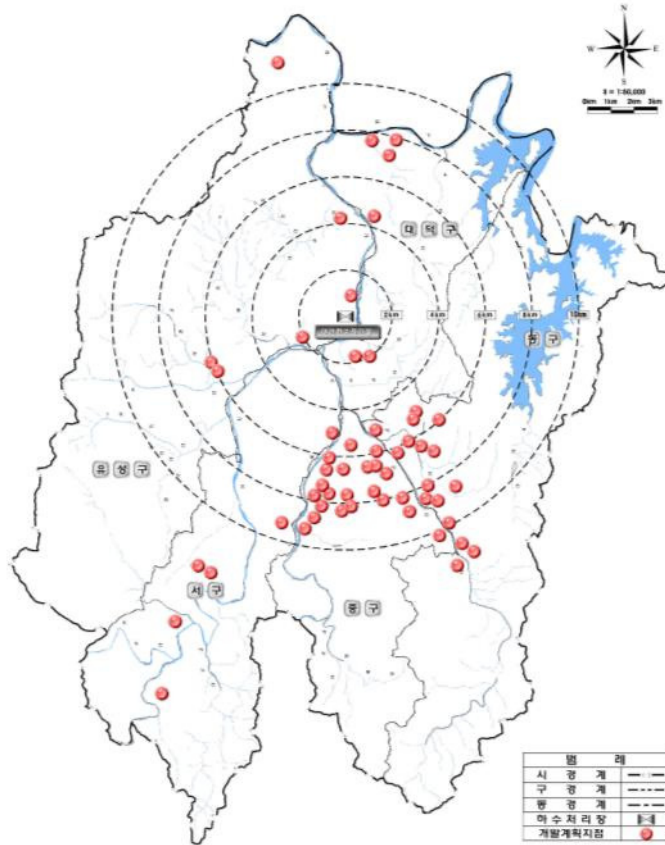
[표 2-6] 대전광역시 건축물별 물사용량 및 중수도사용량 현황

대상시설		물사용량 (상수+지하수, m ³ /일)	중수도사용량 (m ³ /일)	사용비율 (%)	비 고
중 수 도 설 치 건 축 물	한국타이어(주)	4,426	800	18	
	대청공원 공중화장실	4	3.4	85	
	한국수자원공사	53	48	90	
	패션아일랜드	187	-	-	
	대전복합터미널 이마트	397	10	3	
	롯데백화점	222	74	33	
	정부대전청사	366	68	19	
	을지외과대학 둔산병원	487	183	38	
	한국철도공사	109	100	92	
	사정공원	-	3.5	-	
계	6,251	1,289.9		평균 20.6%	

3. 목표연도별 중수도 관리계획 목표량

○ 개요

- 중수도 의무대상시설은 관련법에 따른 「수도법」, 「하수도법」에 따른 건축물 물재이용 촉진법에 따른 장래 개발사업 외 건축연면적, 폐수발생량에 따른 의무대상시설은 시행일 이전 설치된 건축물이 대부분임
- 물재이용 활성화 측면을 고려한 비의무대상시설 설치방안은 시설설치비, 유지관리(수질) 측면을 고려하여 사업자 부담이 과중하여 본 계획에서는 제외할 수 있음



[그림 2-2] 대전하수처리장 인근 개발사업 분포도

○ 단계별 중수도 목표량 및 시설계획

- 법률 제/개정에 따른 대전광역시 단계별 중수도 목표량은 아래와 같으며 개발예정인 도시개발사업 중에 상수도의 공급계획이 수립되지 않은 계획은 예측값을 적용하였으며 향후에 구체적인 공급·수요 계획이 수립될 경우 재검토한 후 반영하는 것이 적절함

시기별 중수도 설치 의무대상 개요

■ 수도법 시행령 제15조(2001.9.29.~2007.9.27. 적용)

- 건축연면적 6만 m² 이상인 숙박업/목욕장업 시설, 대규모 점포, 판매 및 영업시설(여객자동차 터미널, 화물터미널, 철도역사, 공항시설, 항만시설, 종합여객시설), 업무시설, 공공용시설(교도소, 방송국, 전신전화국), 각 지자체에서 조례로 정하는 시설
- 1일 폐수배출량이 1,500 m² 이상인 공장

■ 하수도법 시행령 제21조(2007.9.28.~2011.6.8. 적용)

- 건축연면적 6만 m² 이상인 숙박업/목욕장업 시설, 대규모 점포, 운수시설(집배송시설 제외), 업무시설, 교도소, 방송국, 전신전화국, 각 지자체에서 조례로 정하는 시설
- 1일 폐수배출량이 1,500m² 이상인 공장

■ 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령 제11조(2011.6.9. 이후 적용)

- 건축연면적 6만 m² 이상인 숙박업/목욕장업 시설, 물류시설, 대규모 점포, 운수시설, 업무시설, 방송국, 교정시설, 전신전화국, 각 지자체에서 조례로 정하는 시설
- 1일 폐수배출량이 1,500 m² 이상인 공장, 발전시설
- 관광단지개발사업, 산업단지개발사업, 도시개발사업, 택지개발사업

■ 「물 재이용시설 설계 및 유지관리 가이드라인」(환경부, 2013)

○ 1.2.3.2 중수도 설치대상

- 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」에 따른 중수도의 설치관리 의무대상은 다음과 같다

3) 국가, 지방자치단체, 공기업 또는 지방공기업이 시행하는 택지·산업단지·도시·관광 단지의 개발사업

※ 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」시행일 이후(2011.6.9.) 최초승인(변경 포함)을 받은 것부터 적용한다.

3절. 하수처리수 재이용 시설

1. 하수처리수 재이용 현황

1) 하수처리수 재이용 현황조사

○ 개요

- 하수처리수 재이용은 공공하수처리시설에서 처리된 물을 재이용하는 것으로 물부족해소, 하천내 배출부하량 감소, 하천건천화 방지 등 사회/경제적 비용을 절감할 수 있는 양질의 안정적인 재이용원임

물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 시행령
[시행 2014.7.17] [법률 제11908호, 2013.7.16,
일부개정]

제12조(공공하수도관리청의 하·폐수처리수 재처리수 공급대상 시설 등) 법 제10조 제1항에 따라 하·폐수처리수 재처리수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다. 이하 이 조에서 같다)를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상 시설은 1일 하수처리 용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 말하며, 하·폐수처리수 재처리수로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 양은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 한다.

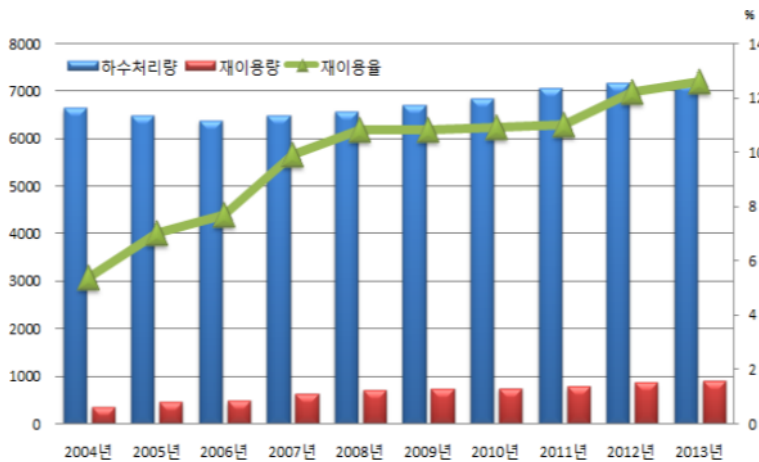
- 하수처리수 재이용수에 있어서 대표적인 용도는 도시재이용수, 조경용수, 하천유지용수, 친수용수, 농업용수, 습지용수, 공업용수, 지하수충전의 8개 분야로 구분되며, 그 내용은 다음의 [표 2-7]과 같음

[2-7] 하수처리수 재이용수의 용도 및 제한조건

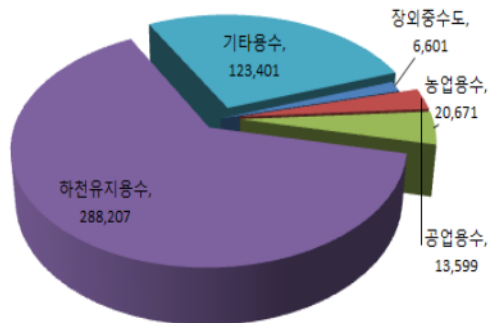
구분	대표적 용도	제한조건
도시 재이용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 주거지역의 건축물외부 청소 ② 도로 세척 및 살수 ③ 기타 일반적인 시설물 등의 세척 ④ 화장실의 세척용수 ⑤ 건축물내부 비음용, 인체 비접촉 세척용수 	<ul style="list-style-type: none"> • 도시지역 내에서 일반적 오물, 협잡물 청소 용도로 사용하며 다량의 청소용수를 사용해도 직접적 건강 위해가능성이 없는 경우 • 비데 등을 통한 인체접촉 및 건축물 내의 비음용 및 비접촉 세척시에 잔류물 등에 따른 위생상 문제가 없도록 처리하여야 함
조경용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 도시의 가로수 등 관개용수 ② 체육시설, 골프장 등의 잔디 관개용수 	<ul style="list-style-type: none"> • 주거지역에서 녹지에 대한 관개용수로 공급하는 경우 식물 생육에 큰 위해를 주지 않는 수준이어야 함
친수용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 도시 및 주거지역에 인공적으로 건설되는 수변 친수(親水)지역 수량공급 ② 기존의 수변지구 수량 증대를 통하여 수변 식물의 성장을 촉진하기 위하여 보충 공급 ③ 기존 하천, 저수지 등 수질의 향상을 통하여 친수레크레이션(물놀이 등)의 기능을 향상 목적으로 공급되는 용수 	<ul style="list-style-type: none"> • 재이용수를 인공적으로 건설된 친수시설 용수로 모두 사용하는 경우, 친수의 용도에 따라 재이용수 수질 강화 여부를 결정 • 일반적인 친수목적 보충수는 기존 수계의 수질 유지하거나 향상시킬 수 있어야 하며, 목적에 따라 재이용수 처리도를 강화할 수도 있음
하천유지용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 하천유지하는데 필요한 수량을 확보하기 위해 공급되는 용수 ② 저수지, 소류지 등 저류량을 확대하기 위한 목적으로 공급 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 유지용수 유량의 증대가 주된 목적이므로 수계의 자정용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화시킬 수 있음
농업용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 비식용 작물의 관개를 위해 전량 또는 일부를 공급하는 용도 ② 식용농작물 관개용수를 보충하기 위해 인체 비유해성이 검증된 경우 <ul style="list-style-type: none"> • 직접적 식용은 조리하지 않고 그대로 먹을 수 있는 작물 • 간접적 식용은 조리하거나 가공을 거치고 먹을 수 있는 작물 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 농업용수 수질을 만족하여야 하지만, 관개용수 유량 보충 시에 농업용수의 수질기준이거나 기존의 수질보다 개선이 가능하도록 처리하여야 함
습지용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 고립 소규모 습지의 수원으로 사용하는 경우 ② 하천유역의 대규모 습지에 대한 주요 수원으로 공급하는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 습지 내 미세하게 생태계어의 악영향을 미치지 않도록 각종 영양소 등의 제거 및 생태계영향 평가를 거쳐 공급해야 함
지하수 충전	<ol style="list-style-type: none"> ① 지하수에의 함양을 통한 지하수위 상승 목적 ② 지하수자원 보충용도 	<ul style="list-style-type: none"> • 지하수계의 오염물질 제거와 축적 가능성을 평가하여 지하수 관리에 영향이 없도록 공급해야 함
공업용수	<ol style="list-style-type: none"> ① 냉각용수 ② 보일러 용수 ③ 공장내부의 공정수 및 일반용수 ④ 기타 각 산업체 및 공장의 용도 	<ul style="list-style-type: none"> • 일반적 수질기준은 설정하고 공업용수는 기본적으로 사용자 요구수질에 맞추어 처리하여야 하므로 산업체 혹은 세부적 용도에 따른 수질 기준은 지정하지 않음

○ 전국 공공하수처리시설 하수처리수 재이용 현황

- 전국 하수처리수 재이용량은 2002년 262백만톤/년(재이용율 4.3%)에서 점차 증가하여 2013년도말 기준 907백만톤/년(재이용율 12.6%)로 매년 증가하는 추세임
- 재이용수의 51.2%(4억톤)가 세척수·청소수·냉각수 등 장내용수로 사용되고 있으며 48.8% (3.9억톤)가 하천유지·농업·공업 등의 장외용수로 이용되고 있음



[그림 2-3] 전국의 연도별 하수처리수 이용량

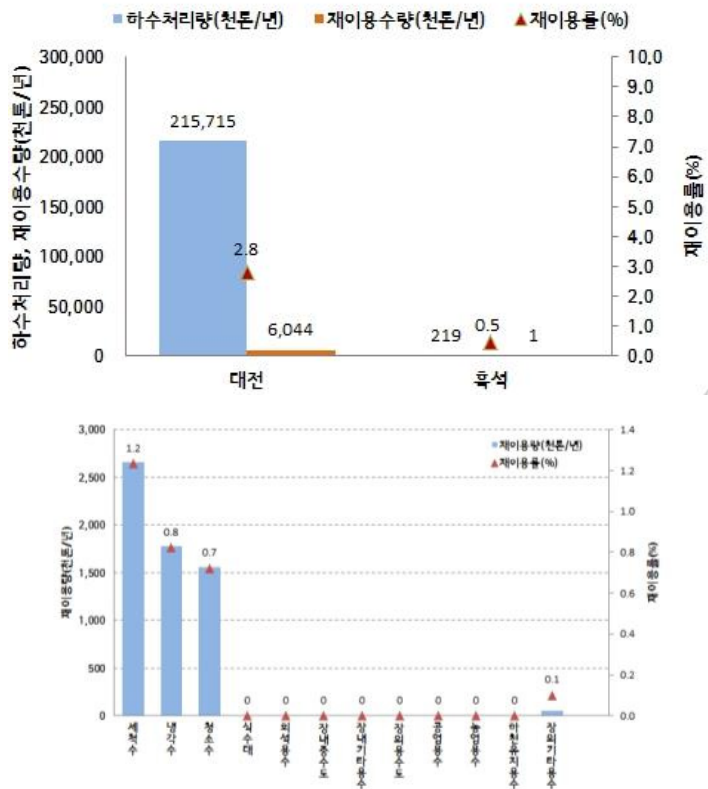


[그림 2-4] 용도별 하수처리수 이용현황

2) 대전광역시 하수처리수 재이용 현황

○ 대전하수처리장 하수처리수 재이용 현황

- 2009~2013년 대전광역시 2개 공공하수처리시설의 연간 하수처리량(평균) 211,277천 m³/년 가운데 재이용량은 5,011천 m³/년으로 하수처리수 재이용률은 2.3%에 불과, 전국 하수처리수 재이용률 10.9%에 비해 상당히 낮은 실정임
- 2008~2012년 대전광역시 공공하수처리시설의 용도별 하수처리수 재이용현황은 장내용수로 5,011천 m³/년을 전량 사용하고 있으며 장외용수로는 2012년 50.8천 m³/년을 이용하고 있음



[그림 2-5] 대전광역시 하수처리수 재이용 현황

3) 대전광역시 하수처리장 이전계획

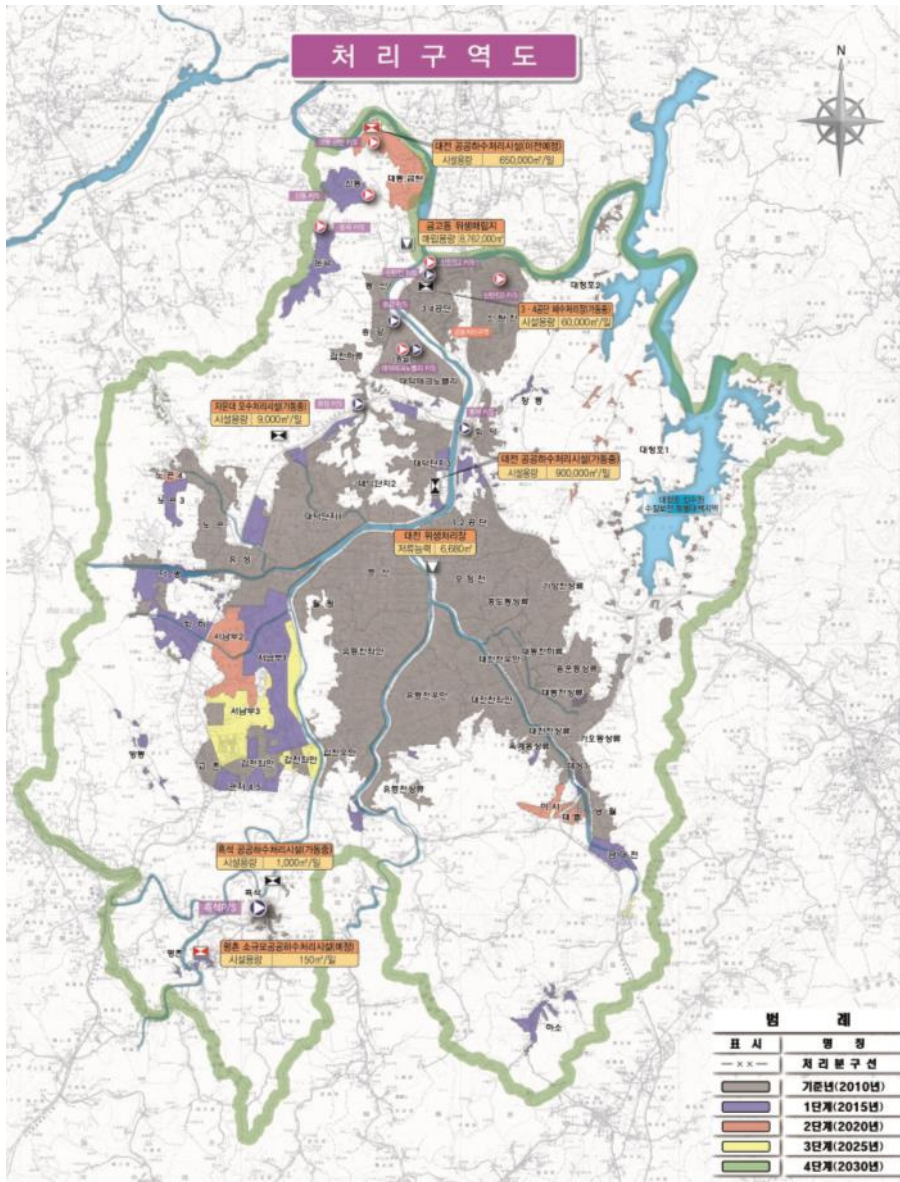
○ 개요

- 「대전광역시 하수도정비기본계획 변경」(2012) 상 대전 공공하수처리시설을 2030년에 대동/금탄동 일원으로 이전토록 계획하였으며, 장래 계획하수량을 고려하여 시설용량은 $Q=650,000 \text{ m}^3/\text{일}$ 로 시설계획을 수립함
- 하수처리수 재이용을 위한 시설계획 수립 시 이전 후 여건변화를 고려한 재이용계획 수립이 필요하며 이전과 관련한 주요 내용은 다음의 [표 2-8]과 같음

[표 2-8] 대전하수처리장 시설계획 변경

구 분		기 존	1단계	2단계	3단계	4단계
목표년도		2010년	2015년	2020년	2025년	2030년
발생하수량($\text{m}^3/\text{일}$)		538,204	585,801	610,195	625,870	629,795
시설 용량 ($\text{m}^3/\text{일}$)	기 존	900,000	900,000	900,000	900,000	-
	이전용량	-	-	-	-	650,000
	누 적	900,000	900,000	900,000	900,000	650,000
	과부족	(+)361,796	(+)314,199	(+)289,805	(+)274,130	(+)20,205
착공 년도	대전하수처리시설 이전 ($Q=650,000 \text{ m}^3/\text{일}$)	-	-	-	2025년	-
가동 년도	대전하수처리시설 이전 ($Q=650,000 \text{ m}^3/\text{일}$)	-	-	-	-	2030년

- 이전하는 하수처리장의 위치는 유성구 금탄동 일원으로 다음의 [그림 2-6]과 같이 나타냄



[그림 2-6] 대전하수처리장 위치 및 하수처리구역도

2. 하수처리수 재이용 계획

1) 장내용수 공급

○ 공급계획

- 대전 공공하수처리시설의 장내용수는 2009년 4,562천 m³/년 → 2012년 5,448천 m³/일로 증가하였음
- 시설용량(Q=900,000 m³/일) 대비 장내용수의 비율이 1.8%로 장내용수의 증가분이 목표연도에 영향을 미치지 않는 것으로 하여 장내용수량(적용값, Q=6,000천 m³/년)을 목표년도까지 장내용수 공급량으로 반영하는 것이 합리적임

2) 대전하수처리장 방류수의 재이용 가능여부

○ 재이용 가능 수질기준

- 농업용수 수질기준 중에 직접적 식용은 농산물을 조리하지 않고 날것으로 먹는 경우에 적용하고, 간접적 식용은 조리를 하거나 일정 가공을 거쳐서 먹는 경우에 적용함. 농업용수는 추가적으로 다음의 항목에 대한 수질기준을 만족해야 함(단위: mg/L)

알루미늄 (Al)	비소 (As)	총붕소 (B-total)	카드뮴 (Cd)	6가크롬 (Cr+6)	코발트 (Co)	구리 (Cu)	납 (Pb)
5 이하	0.05 이하	0.75 이하	0.01 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.2 이하	0.1 이하
리튬 (Li)	망간 (Mn)	수은 (Hg)	니켈 (Ni)	셀렌 (Se)	아연 (Zn)	시안 (CN)	(PCB)
2.5 이하	0.2 이하	0.001 이하	0.2 이하	0.02 이하	2 이하	불검출	불검출

- 항목별 수질검사는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제5호에 따른 수질오염물질 공정시험기준에 따라 검사하여야 함
- 제2호의 내용에도 불구하고 알루미늄(Al), 코발트(Co), 총붕소(B-total), 리튬(Li) 항목은 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」 제6조제1항제6호에 따른 먹는물 공정시험기준에 따라 검사해야 함

- 공업용수의 수질기준은 산업용수로 사용하는 경우 적용하며, 다회순환냉각수, 보일러용수, 공정수 등은 수요처와 협의하여 수질을 정함
- 하·폐수처리수의 재처리수 수질기준은 재처리시설에서 최종적으로 처리하여 송수하는 수질에 적용하며, 「하수도법 시행규칙」 별표 1에 따른 공공하수처리시설의 방류수수질기준이 재처리수 기준보다 강화된 경우에는 「하수도법 시행규칙」을 따름
- 공공하수도관리청이 공익적인 목적으로 공급하는 도시 재이용수, 조경용수, 하천유지용수, 농업용수, 친수용수에 대한 수질기준은 2013년 6월 9일부터 적용함

[표 2-9] 하폐수유출수 재처리수 용도별 수질기준

구 분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	농업용수		습지용수	지하수 충전	공업용수
					직접식용	불검출			
총대장균군수 (개/100ml)	불검출	200 이하	불검출	1000 이하	직접식용 간접식용	불검출 200이하	200 이하	「먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙」 별표 1에 따른 먹는물의 수질기준을 준수할 것	200 이하
결합잔류염소 (mg/L)	0.2 이상	-	0.1 이상	-	-		-		-
탁 도 (NTU)	2 이하	2 이하	2 이하	-	직접식용 간접식용	2이하 5이하	-		10 이하
부유물질 (SS)(mg/L)	-	-	-	6 이하	-		6 이하		-
생물화학적 산소요구량 (BOD)(mg/L)	5 이하	5 이하	3 이하	5 이하	8 이하		5 이하		6 이하
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것		불쾌하지 않을 것		불쾌하지 않을 것
색도 (도)	20 이하	-	10 이하	20 이하	-		-		-
총질소 (T-N)(mg/L)	-	-	10 이하	10 이하	-		10 이하		-
총 인 (T-P)(mg/L)	-	-	0.5 이하	0.5 이하	-		0.5 이하		-
수소이온 농도(pH)	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5	5.8~8.5		5.8~8.5		5.8~8.5
염화물 (mgCl/L)	-	250 이하	-	-	-		250 이하		-
전기전도도 (μs/cm)	-	-	-	-	직접식용 간접식용	700이하 2000이하	-		-

○ 방류수 수질 대비 용도별 하수처리수 재이용 수질

- 하수처리수 재이용수는 계절 및 일간 중 시간대별 수질과 유량변화를 고려하여 정상적인 변동범위와 악조건에서도 재이용수의 용도별 수질기준을 달성할 수 있도록 계획하여야 함
- 대전하수처리장 방류수질의 경우 하천유지용수로의 활용시 용도별 수질기준 중 대장균 및 SS, T-N 항목을 초과하고 있어 방류수를 이용한 재이용은 불가하지만 별도의 여과 및 소독시설을 설치할 경우, 하천유지용수의 조정용수까지 활용/가능할 것으로 판단됨
- 하지만, 대전하수처리장이 2026년을 목표로 이전에 계획되어 있어 방류수 수질개선을 위한 시설의 추가설치가 어려워 하수처리수 재이용에 어려움이 많은 상황임
- 이에, 2026년 이후를 기준으로 하수처리장 방류수의 재이용계획을 수립하는 것이 합리적으로 판단됨

[표 2-10] 대전하수처리장 방류수 수질검토 (하수처리수 재이용시)

구 분		BOD	SS	T-N	T-P	대장균
대전처리장 방류수질	평 균	2.4	2.4	10.159	0.147	462
	최 고	4.6	9.8	17.909	0.244	2,771
	최 저	0.3	0.8	4.554	0.086	30
하수처리수 재이용 수질기준	도시재이용수	5 이하	-	-	-	불검출
	조경용수	5 이하	-	-	-	200 이하
	친수용수	3 이하	-	10 이하	0.5 이하	불검출
	하천유지용수	5 이하	6 이하	10 이하	0.5 이하	1000 이하
	농업용수	8 이하	-	-	-	불검출 200 이하
	습지용수	5 이하	6 이하	0.5 이하	0.5 이하	200 이하
	지하수 충전	먹는물 수질기준 준수				
	공업용수	6 이하	-	-	-	200 이하

물 재이용에 따른 물순환 변화조사

1절. 물순환 분석모델

2절. 물순환 분석대상 유역

3장

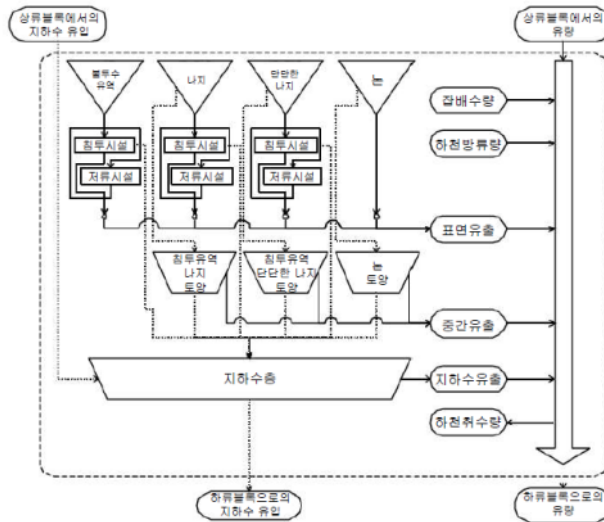
3장 물 재이용에 따른 물순환 변화조사

1절. 물순환 분석모델

1) 물순환 분석모델 개요

○ SHER(Similar Hydrologic Element Response)

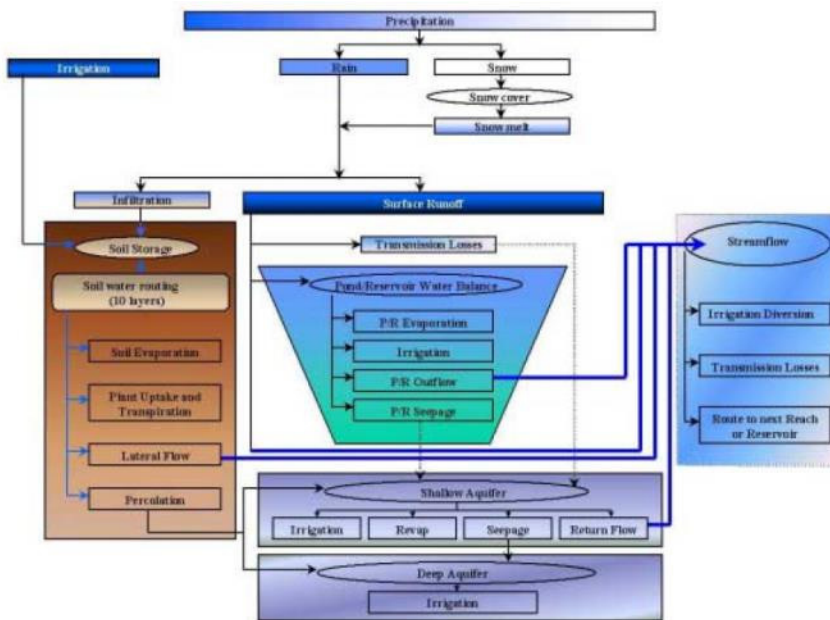
- SHER (모형은 일본 내에서 뉴타운 개발 등에 적용되었던 모델로 도시 유역을 포함한 대상지역의 전반에 걸쳐 유효한 물순환 해석이 가능하고 일본의 하천에 물순환 해석이 적용된 바 있음
- 수문학적으로 균일 블록을 설정하고 지형요인에 의한 유출특성을 객관적으로 반영할 수 있는 특징이 있으며, 그 블록 내에 불투수구역, 논, 나지, 단단한 나지의 4개의 부분으로 분할하였음
- 적용범위가 상대적으로 좁아 호소저류지 및 습지의 정보를 제공하지 않고, 자연지 보전대책 수립에 관련된 방안을 검토할 수 없음



[그림 3-1] SHER 모형의 물순환 개념도

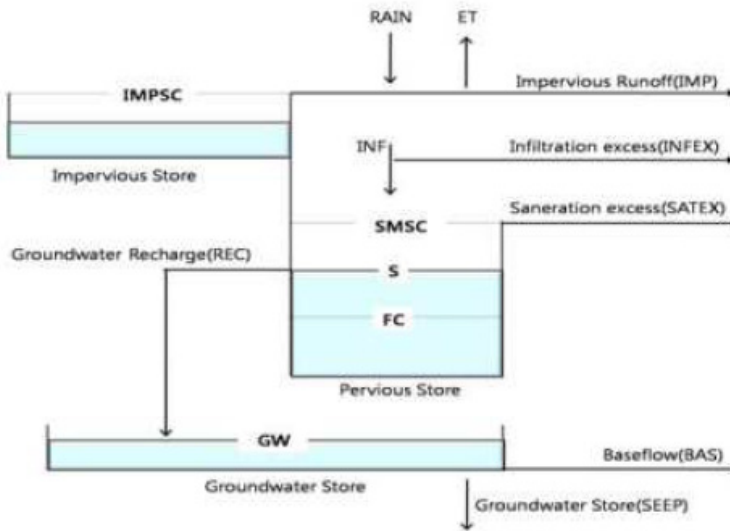
○ SWAT(Soil and Water Assessment Tool)

- SWAT은 USDA ARS(미국 농무성 농업연구소)에서 1994년에 개발된 준분포형 유출모형임
- 물순환, 화학물질 및 토사의 이동해석을 위해 개발된 모형이며, 농촌의 유역에서 장기간에 대한 비점오염물질의 농도예측이 가능하도록 GIS Interface를 통해 손쉽게 모형구축이 가능하도록 개발되었음. 다양한 토지이용 및 토양관리에 따른 물순환의 모의가 가능함
- 물순환 분석을 위한 SWAT 모형은 유역 경사, 토지이용 및 토양에 따른 HRU(Hydrologic Response Unit)를 적용함으로써 표면유출, 중간유출, 지하수유출, 관계지역과 투수지역에의 침투량을 산정함
- 국내에서도 용담댐 상류, 경안천, 남한강하류, 보청천 등의 토지피복변화, 수리학적 거동특성, 수변구역 조성에 따른 유출특성 연구에 활용된 사례가 있음



[그림 3-2] SWAT의 소유역 내 물순환 개념도

- MUSIC(Modeling of Urban Stormwater Improvement Conceptualisation)
 - MUSIC은 호주의 물순환 해석 모델로써 호주의 주요 도시와 개발지역에서 수질저감 대책 및 우수유출에 이용되고 있음
 - MUSIC 모델은 도시지역 물순환계를 예측하고 수질 해석을 위한 목적으로 개발되었음
 - 산림, 주거지역 등으로 소유역을 구분·연결하여 우수유출해석, 처리시설에 대한 물순환 및 수질 변화 해석을 지원하고 있음
 - 호주 주요 도시에 적용되었고 국내에서는 판교신도시에 적용되고 있는 모델임

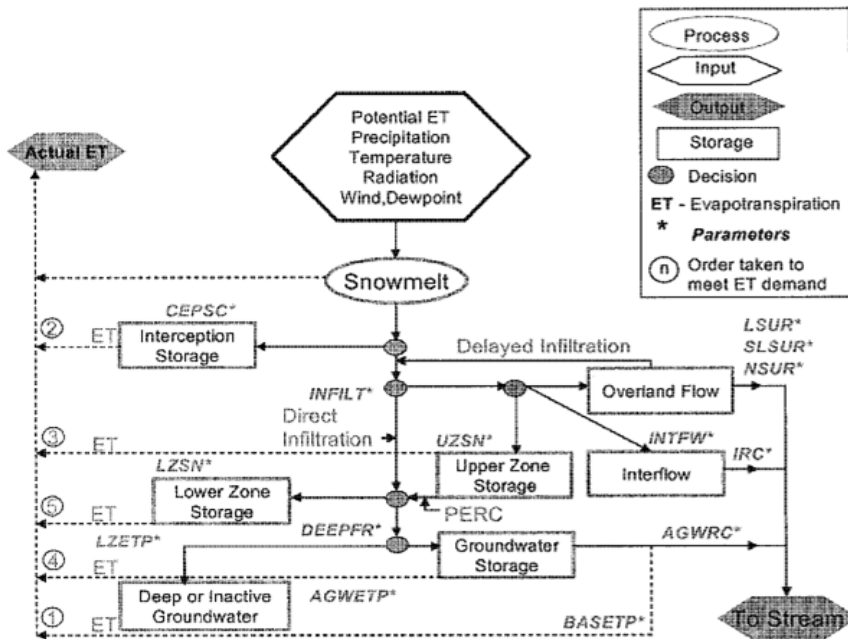


[그림 3-3] MUSIC 강우유출 개념도

- HSPF(Hydrological Simulation Program-FORTRAN)
 - HSPF 모델은 복합적 토지 이용형태를 갖는 유역에서 연속강우에 의해 발생하는 수량 및 수질예측을 위해 미국 환경청(U.S. EPA)과 미국 지질조사기관(USGS)가 개발한 모델임
 - 유역 내 토지이용에 따른 특정 오염물질에서의 비점오염 부하량을 모의

하고 이를 점오염 부하량과 결합함으로써 강우에 따른 물의 흐름을 하천의 수질모의와 연결함. 유역의 수문과 수질에 대해 모의함으로써 통상적인 오염물질 뿐만 아니라, 독성 유기물질에 대한 해석도 가능함

- 도시와 더불어 농촌 산지에 모두 적합한 혼합모형이며, 일·시간 단위 모두 가능, 단일 강우사상 모의, 투수층과 불투수층의 유출과 수질성분 하천과 저수지의 물과 성분의 이동을 분석할 수 있으며, 최근 수질오염총량관리계획의 기준유량 산정, 중권역 물환경관리계획 등 우리나라의 유역에서 범용적으로 이용되고 있음



[그림 3-4] HSPF 수문과정 모식도

2) 물순환 해석기법의 특성 비교

○ 국내 적용 물순환 해석기법의 비교

- SHER 모형은 일본에서 뉴타운 개발을 비롯하여 일본 내 여러 지역에 적용되고 있으며, 높은 재현 정밀도가 확인되고 있음
 - : 물순환계 해석 방법으로써 광범위하게 적용되고 있어 해석 안정성도 우수함. 2007년에는 「서울시 빗물관리 기본계획」에서 서울시 물순환을 분석에 적용하였음
- SWAT은 농촌지역 작물현황에 따른 물순환을 검토할 수 있도록 특화되어 개발되었음
 - : 불투수 지역에서의 모의가 가능하여 도시구역의 불투수율 변화에 따른 물순환 변화를 검토할 수 있는 모형임
 - : SWMM 모형을 제외한 기존 물순환 모형 중에서 도시구역에서 큰 특징인 관거유출을 모의할 수 있는 모형이 없지만, SWMM 모형은 물순환 모형에서 가장 큰 특징인 증발, 침투 그리고 기저유출 해석과 관련한 연구가 미흡한 상황임
- HSPF는 투수층과 불투수층의 유출해석 및 도시 및 농촌 산지에 모두 적용이 가능하며, 미계측 구역의 안정적인 물순환 분석이 가능함
- 계획의 수립, 대안별 평가, 수계의 수질에 미치는 영향분석에 따른 모형의 적용 범위는 유사하고, SWAT이나 HSPF는 다양한 점오염원과 비점오염원에 대한 상세한 모의가 가능하며, 이러한 결과를 이용하여 기법을 평가하거나, 설계기준을 수립하는데에 이용되고 있음
- HSPF 모형 및 SWAT 모형을 이용한 선행된 연구결과를 보면 SWAT에 비해 HSPF가 도시와 농촌이 복합적으로 입지한 유역을 모의하기에 적합하다고 보고되고 있음
- 대규모 유역에서 각 지류지천에 대하여 보다 정밀한 유량과 수질의 모의가 가능하며, 방대한 입출력 시계열의 자료 입력, 가공 및 통계 분석이 용이하고, 모의시간이 짧은 HSPF 모형에 장점이 있는 것으로 판단됨

○ 모델 선정시 고려사항

- 대상구역의 특성에 적합한 모형 고려
- 모델이 요구하는 자료에 대한 국내 자료의 적합성
- 물순환의 수문 재현성 정도
- 관련계획 등에 사용된 범용성 모델

[표 3-1] 물순환 해석모형의 특성 비교

구분	SHER	SWAT	MUSIC	SWMM	HSPF
개요	-일본에서 개발 지역에 적용할 목적으로 개발	-미국 농무성 농업연구소에서 개발, 농촌구역에서 적용하도록 개발	-호주에서 개발된 모델로 주요도시지역의 개발지역에서 이용된 모델	-미국에서 개발, 도시지역의 수량 및 수질의 계산을 목적으로 개발	-미국 환경청과 지질조사기관이 개발 -도시지역과 비도시지역에 적합한 모형
특징	-수문학적으로 균일한 지역별 토양 물성치를 설정하고 표층-대수층으로 구성 -불포화 침투류 계산 실시 -모델의 적용범위가 좁은편임 -강우, 증발산적용	-경사도양 및 식생분포, 토지이용에따른 HRU 활용 우수유출해석 가능 -다양한 연구에 의한 미계축구역의 안정적 물 순환 분석가능 -강우, 증발산적용	-산림,주거지역등으로 소유역구분하고 연결해 각종 처리시설에 따른 물순환 및 수질 변화해석, 우수유출해석을 수행 -강우, 증발산적용	-각소유역은 연직상승(불포화)과 하층포화로구분 -단일강우사상 및 연속적인 모의가 가능 -강우, 증발산적용	-투수층과 불투수층의 유출 해석 가능하며, 도시 및 농촌 산지에 모두 적용 가능 -미계축구역의 안정적인 물순환 분석 가능 -지표, 지하에서의물수지 -강우, 증발산적용
대상 구역 특성	도시구역 및 기타구역	농촌 및 산지구역	도시구역	도시구역	도시지역과 농촌지역
적용 사례	일본 뉴타운 개발 적용	남한강하류, 경안천 등 적용	판교신도시 등 적용	하수관거 유출모의 적용	총량기준유량 등 적용
선정					0

○ 모델의 선정

- HSPF 모형은 복잡한 구역에서 광범위한 유기·무기 오염물질에의 수문 및 수질을 모의하기 위해 USEPA에서 개발함. 모형의 적용에 필요한 많

은 자료와 노력이 최소화 될 수 있도록 개발되었음

- HSPF는 광범위한 수문·수질에 대하여 장기적 모의가 가능하도록 구조화된 모듈로 구성되어 있음. 하도에서 1차원 수질 모의과정을 포함하고 있으며, 비정상상태를 수행할 수 있음
- 정상상태에서는 유역 내 수리·수문 및 수질과정을 같이 모의 할 수 있는 모델임. 더불어 다양한 하천에 대하여 만족할 수 있는 결과를 보임
- 유역모형은 토지이용의 형태에 따라 발전되어 왔음. Detail model 중에서 HSPF는 농촌지역과 도시지역이 혼재된 복합유역에 가장 적당한 모형임

○ 대전광역시의 HSPF 적용 근거

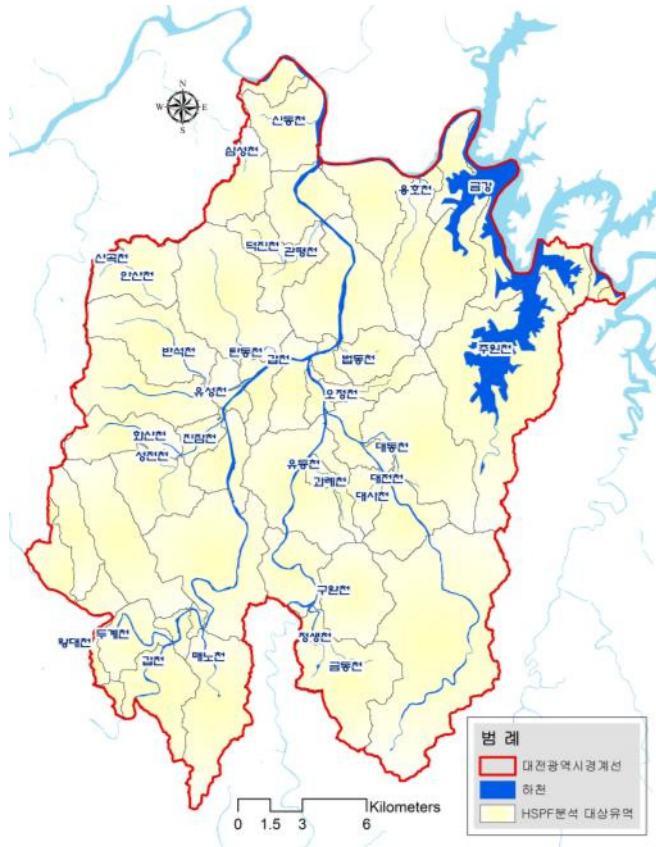
- 대전광역시와 같이 도시와 농촌이 혼재된 유역에서 적용하기에 적절한 모형
- 입출력 자료의 전후처리 및 통계분석을 지원할 수 있는 보조 프로그램을 가지고 있어 자료관리에 효율적
- 지금까지 개발된 비점오염모형 중 수문순환 현상의 재현능 우수
- 복잡한 유역에서 다양한 유기 및 무기 오염물질에 대한 수질과 수문을 모의하고 모형에의 적용에 필요한 많은 자료와 노력을 최소화하도록 발전되어 왔음
- 최근에는 미국 TMDL에 이용되고 모델 중에 QUAL계열 다음으로 많은 적용이 이루어지고 있음
- 대전광역시는 도시지역과 농지, 산지의 혼재된 지역으로, 범용성으로 광범위하게 사용되며, 혼재된 유역에 사용가능한 HSPF 모형을 선정하였으며, 또한, 최근 관련계획인 금강 수질오염총량관리계획의 기준유량 산정에 적용된 모델임

2절. 물순환 분석대상 유역

1. 대상유역

○ 유역의 구분

- 유역 모델적용을 위한 유역구분은 소유역에의 지형학적 특성인자를 계산하여 소유역 면적, 하천길이, 유역경사, 하천 (평균)폭, 하천 (평균)깊이 등의 자료를 획득하여 법정하천 기준으로 총 76개로 유역구분하고, 그 중 대전광역시 내 총 65개 유역으로 구분하여 적용함



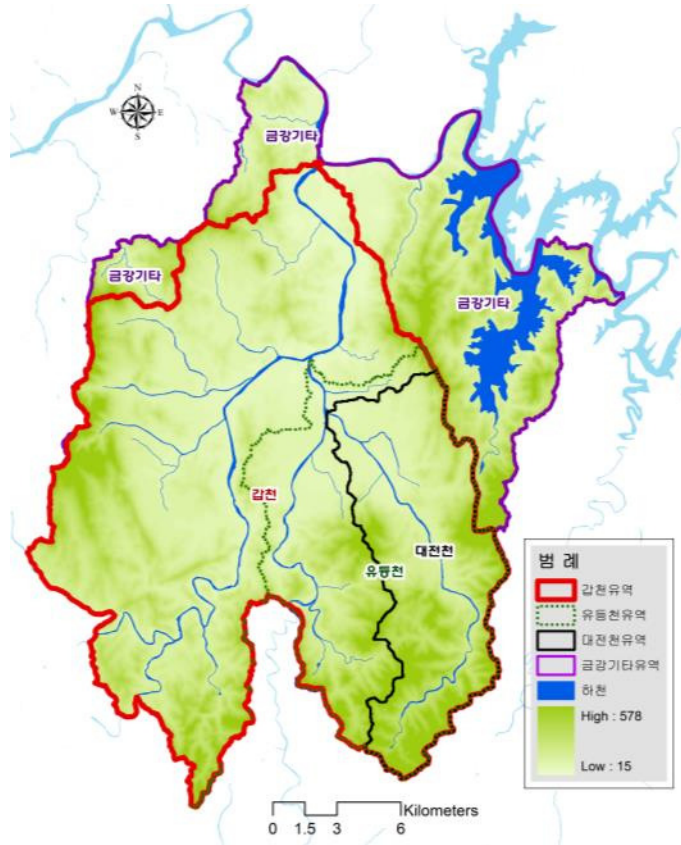
[그림 3-5] 대전광역시 물순환 분석을 위한 유역도

2. 대상유역 분포

1) 고도 및 경사

○ 유역별 고도 및 경사 분석

- 대전광역시 유역은 갑천, 유등천, 대전천, 금강기타(용호천, 주원천 등)으로 구분하여 적용함
- 대전광역시 하천유역의 고도 및 경사의 분포는 다음의 [그림 3-6]과 같이 나타냄



[그림 3-6] 물순환 분석 대상유역의 수치고도 모형

2) 환경기초시설(하수, 폐수처리) 분포

○ 처리시설의 위치

- 대전광역시 관내 환경기초시설(하수, 산업단지)은 총 3개소가 운영중이므로, 하수처리시설은 대전, 흑석 등 2개소이며, 산업단지는 대덕산업단지 관리공단 환경사업소
- 물순환 분석대상 유역 내의 환경기초시설 현황은 다음의 [그림 3-7]과 같음

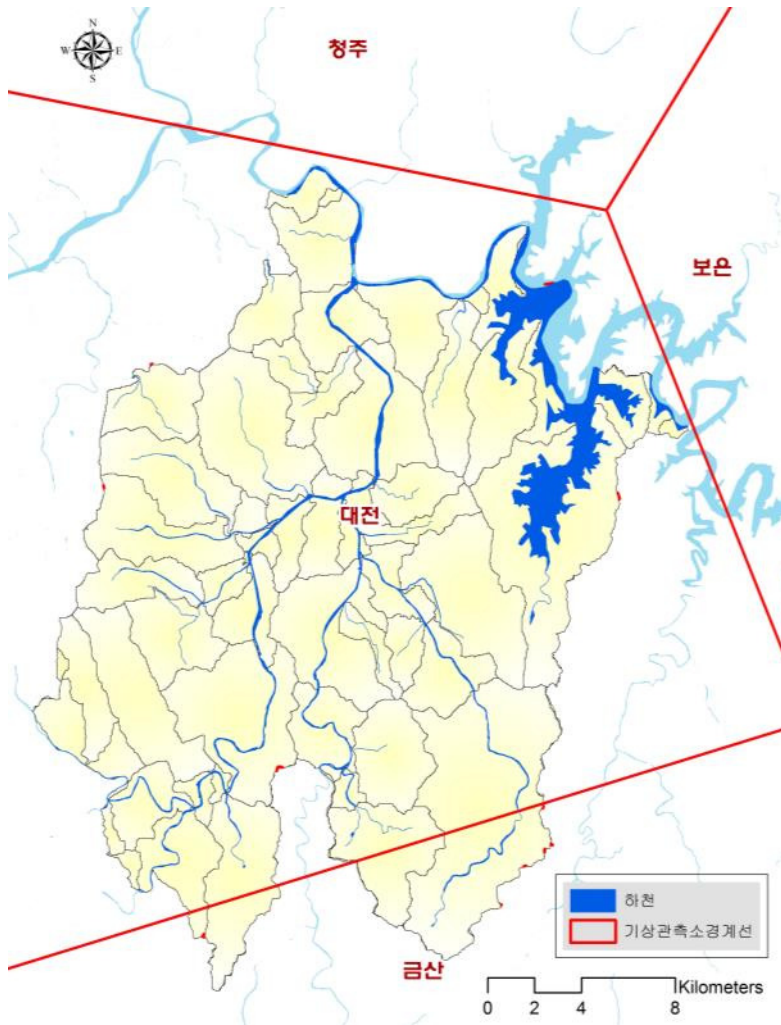


[그림 3-7] 대전광역시 환경기초시설 위치도

3) 기상관측소 분포

○ 기상청의 위치

- 기준년도 이전의 10년간의 2개 기상관측소 기상자료를 이용하여 대전광역시에 대하여 장기유출분석을 실시하여야 함
- 대전광역시에 영향을 주변 관측소의 현황은 다음의 [그림 3-8]과 같음



[그림 3-8] 대전광역시 대상구역의 티센망

○ 장래 기상 기후변화 시나리오⁴⁾

- 장래 기상자료는 기상청의 기후변화정보센터에서 기후변화 시나리오 (2000년~2100년)관측소별 예측자료 이용하였음
- 최근 자료를 반영한 RCP시나리오로 적용하고, “수자원장기 종합계획 (2011~2020)”에 적용된 A2 시나리오와 동일한 조건의 RCP 8.5(200년)시나리오를 적용함
- 현재의 기상자료 예측은 기상청 기후변화정보센터에서 기후변화시나리오 (2000년~2100년)관측소별 예측자료 이용함
- SRES 시나리오(1990년대 말)와 RCP 시나리오(2010년)을 비교하면 다음과 같음
- : RCP 시나리오는 최근 온실가스 농도의 변화 경향을 반영하며, 최근 예측모델에 부합하게 해상도 등을 업데이트 함. RCP에서 4가지 대표적 온실가스 농도는 2.6, 4.5, 6.0, 8.5를 사용함
- : 온실가스 농도의 산출과정에서 사회경제적 가정은 미래사회의 구조기반에서 기후변화의 대응정책 수행 여부로 변경함

시나리오 종류 (PPM농도)	새로운 시나리오(RCP)				기존 시나리오(SRES)		
	2.6	4.5	6.0	8.5	B1	A1B	A2
CO2기준(ppm)	420	540	670	940	550	720	830
<RCP 시나리오> * 기후변화 대응정책과 연계하여 선정				<SRES 시나리오> * 미래 사회구조를 중심으로 선정			
○RCP2.6 : 인간 활동에 의한 영향을 지구 스스로가 회복 가능한 경우							
○RCP4.5 : 온실가스 저감 정책이 상당히 실현되는 경우 ○RCP6.0 : 온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우				○B1(지속발전형 사회) : 지역간 격차가 적고, 인구감소, 청정자원 절약기술 도입 ○A1B(고성장 사회) : 화석에너지와 비화석에너지원 균형, 신기술, 고효율화 기술 도입			
○RCP8.5 : 현재 추세(저감없이)로 온실가스가 배출되는 경우(BAU 시나리오)				○A2(다원화 사회) : 인구증가, 경제성장은 낮고, 환경에의 관심도 상대적으로 낮음			

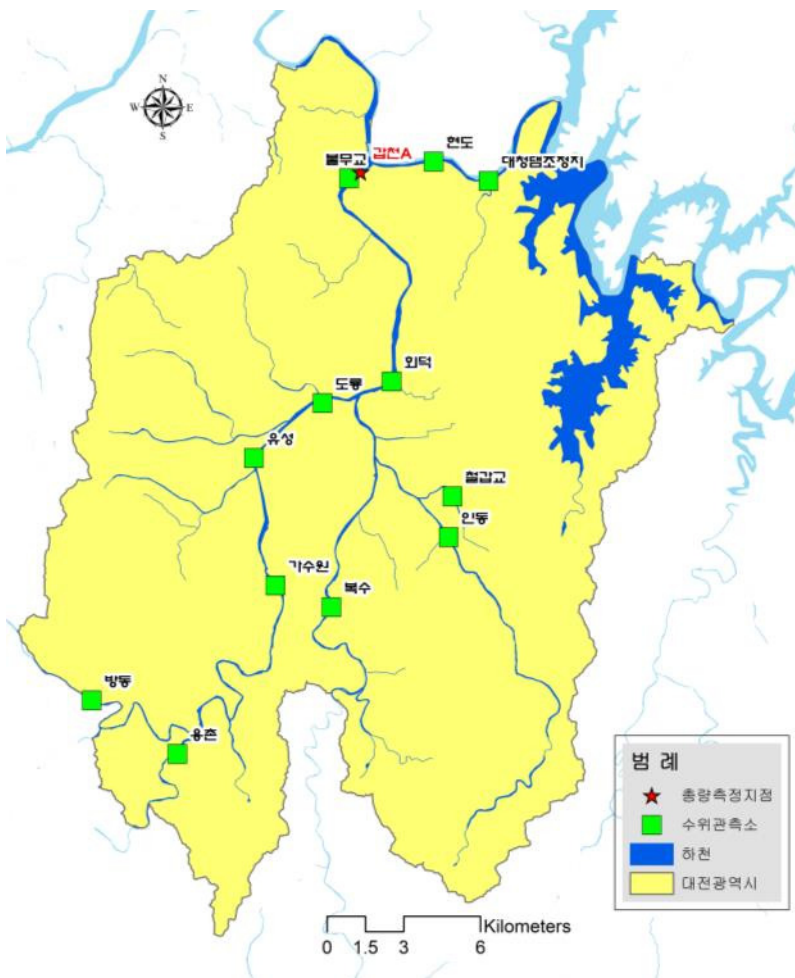
[그림 3-9] 기후변화정보센터 기상예측 시나리오

4) 기상청 기후변화정보센터, <https://www.climate.go.kr>

4) 수문관측소 분포

○ 수문관측소의 위치

- 운영되고 있는 수문관측소는 총 13개소이며, 수문관측소는 금강, 갑천, 두계천, 대전천, 대동천 및 유등천의 6개 하천에 위치하고 있음
- 관측지점은 [그림 3-10]과 같이 갑천 7개소, 금강 본류 2개소 순으로 많이 위치함

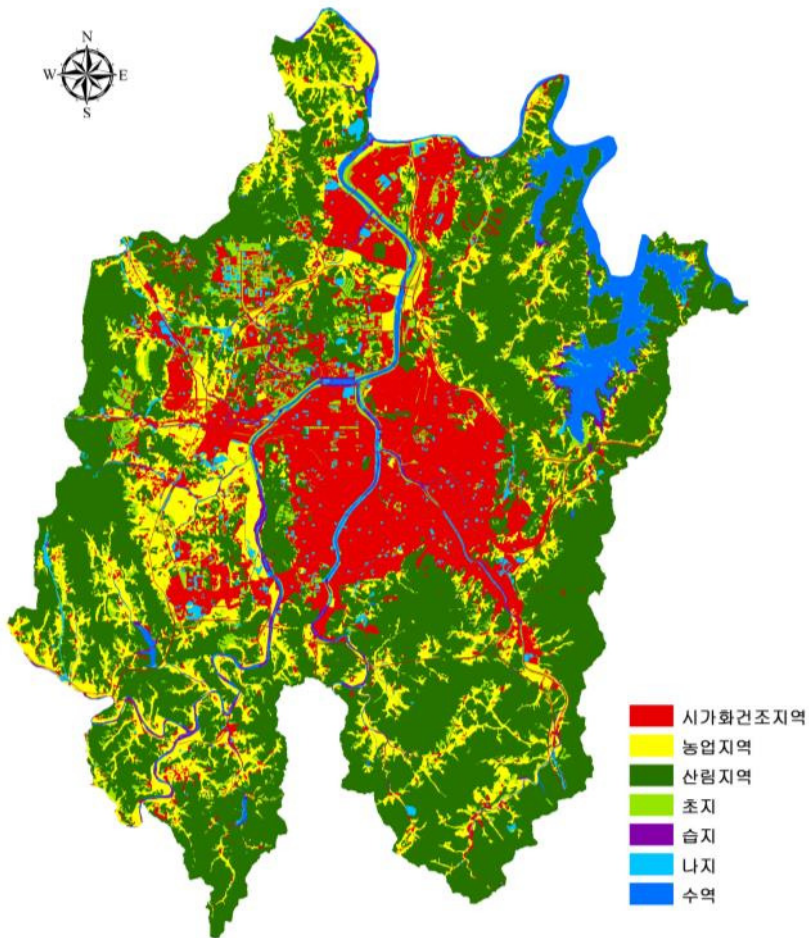


[그림 3-10] 대전광역시 유량 및 수위관측소 위치

5) 토지이용 분포

○ 토지이용의 분류

- 대전광역시 유역의 토지이용 분포는 전체면적 538.8 km² 중 시가화·건조지역 110.3 km², 농업지역 83.1 km², 산림지역 272.1 km², 녹지·초지 30.5 km², 습지 5.6 km², 나지 13.1 km², 수역 24.1 km² 로 분포하고 있음



[그림 3-11] 대전광역시 토지이용의 분류

3. 유역별 자연계 및 인공계 물순환

1) 산정기준

○ 하천유출량의 산정

- 대전광역시의 최근의 지형, 토지이용 및 토양도, 10년간의 기상자료를 이용하여 자연계 및 인공계의 물순환 변화를 분석하여 유출량을 산정함
- 하천유량은 HSPF 결과인 자연계 하천의 일유출량과 인공계로부터의 물순환을 고려해 하천 유출량을 산정하여야 함
- HSPF에 의한 자연계 하천의 일유출량 자료에는 빗물이용 시설에 의한 표면유출량 변화가 모의되지 않으므로 인공계의 물순환을 고려해서 하천의 일유출량을 산정하여야 함

2) 산정방법

- 물재이용에 따른 하천의 유출량의 다음과 같이 산정됨

$$\text{하천유량(m}^3\text{/일)} = \text{표면유출량} + \text{중간 및 지하수 유출량} + \text{하수처리장 방류량} + \text{하수처리수 재이용량} + \text{개별유량} - \text{취수량}$$

- 하천유량은 표면유출량, 중간 및 지하수 유출량, 하수처리장 방류량, 하수처리수 재이용량, 개별유량, 취수량 등을 고려하여 산정하여야 함
- 개별유량은 오염원 중 하수처리장을 거치지 않고 하천으로 직접 방류되는 시설의 유량을 말함
- 하수처리수 재이용량은 하수처리수 재이용 중 장외용수의 도로 물청소량, 하천유지유량, 기타 장외용수 등 하천으로 직접 방류되는 유량을 적용하여야 함

4. 물재이용에 따른 물순환의 변화

1) 산정기준

- 목표연도별 상수 및 지하수 사용량은 연도별 추정치에 물재이용량(빗물, 중수도, 하수처리수)에 의한 상수 및 지하수 사용량 절감량을 고려하여 물사용량 변화를 나타내어야 함
- 물재이용량 중 빗물이용, 중수도, 장내용수, 공업용수, 도시재이용수 등을 상수 및 지하수 사용량에서 절감하는 것으로 적용하였으며, 농업용수 및 하천유지용수는 제외함

2) 산정방법

○ 물사용량 산정방법

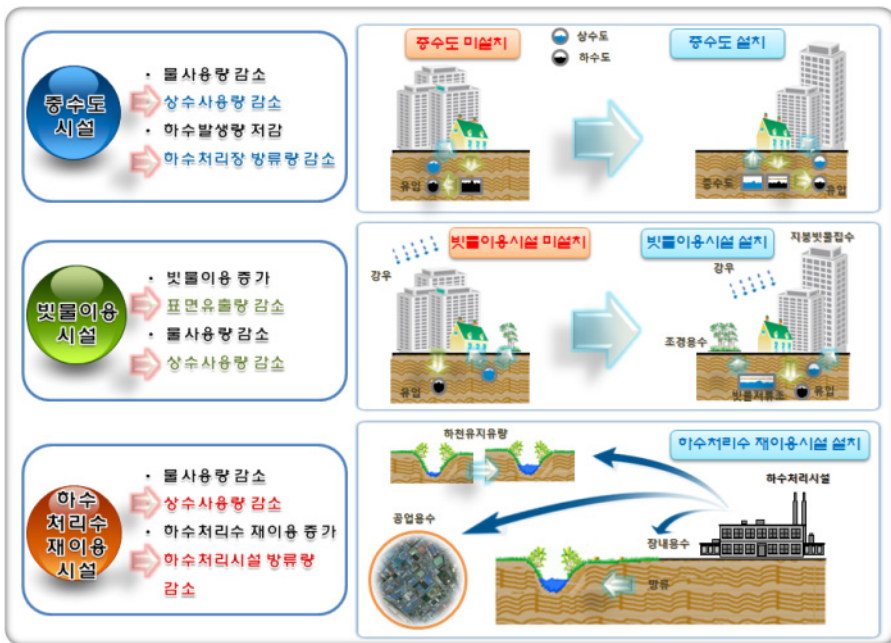
- 대전광역시 물사용량은 상수사용량, 지하수사용량, 빗물이용, 중수도, 하수처리수 재이용량 등을 고려하여 산정하여야 함
- 대전광역시 물재이용 목표량을 적용한 물사용량 현황은 다음과 같음

$$\text{총 물사용량(m}^3\text{/일)} = \text{상수와 지하수 사용량} + \text{빗물이용량} + \text{중수도사용량} + \text{하수처리수 재이용량(장내용수, 하천유지용수, 농업용수, 공업용수, 도시재이용수 등)}$$

3) 물재이용에 따른 물순환 변화 예측

- 물재이용에 따른 물순환 항목 변화는 인공계 물순환의 주요 구성요소인 상수 및 지하수 등을 포함한 총 물사용량과 빗물이용 시설, 중수도 시설, 하수처리시설에 의한 물재이용량과 하천으로의 방류량에 의한 변화가 나타나는 것을 예측할 수 있음
- 중수도 시설에 의해 중수의 사용 증가로 물사용량 감소와 하수발생량이

- 저감되어 상수사용량과 하수처리장의 방류량 감소될 것임
- 빗물이용 시설에 의해 빗물이용 증가로 표면유출량이 감소하며, 물사용량의 감소로 상수사용량이 감소될 것임
 - 하수처리수 재이용시설에 의해 하수처리수가 장내용수, 공업용수, 농업용수, 도시재이용수, 하천유지용수 등으로 재이용되어 상수사용량과 하수처리장 방류량이 감소될 것임
 - 하수처리수 재이용에 따라 방류량이 줄어들어 오염삭감이 이루어질 것으로 판단됨
 - 빗물이용 시설의 적용으로 비점오염배출이 저감되어 오염삭감이 이루어질 것으로 판단됨



[그림 3-12] 물재이용 관련 물순환 항목 변화

물 재이용을 위한 대상계획 검토

- 1절. 빗물이용 계획
- 2절. 중수도 계획
- 3절. 하수처리수 재이용 계획

4장 물 재이용을 위한 대상계획 검토

1절. 빗물이용 계획

1. 빗물이용 시설 사업추진 현황

○ 빗물이용 시설 설치의 의무화

- 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」의 제정에 따라 빗물이용 시설 설치가 의무화 됨
- 2015년 3월 기준, 일정규모이상의 공공청사, 종합운동장, 실내체육관, 공동주택, 학교, 골프장 및 대규모점포등이 대상시설로 규정되어 있음
- 물재이용 활성화를 위해 개정법률로 지속적으로 빗물이용 시설에 대한 의무화 대상범위가 확대되고 있으며 대전광역시의 재개발, 재건축, 대규모 개발사업, 학교 증·개축, 재축 등 물 사용량이 높은 용도시설에 대하여도 향후 빗물이용 시설 설치를 지속적으로 설치하여야 함
- 이에 물 재이용 종합계획을 수립하기 위해서는 법적의무시설에 대한 빗물이용 시설의 기건축 및 개발사업, 향후 지구내 개별설치 건축물에 대하여 빗물이용 시설 설치를 권장토록 시설계획을 수립하여야 함

[표 4-1] 대전광역시 빗물이용에 따른 물 재이용 추진비율

구 분	계	현 재 (2012년)	1단계 (2014년)	2단계 (2016년)	3단계 (2018년)	4단계 (2020년)	비 고 (2020년 이후)
빗물이용 목표량	86,039	2,399	-	-	10,840	72,800	67,180
물재이용 관리계획	6,470,579	6,003,689	-	-	65,590	401,300	26,918,180
비 율 (%)	1.3	0.03	-	-	44.2	47.1	0.3

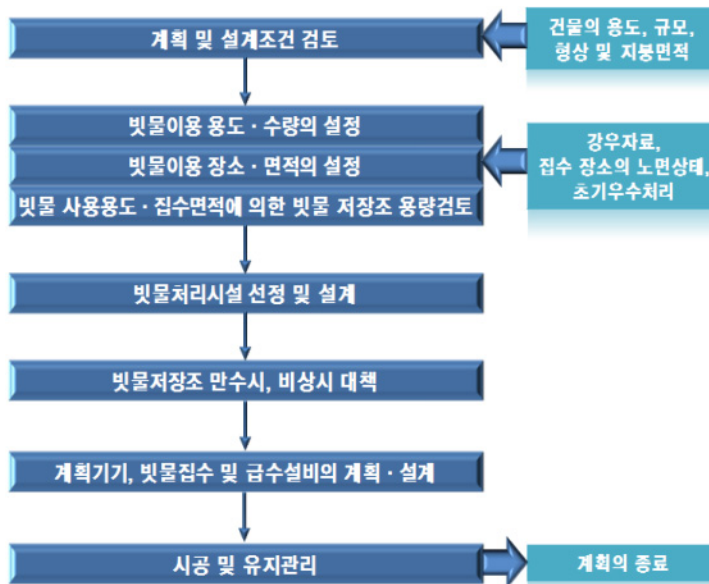
2. 빗물이용 시설 관련 설치 및 추진방향

1) 설치방향

- 빗물이용 시설의 빗물 집수장소는 옥상, 지붕과 같이 비교적 오염되지 않는 불투수면을 대상으로 하는 것을 원칙으로 함
- 빗물이용 시설의 이용용도는 빗물을 이용하는 효용성을 높일 수 있도록 청소용수, 조경용수, 살수용수 등으로 간단하게 처리하고 즉시 사용할 수 있어야 하며 지역의 여건에 따라 친수용수와 화장실용수로도 이용
- 빗물이용 시설은 우천시에 빗물이 저장되고 청천시에는 비어있는 여건이므로 강우의 양상을 고려하여 시설이 불용되지 않도록 계획해야 함. 건축물의 지하에서 지하수가 유출되는 경우에는 지하유출수 저장조에 빗물이용 저장조를 겸용하여 활용할 수 있음
- 빗물이용 시설은 유출량의 저감효과는 있으나 홍수시에는 침투홍수량 저감은 어려우므로 빗물이용의 측면에서 효율적으로 운영될 수 있도록 방안을 검토해야 함
- 집수방법, 집수장소는 필요수량이나 처리비용과 같은 경제성 측면을 검토하여 설정하고, 협잡물 등 오염물질이 포함된 초기우수를 배제하거나 제거할 수 있는 시설의 설치가 필요함
- 빗물이용 시설의 부속 주요기기에는 빗물이용의 시설을 알 수 있도록 표시를 해야 함. 모든 배관은 다른 배관설비와 구별될 수 있도록 표시하며 빗물공급하는 꼭지에는 반드시 “빗물”이라는 표시를 하여야 함
- 집중호우시에는 빗물이용 시설이 만수가 되지 않도록 대책을 강구해야 함. 비상시에 전기가 가동되지 않을 경우에는 빗물이 자연유하에 의하여 우수관거 배제되도록 비상배수관을 자연유하방식으로 설치해야 함. 다만 비상배수관을 하수관거보다 아래에 설치하여야 할 때에는 배수펌프를 설치함과 동시에 정전에 대비한 비상용전원을 준비해야 함

2) 빗물이용 시설의 계획순서 및 구성체계

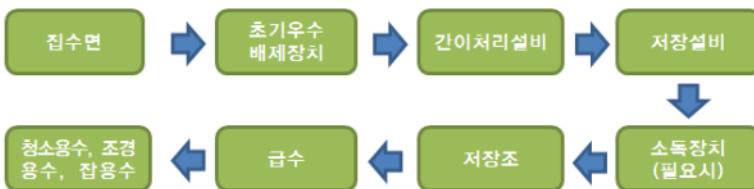
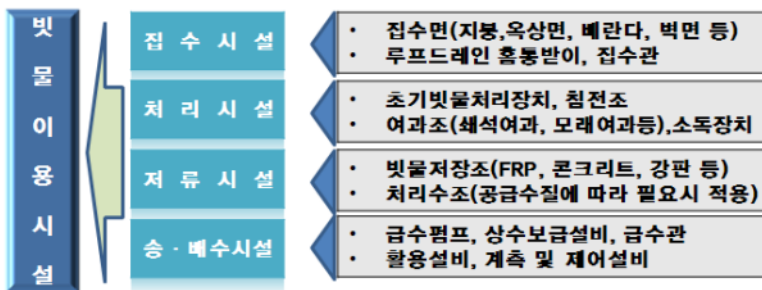
- 빗물이용 시설 단위 공정 및 조합시스템을 선정할 때에는 집수면, 목표 기능, 다른 대체수자원과의 연계성, 이수목적, 경제적 조건 및 유지관리 측면 등이 우선적으로 검토되어야 함
- 화장실 세정용수는 미처리, 간이침전 및 여과 정도의 처리로 활용이 가능하며, 조경용수는 염소처리가 필요 없는 등 목적에 따라 처리공정이 다를 수 있음
- 그 외에 집수 연면적에 대한 면적에 따라 이수시 필요한 우수량, 저수량 등의 배분이 달라짐. 또한 대체수자원 연계 유무에 따라라도 빗물이용 시설의 구성이 변화할 수 있음
- 적합한 단위공정 및 처리기술을 선택도 중요하나 최종적으로는 경제적 조건 및 유지관리 등을 고려하여 최적 빗물이용 시설을 선정해야 함
- 빗물이용 시설은 집수시설, 저류시설, 처리시설, 활용시설로 구분할 수 있으며 목적 기능별로 다양한 빗물이용 시설 조합이 가능함



[그림 4-1] 빗물이용 시설의 계획 순서도

3) 빗물이용 시설의 기본구성

- 집수설비 : 지붕, 횡관, 루프드레인, 수직관, 벽면 등으로 빗물받이, 옥상면 등이 주로 사용되며 저류조로의 횡인관이 필요함. 개별적 설계에 있어서는 수압, 우수유출수량 등의 설계조건 및 안전성을 확인하여야 함
- 초기우수 배제장치 : 오염물질을 함유한 우수초기의 빗물을 배제하기 위한 장치
- 처리설비 : 일반적으로 침사조 → 침전조 → 여과조 → 소독장치로 구성되며, 용도별로 적정수질을 만족하도록 빗물을 처리하는 시설임
- 저장설비 : 집수한 빗물을 저수하는 설비로써 빗물저장조와 급수설비인 급수펌프, 급수관, 용도별 사용설비로 구성됨
- 소독장치 : 필요시에 이용하는 목적에 따라 위생적으로 안전한 용수를 공급하기 위한 살균설비임
- 저장조 : 빗물의 사용을 위해 목적에 맞게 처리한 빗물을 저장하는 수조
- 급수설비 : 사용하는 장소에 빗물을 급수하는 설비

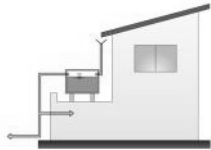


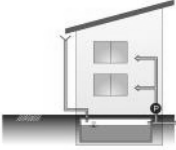



[그림 4-2] 빗물이용 시설의 구성 체계

4) 빗물이용 시설의 설치유형

- 원칙적으로 설치장소는 빗물공급에 있어서 동력이 최소로 소요되는 위치로 함. 호우시에 빗물의 유입에 의한 침수가 발생하지 않도록 계획함
- 설치의 위치는 빗물월류수가 자연적으로 배제되는 장소로 설정함. 건물의 지하에 설치하는 경우에는 비상시 및 집중호우시에 빗물 월류수가 하수관거에 자연유하로 배제될 수 있고 다양한 빗물이용의 용도별로 공급하는 에너지가 최소로 소요되도록 위치를 설정해야 함

[표 4-2] 빗물이용 시설의 저장조 설치위치 및 유형

설치장소	유형	적용건물	비고
옥상설치형		일반주택 소규모 건축물	· 유지관리가 용이 · 저장조 하중 고려 · 급수 동력 불필요
지상설치형		일반주택 소규모 건축물	· 유지관리가 용이 · 급수 동력 필요
건물의 매설형		일반주택 소규모 건축물	· 기존 건축물에 설치시 용이 · 빗물이용외 공간 활용도 높음 · 급수 동력 필요
지하설치형 (하수관거로 자연배수)		일반주택 학교 대규모 건축물	· 규모가 큰 신규 건축 적용 · 지하 기초구조물을 이용 · 급수 동력 필요
지하설치형 (하수관거로 강제배수)		집합건물 대규모 건축물	· 기존 건축물에 설치시 가능 · 급수 및 배수 동력 필요

5) 빗물이용 시설의 수질

- 빗물이용 시설의 수질기준은 중수도 수질기준 및 하수처리수 재이용수 수질기준을 준용하고 빗물이용이란 측면에서 타 기준을 가감하거나 보완하는 것이 바람직함
- ① 이용자들에 대한 심미적 영향을 고려한 기준 마련을 위해 pH 및 탁도 지표를 설정
- ② 탁도는 병원성 세균이나 박테리아가 측정되지 않는 정도(2NTU 이하)에서 안정성을 확보를 위해 제시.
- ③ 유럽연합의 '수영 가능한 하천 수질 관리와 기준 마련을 위한 지침'에 의하면, 음용수 수질기준은 수영 용수 기준 95% 유의수준에서 총대장균군 500 cfu/100mL 및 장구균 200 cfu/100mL로 규정하고 있음
- ④ 도서 지역에서 빗물을 음용수로 사용할 때에는 먹는물의 수질기준을 준용하도록 함. 건강상의 유해영향 무기물질에 관한 기준, 소독제와 소독부산물에 관한 기준은 제외함

[표 4-3] 빗물이용 시설 수질기준

분석항목	빗물이용 용도		음용수(먹는물)	
	비음용수	음용수	비상시 음용수	상시음용수
pH	5.8 ~ 8.5			
탁도(NTU)	2이하		1이하	
병원성대장균	-	< 100cfu/100mℓ	불검출	
총대장균	-	< 500cfu/100mℓ	불검출	

- 1) 인체비접촉 용수 : 구강섭취 가능성이 없는 용수 (예 : 화장실세정용수, 조경용수, 살수용수, 청소용수, 세탁용수, 농업용수, 공업용수, 하천유지용수 등)
- 2) 인체접촉 용수 : 구강섭취 가능성이 있는 용수 (예: 분수용수, 비산먼지방지용수 등)
- 3) 먹는물 수질기준 : 먹는물의 수질기준 중에 유해영향 무기물질에 관한 기준 및 소독제와 소독부산물에 관한 기준은 제외가 가능

6) 빗물이용 시설의 설치 확대를 위한 법규 및 제도 개선방안

- 수질오염총량제 대비, 대전광역시 재개발사업 및 대규모 신축, 재축 등의 건물에 빗물이용 시설 추진
- 개발사업계획의 수립 시에는 오염부하량 삭감대상 시설로써 빗물이용 시설의 설치를 유도하는 방안을 제안

7) 빗물이용 활성화를 위한 인센티브 다양화

- 빗물이용 시설 활성화를 위한 인센티브 지원방안 다양화
 - 학교 빗물이용 시설 활용시 수도요금 감면과 전기요금 감면 적극 검토
 - 기존 공동주택의 폐쇄 정화조 활용 시에는 수도요금 및 전기요금 감면 적극 검토
- 대전광역시 개발사업 및 신축, 재축 등에 대하여 빗물이용 시설 설치 시 용적율 등의 인센티브의 도입 및 기준 확대 검토
 - 빗물이용 시설 설치 시 허용용적율 인센티브 적용을 확대
 - 친환경 건축물 인증·적용 등의 기준 검토

8) 기설치 빗물이용 시설의 지속적 운영·관리를 위한 관리제도 도입

- 법적인 의무대상시설 설치 여부 조사 및 지속적 모니터링 체계 구축
 - 대의무대상시설과 권고시설을 관리하고, 이미 설치되어 있는 빗물이용 시설의 운영을 관리할 수 있도록 D/B의 구축
- 빗물이용 시설의 의무대상시설 미설치 및 설치 후의 미운영 사례
 - 조치 강화, 지원·인센티브 적용 시에는 환수 조치하는 조항 신설

9) 빗물이용 시설 홍보 및 교육 강화

- 빗물이용 시설의 설치 시 지원에 대한 홍보 강화
- 빗물이용 시설 평가 및 시험 체계의 마련, 우수제품의 적극 보급
- 빗물관리 관련 시공 및 제조업체 및 관리업체의 직무교육 강화

2절. 중수도 계획

1. 중수도 사업추진 현황

○ 중수도 목표량

- 대전광역시의 중수도 운영실적은 폐쇄된 대전광역시청 시설을 제외한 총 10개소가 운영중에 있음
- 2012년 대전광역시 중수도 시설 10개소, 중수도이용량 1,290 m³/년에서 최종목표년도(2020년 이후)에는 384,540 m³/년으로 계획하였음

[표 4-4] 대전광역시 빗물이용에 따른 물 재이용 추진비율

구 분	계	현 재 (2012년)	1단계 (2014년)	2단계 (2016년)	3단계 (2018년)	4단계 (2020년)	비 고 (2020년 이후)
중수도 목표량	384,540	1,290	-	-	54,750	328,500	-
물재이용 관리계획	6,470,579	6,003,689	-	-	65,590	401,300	26,918,180
비 율 (%)	5.9	0.02	-	-	83.0	81.8	-

[표 4-5] 대전광역시 단계별 중수도 사업추진계획

	준비시기 (2015~2016년)	시행시기 (2017~2018년)	정착시기 (2019~2024년)
실시방법	⇒ 의무대상시설 검토 - 설치대상 선정 - 재정적지원 방안검토 (인센티브) - 물 재이용 교육 및 홍보	⇒ 개발계획 검토 - 중수도 효과 홍보 - 기술개발 권장 - 장려지원책 시행 - 설치비 합리화	⇒ 공사완료 대상 ⇒ 신규 대상시설 검토 ⇒ 신규 개발계획 검토
적용대상		⇒ 연면적 6만㎡이상 ⇒ 폐수발생량 1,500m ³ /일 이상 ⇒ 도시개발계획, 택지개발계획, 산업단지개발계획 - 관련법에 의한 의무대상시설	⇒ 도시개발계획, 택지개발계획, 산업단지개발계획 - 관련법에 의한 의무대상시설

2. 중수도 관련 사업계획 및 추진방향

1) 설치 확대를 위한 제도개선 방안

- 중수도 시설 설치기준 효율화 방안 마련 및 중수도 시설 물사용량 선정 방법 개선
 - 중수도 시설에서 물 사용량에 대한 원단위를 건축물의 용도별 연면적 기준을 적용하는 방안을 검토하는 동시에 조례의 개정을 추진
- 공공에서 시행 공공건축물(공공도서관, 전시장, 공연장, 문화센터) 등의 신축 및 개축·증축 시에 관련 지침에 중수도 시설을 설치하고 유도하는 방안 검토
 - 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」 제11조 7항에 따라 공공에서 시행하는 공공건축물에 대하여 중수도 시설을 확대하여 보급하도록 하는 조항을 조례에 신설하고 기준 마련

2) 중수도 시설 활성화 인센티브 확대

- 민간 중수도 설치 지원제도 다양화
 - 기존의 조세감면의 제도 외에 금융지원 확대 및 보조금 지원방안 검토
- 대전광역시 도시정비사업, 재개발사업 등 대규모 개발사업 및 신축 건축물에 대한 허용용적률 등과 같은 인센티브 도입 및 기준의 확대 검토
 - 허용용적률 인센티브에 근거하여 중수도 시설 설치시에는 허용용적률 인센티브 적용의 확대를 검토
- 중수도 시설 설치에 따른 연면적 감소에 대한 인센티브
 - 의무대상 시설은 중수도 시설의 설치에 따른 유효면적 감소분을 연면적을 산정할 때에 제외하는 감소분 보상제를 검토

3) 지속적 중수도 시설의 운영·관리를 위한 관리제도 도입

- 법적인 의무설치 시설 설치의 여부 조사 및 지속적 모니터링 체계 구축

- 중수도 시설 설치 의무 및 권고대상을 관리하고, 이미 설치된 중수도 시설과 설치하게 되는 중수도 시설의 운영을 관리할 수 있도록 D/B 구축
- 중수도 시설의 설치 이후, 지속적 관리·운영을 위하여 전문 설계·시공업체에 위탁 및 관리하도록 하는 방안을 검토
- 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」의 제18조에서 명시하는 하·폐수처리수의 재이용시설 설계·시공업으로 등록된 전문업체에 위탁하여 관리하도록 하는 규정 및 조례의 검토

4) 중수도 시설에 대한 홍보·교육 및 전문인력 양성

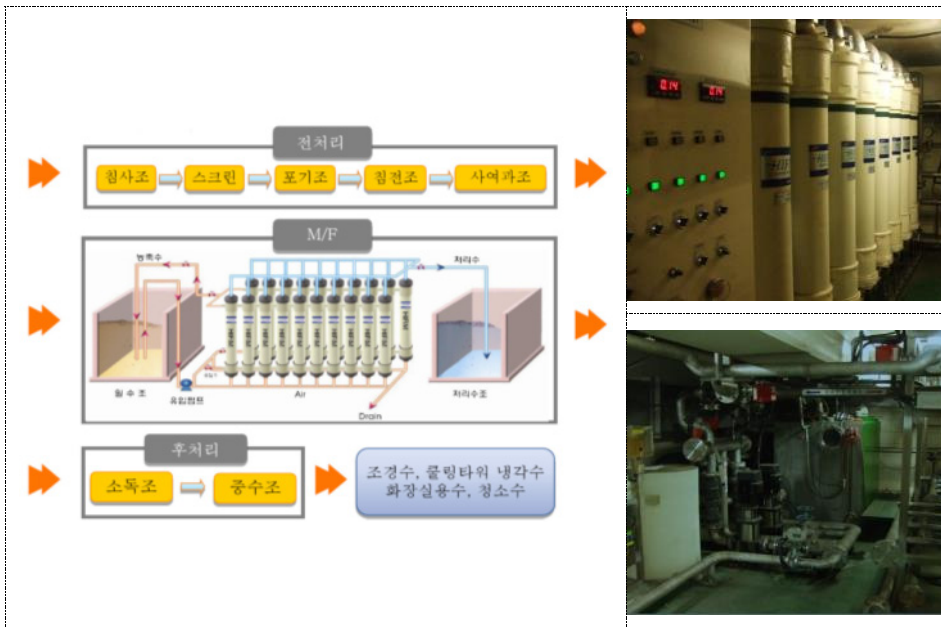
- 중수도 시설 설치 시에 보조금 등의 지원에 대한 홍보 강화
- 지역별로 하수처리수를 중수도로 공급하는 방안을 검토, 재이용수 이용처의 확대 및 홍보 강화
- 중수도 시설에 대한 평가 및 시험 체계의 마련, 시설 효율성 관리
- 중수도 시설에 대한 관리직과 관련 공무원을 대상으로 하는 직무교육의 강화

3. 중수도 시설의 문제점 및 개선방안

1) 중수도 설치사례

○ 코엑스 인터컨티넨탈 호텔 중수도

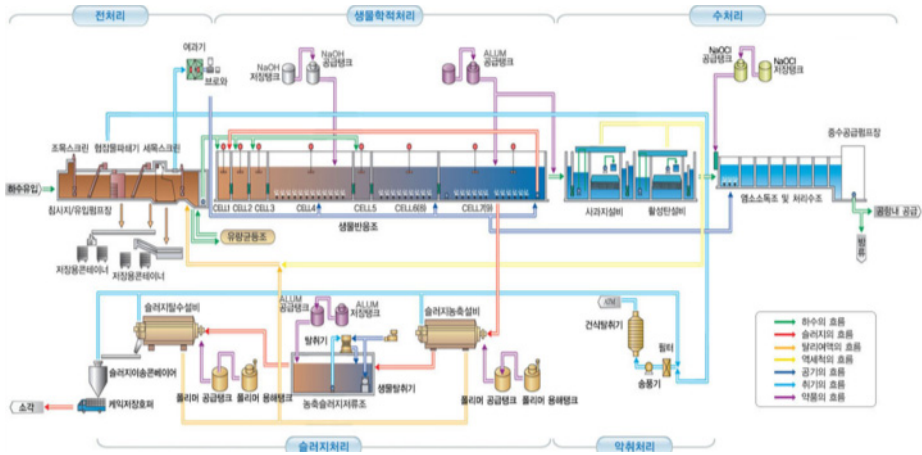
- 코엑스 인터컨티넨탈호텔에는 가압형 멤브레인으로 여과, 재처리한 하수를 재이용하는 중수도시스템이 가동되고 있음
- 막모듈(MF막) 일체형의 설비로 0.05 μm 이하 기공으로 투과된 물은 클링타워 냉각수, 조경용수, 화장실용수, 청소용수 등 여러 용도로 재이용되고 있음
- 2007년 설치되었으며 시설용량은 400 $\text{m}^3/\text{일}$ 임



[그림 4-3] 코엑스 인터컨티넨탈호텔 중수도 활용 공정도

○ 인천국제공항 중수도

- 목적 : 인천국제공항을 비롯한 부대시설 발생 하수를 처리함과 동시에 중수를 생산·공급하여 공항지역의 세정용수, 화장실용수, 조경용수, 잡용수 등으로 재사용함으로써 수자원의 효율적 재이용과 배출 오염물질 최소화로 공항 주변의 해역을 보존하는 것을 목적으로 함
- 명 칭 : 인천국제공항 중수도 시설
- 면 적 : 39,870 m² (1단계 29,820 m², 2단계 10,050 m²)
- 시설용량 : 30,000 m³/일 (1단계 20,000 m³/일, 2단계 10,000 m³/일)
- 수처리공법 : 개량회분식 활성슬러지법(MSBR)
- 고도처리 : 사여과지(중력식) + 활성탄여과지(중력식)
- 슬러지탈수 : 기계농축 + 기계탈수
- 슬러지처리 : 소각처리(공항 내 유동상식 소각로에서 처리)
- 사용용도 : 화장실 제정용수, 조경용수, 냉각세정용수



[그림 4-4] 인천공항 중수도 활용 공정도

○ 국외 중수도 적용 사례

- 외국의 중수도 법령 조례 등을 통한 규제에 관한 접근법과 엄격한 정도는 거의 규제가 없는 경우로부터 모든 상황을 금지하는 경우까지 매우 다양함(Prathapar et al., 2003; CSBE, 2003). 어떤 경우에 중수도 및 그 사용에 대한 뚜렷한 정책이나 고려가 없이 건축물, 배관 및 보건위생과 관련된 시방서에 의해 간접 규제를 받는 경우도 있음
- 중수의 이용제한 법을 갖추고 있는 곳 혹은 중수이용에 대한 분명한 정책을 갖지 않은 곳에서도 중수의 이용은 계속 증가하고 있음. 예로 Sheikh(2010)는 캘리포니아에서 중수도 시설의 0.01%만이 허가받은 것이라고 추정하고 있음. 중동에서는 중수도의 활용이 불법임에도 불구하고 가정에서 중수의 재이용이 이루어지고 있다고 보고되고 있음 (McIlwaine, 2010). 더불어, 하·폐수를 관개용수로 이용하는 경우가 많은 상황이 중동 및 후진국의 현실이 있어, WHO(2006)는 중수의 재이용을 포함한 하·폐수 재이용시에 안전의 확보를 도울 수 있는 지침을 만든 바 있음
- McIlwaine(2010)은 중동 및 북아프리카지역 어느 나라에서도 중수도 사용시에 사용자의 책임과 의무에 대한 지침이 개발되어 있지 않다고 보고한 바 있음. 요르단에서는 비도심지역의 중수 재이용에 대한 기준을 2006년에 통과시켰지만, 그 기준은 주택에 대해 중수 재이용을 허가할수 있는지에 대한 지침을 제시하지 못하고 있음
- 이스라엘에서는 욕조, 샤워, 세탁기 등에서 발생하는 중수를 야외 조경용수와 실내 변기세척수로 재이용하는 것을 합법화하는 법을 계획하고 있음(Global Water Intelligence, 2010).
- 호주에서는 중수도 정책에 관한 선구자로 여겨지고 있음. 지자체에 따라 중수도에 관련된 법령과 조례가 다른 상황임. New South Wales에서는 미처리 중수를 관개용수로 이용할 수 있지만(NSW Office of Water, 2010), Tasmania에서는 모든 중수는 재이용 전에 반드시 처리해야 한다고 규정함(Tasmania Environment Centre Inc., 2009). 호

주는 국가적 수준의 중수 재이용에 관한 “물순환을 위한 호주의 지침: 건강과 환경 위해도의 관리” 지침을 마련하였음. 또한, 중수 재이용을 권장하는 차원에서 중수도 시설을 설치할 경우에는 \$500의 지원을 제공하고 있음

- 유럽의 European Council Directive 91/271/EEC에서는, “처리된 하폐수는 적절한 경우에는 언제나 재사용해야 한다”고 규정하여 있음. 하지만, 그 적절성을 어떻게 결정하는지에 대해서는 모호한 상태로 남겨져 있으며(Somogyi et al., 2009), 중수도의 수질기준은 유럽과 국제표준 위원회에서 현재 만들고 있음(Anglian Water)
- 독일은 중수의 이용에 대해서는 유럽의 선두주자임(Nolde, Regulatory Framework and Standards). 독일에서는 가정의 중수도 시설이 합법화 되어 있지만 보건부에 의무적으로 등록을 해야 함(Nolde, 2005).
- 영국은 중수도 이용, 특히 화장실세정수의 이용에 관한 연구를 수행하였고, 그 결과 유지관리, 신뢰성, 시설의 복잡성으로 인한 비용 등의 많은 문제를 인지하게 되었음(CSBE, 2003). 이에, 현재 영국의 중수도 시설은 건축시방서 및 영국표준 중수도 시설 건설시방서를 준수하는 경우 합법화되어 있지만 중수도 시설이 널리 이용되고 있지는 않음
- 미국은 모든 지역에 통용되는 중수도 정책을 없고, 각 주정부에 중수도에 대한 규제를 맡기고 있음. 51개 주정부 중 약 30개의 주정부가 중수도에 관한 법령 혹은 조례를 갖고 있음. 각 주정부의 법령과 조례는 매우 다양함. 노스캐롤라이나 주정부는 매우 엄격한 중수도 법령을 갖고 있어, 하수처리시설의 방류수수질기준과 동일한 기준으로 처리할 경우에만 물의 재이용을 허용하고 있음(Sheikh, 2010). 아리조나주에서는 다른 주보다 용통성 있는 중수도 정책을 가지며, 중수도 보급확대 관점에서 선구자로 간주되고 있음. 아리조나주는 미국에서 중수도 지원을 가장 활발하게 펼치고 있는 주 중의 하나임. 규제가 심하여 오히려 불법적인 중수도 이용을 야기할 수 있는 현실과 공중보건의 관심을 조화롭게 고려하여 균형적이고 효과적인 정책을 수립한 것으로 판단됨

2) 중수도 시설의 문제점

○ 경제적 측면

- 수도요금의 비현실화 : 전국평균 수도요금의 현실화율은 76.1%로 상수도의 생산원가에 못 미침
- 높은 초기시설에의 투자비용 : 중수도 시설의 투자비용과 유지관리 비용 문제를 고려할 때 자발적인 설치유도가 어려워 사용자 입장에서는 개별 중수도 시설의 설치를 기피하고 있음

○ 사회적 측면

- 중수도에 대한 정확한 정보가 없음을 고려할 때, 시범사업에 대한 홍보 및 시범사업의 성공사례 홍보를 통해 관계자들이 자발적으로 참여할 수 있도록 유도 할 필요가 있음
- 시설을 운영하는데 상당한 시간 및 사례가 있지만, 중수도 시설의 경제성 및 활용실적에 대한 객관적, 종합적 홍보자료가 미비함
- 국가차원 교육 및 홍보가 부족한 상황에서 지자체 주도의 교육 및 홍보 활동을 하기에는 아직 무리가 있음

○ 제도적 측면

- 의무화 대상시설은 사용수량(건축물에서의 사용량을 말하는 것으로 건축물의 종류에 따라 산정방법이 상이) 10%를 재이용 하도록 되어 있음
- 대전광역시 의무화 대상시설은 관련법에서 연면적 기준이 높게 설정되어 있어 의무대상 해당시설이 미비한 실정임

○ 기술적 측면

- 중수도 시설의 경제성을 높이기 위해서는 중수도 기술이 중요한 역할을 하고 있음. 이와 같이 중수의 경제성을 향상을 위한 기술적 문제점은 다음과 같음

: 중수 용도에 따른 적합한 처리기술 개발

: 사용목적별 중수의 수질특성에 의해 발생할 여지가 있는 슬라임 및 부에 대한 대책

: 중수의 처리에 따른 발생 가능 슬러지의 처리방안

- : 상수도와 중수도 사이의 오접 방지대책
- : 규모가 소량일 경우에 지속적이고 효율적인 관리방안

○ 위생적 측면

- 중수도 용도 및 원수의 특성상 피부접촉 및 음용 이외의 사용으로 제한되어 있음. 이에 사용에 대한 철저한 다음의 위생관리가 필요함
- : 물 사용에 있어서 잘못된 음용방지
- : 바이러스, 세균 등의 병원성 미생물에 대한 효과적인 제거
- : 냉각탑 혹은 처리공정 등에서 발생하는 악취, 휘발물질 등의 해결방안 선행

○ 관리적 측면

- 현재 중수도 시설 관련 업무(시설관리·유지관리 및 지도·관리)의 체계가 미흡한 실정임. 중수도 시설을 유지 및 관리하는 관리인을 유지하는 것이 필요하며, 소규모 시설일수록 자격을 가진 관리자를 두는 것이 더욱 부담이 될 수 있음

3) 중수도 시설 문제점의 개선방안

○ 경제적 측면

- 경제적 분석의 수행 : 중수도 시설의 설치비용 및 운영비용(전력비, 약품비 등)은 지역별로 다를 수 있으므로 국가 단위 분석방법으로 설치비용과 운영비용에 대한 경제성 분석 수행
- 중수도 사용량 등에 대한 수도요금감면
- 장기적으로 중수도의 설치 촉진을 위해서 설치비 위주로 지원금을 변경

○ 사회적 측면

① 중수도와 관련된 교육 및 홍보

- 시범사업과 관련된 사전, 사후 홍보 계획 수립
- 중수도에 대한 정확한 정보가 부족하여 중수도에 관한 인식이 부족함을 고려하면 시범사업의 추진과 관련된 사전적 홍보, 시범사업의 추진 결과에 대한 홍보를 통하여 관계자들에게 자발적인 참여의지를 고취시킬 필

요가 있음

○ 제도적 측면

① 이미 수립된 조례의 실효성 검증

- 기존 대전광역시 수도급수 조례의 경우에는 용수형태와는 상관없이 중수사용량을 기준으로 상수도 사용량 30% 범위에서 수도요금을 감면 해 주고 있음. 수도요금이 용수의 형태에 따라 큰 차이를 보이고 있으므로, 용수형태에 따른 차별화된 수도요금 감면 혜택을 부여하는 것을 고려해 볼 필요가 있음
- 즉, 용수형태별로 수도요금의 차이가 큰 상황에서 일률적으로 감면혜택을 적용할 경우에는 특정 대상은 상대적 이득을 보지만, 다른 대상은 적용이 곤란한 경우가 있음

② 대전광역시 조례에 의한 의무화 대상 시설의 범위 확대

- 현행 관련법에서 중수도의 설치 의무화 대상 규모는 1일 폐수 배출량이 1,500 m³ 이상의 공장, 건축연면적 60,000 m³ 이상의 목욕장업 및 숙박업소 등 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설임
- 중수도 시설은 기존건물에는 어려움이 있으며, 법적 설치대상이 아닌 신축건물에는 설치 권장은 법적 효력이 없어 실효를 거두지 못하고 있음
- 중수도 시설의 확대방안 수립으로 시범사업 결과가 긍정적이고, 적용 가능성이 높으면 국가 권고사항으로 정한 범위에 대해 조례에서 범위를 확대하여 절감 목표량을 초과로 달성할 수 있음

○ 기술적 측면

① 물 재이용시설기준의 작성으로 기술 및 유지관리 측면의 표준안 수립

② 개별적 중수도 시범사업을 위한 기술적 지원방안 수립

- 효과적인 처리수단 및 활용용량 산정을 위한 시범사업 계획 수립

③ 중수도 시설의 장애요인 제거 대책 검토

- 중수도 배관설비는 다른 배관설비와 직접 연결하지 않으며, 이를 위해서 중수배관을 땅으로 매설하는 곳에서는 타 배관과 일정 간격을 유지함

- 중수도 시설 중 수조에 다른 급수조나 저수조를 접속하지 않으며, 위생 기구는 전용 기구를 사용함
- 스케일 생성, 부식 및 슬라임의 발생에 관련하는 인자는 pH 4~9 범위에서는 수산화철의 피막 확산으로 부식이 촉진됨. 4 이하일 경우에는 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 가 용해하면서 수소가 발생하여 부식이 가속되므로 중성으로의 관리가 중요
- 부식 억제제로는 유기인 부식억제제, 부동태화제, 기화성 부식억제제 등을 적용할 수 있음
- 높은 탁도의 물은 응축관 등에 부착되어 슬라임을 일으키는 원인이 됨. 미생물 번식을 방지한다는 의미에서 염소 혹은 차아염소산나트륨과 같은 염소제 사용이 효과적임
- 기타 전기전도도, 염소이온, 알칼리도, 잔류염소, 황산이온, COD, BOD, MBAS, 용존산소, 증발잔류물 등에 대해서는 중수도 설치계획을 수립할 때 적절한 대응책을 수립하여 장애 가능성을 미리 방지하여야 함

④ 순환방식의 대전광역시 적용가능성을 검토

- 국내에 가동 중인 중수도 이용방식은 개별공장 또는 건물에서 발생하는 오·폐수를 자체적으로 처리해서 동일 건물에서 재사용하는 개별순환방식이 주를 이루고 있음
- 개별건물은 중수 사용용도가 화장실 세척수 및 청소용수 등으로 한정되어 있어 중수 처리시설 규모를 경제적으로 유도하여 계획하기가 어려움
- 개별건물이 아닌 일정한 구역(대규모)에서 발생하는 우수, 하수처리수, 미처리하천수 등을 원수로 사용하기 때문에 유입수 유량변동이 적음. 이에, 대규모 급수지역에서는 중수 사용처에 대한 확보가 용이하여 경제적인 규모의 처리시설의 설치가 가능함
- 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률」 제정시에 개발계획이 중수도 설치의무 대상사업으로 추가되므로 광역(지구)순환방식의 설치가 가능해짐

○ 위생적 측면

① 사용제한에 대한 관리대책 검토

- 물 사용단계에서 잘못 음용(사용)하는 것을 방지
- 바이러스, 세균 등의 병원성 미생물의 효과적 제거
- 냉각탑 혹은 처리공정 등에서 발생하는 휘발물질 비산에 따른 악영향을 해소

② 중수도를 사용 용도별로 수질기준을 마련하여 용도별 수질 준수 수립

○ 관리적 측면

- 중수도 시설의 원활한 유지를 위해서는 전문적 관리기관을 신설하고 관리공단에 위임하는 방법 등과 같이 전문기술인이 필요한 중수도 시설 적용지역을 순회하며 관리할 수 있도록 하는 방안을 마련해야 함

4. 중수도 시설의 활성화 방안

1) 중수도 시설 보급·확대를 위한 조례 등의 개정

- 공공건축물의 중수도 시설 설치대상 확대
 - 「물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령」에서 명시하고 있는 중수도 설치 의무 대상 이외에 시행령 11조 7항에 따라 공공에서 시행하는 도서관, 병원, 문화센터등의 공공건축물을 시 위임대상으로 하여 중수도 시설을 설치하는 방안을 검토함
 - 중수도는 버리는 물을 재사용함으로써 새로운 물 사용을 절감하여 하천의 수질오염을 저감할 수 있음. 단기적으로 상수도의 공급보다 비용면에서 비효율적일 수 있지만, 중수도의 이용을 확대하면 지역단위의 차원에서 물 절약에 따른 이익과 수질오염총량제와 관련한 방류수 감소로 인한 수계관리에 대응할 수 있는 공공 이익이 커질 수 있음
 - 공공 및 지자체에서 시행하는 시설과 건축물에 대해서는 중수도설치 의무대상이 아닌 연면적 6만 m² 미만의 시설인 경우, 조례를 정비함으로써 중수도의 설치 위임대상으로 시행할 수 있음
 - 위임대상으로 중수도 시설을 설치하는 공공건축물의 종류는 문화 및 집회시설, 노유자시설, 교육연구시설 등을 대상으로 함. 6만 m² 미만의 건축물에 대하여 용도별 연면적당 물 사용량 10%에 해당하는 중수도 시설을 설치할 수 있도록 각종 사업의 계획 시에 반영하도록 함
- 중수도 시설의 설치기준 효율화
 - 중수도 시설의 보급이 많은 서울시의 경우 중수도 시설의 운영 및 가동률 현황 조사 결과 미가동률이 25~28%로 나타남. 이는 중수도 시설의 설치기준 용량 효율화가 필요하다는 것을 의미함. 경제성 분석의 결과에서 B/C가 가정용, 일반용 시설에서 1.0보다 낮아 경제성이 없었음
 - 현재 중수도 시설 설치기준은 물 사용량의 10% 이상을 재이용 할 수 있는 규모로 규정하고 있음. 이는 중수도 시설용량 대비 실제 물 사용량 자료와 6배 이상 차이가 있음

- 물 사용량의 산정방법별 원단위를 분석한 결과 연면적당 물 사용량 및 용도·연면적당 물 사용량을 이용한 물사용량 추정이 실제 물 사용량 자료와 비슷한 값을 나타내고 있는 것으로 분석됨. 특히 토지이용 상황이 복잡하고 활동인구가 많은 도심지의 물사용량을 추정하는데 있어서는 건축물 연면적을 이용하거나 물 사용 용도별 건축물 연면적을 세분화하여 물 사용량을 추정하는 것이 과대한 시설계획에 따른 시설의 유희화를 해소하여 경제성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단됨

2) 중수도의 시설 보급·확대를 위한 인센티브

○ 공공건축물에서의 중수도 시설 설치대상 확대

- 중수도 시설의 보급 및 확대를 위해서는 신규 개발사업 및 신축 단위건물에 중수도 시설을 설치하는 방안이 효과적임
- 대전광역시에서는 조례에 의하여 중수도 시설에 인센티브를 적용하고 있지만, 현재 기준은 전체 배점 가운데 비중이 높지 않으며 설치비용이 높아 적극적 유도책으로는 활용되지 못하고 있음
- 따라서, 단위건물 및 개발사업에 대해 중수도 시설의 보급을 확대추진하기 위해서는 기존 인센티브의 비중을 높이는 것을 검토하는 것이 필요함

○ 친환경 건축물 인증제도에 중수도 항목 적용 확대 검토

- 환경부 및 국토교통부의 고시에 의하면 공공기관에서 건축하는 연면적 1만 m² 이상 건축물에 대해 '친환경건축물의 인증에 관한 규칙'으로 친환경 건축물의 인증을 취득하도록 명시하고 있음
- 친환경 건축물 인증제도는 건축물 자재생산 → 설계 → 건설 → 유지관리 → 폐기와 같이 전 과정을 자원의 절약, 오염물질 배출감소, 주변환경과의 조화, 쾌적성 등 환경에 미치는 요소에 대한 평가로 건축물의 환경성능을 인증하여 친환경 건축물의 건설을 유도하고 촉진하는 제도임
- 친환경 건축물의 인증대상은 용도별로 업무용건축물, 공동주택, 복합건

- 축물, 판매시설, 학교시설, 숙박시설 및 그 밖의 건축물로 구분되어 운영되고 있음. 토지이용, 에너지, 교통, 재료 및 자원, 환경오염, 수자원, 유지관리, 실내환경, 생태환경의 9개 분야에 대한 평가를 실시하고 있음
- 중수도는 '5. 수자원 항목' 및 '5.2 수자원절약'에 따라 중수도를 설치하면 3점의 배점을 받도록 운영되고 있음. 사용한 상수를 처리하여 재활용하는 중수 비율에 따라서 가중치를 적용함
 - 향후에는 숙박시설 및 조경용수를 필요로 하는 공동주택 등에서의 물다량 사용 건축물에서 중수도 설비의 설치를 필수 평가항목으로 수용하면 중수도 시설의 확대가 가능함

3절. 하수처리수 재이용 계획

1. 하수처리수 재이용 현황

○ 목표년도 하수처리수 재이용 관리계획

- 대전광역시는 대전 공공하수처리시설에서 발생하수의 대부분을 처리하고 있으며, 하수처리수 재이용은 장내용수로 대부분 활용하고 있음
- 하수처리수 재이용은 처리장 이전 후 계획을 수립하는 것으로 하였으며 재이용계획의 주요 이용처는 하천유지용수로 계획하였음

[표 4-6] 대전광역시 하수처리수 재이용에 따른 물 재이용 추진비율

구 분	계	현 재 (2012년)	1단계 (2014년)	2단계 (2016년)	3단계 (2018년)	4단계 (2020년)	비 고 (2020년 이후)
재이용 목표량	6,000,000	6,000,000	-	-	-	-	26,851,000
물재이용 관리계획	6,470,579	6,003,689	-	-	65,590	401,300	26,918,180
비 율 (%)	92.7	99.9	-	-	-	-	100.0

[표 4-7] 대전광역시 단계별 중수도 사업추진계획

	준비시기 (2015~2016년)	시행시기 (2017~2018년)	정착시기 (2019~2024년)
실시 방법	⇒ 하수처리장 이전계획 수립 - 목표수질 설정 - 재정적지원 방안검토 (인센티브) - 물 재이용 교육 및 홍보	⇒ 수요처 확보 - 재이용 홍보 - 기술개발 권장 - 장려지원책 시행	⇒ 재이용수 시설계획 수립 ⇒ 수요처 추가 계획
적용 대상		⇒ 장내용수 ⇒ 하천유지용수 ⇒ 도시개발계획, 택지개발계획, 산업단지개발계획 - 도로, 공원등 주거환경개선등 에 소요되는 상수대체	⇒ 장내용수 ⇒ 도시개발계획, 택지개발계획, 산업단지개발계획 추가계획 ⇒ 하수준설등 환경개선에 소요되는 상수 대체

2. 하수처리수 재이용 보급·확대 사업계획 및 방향

1) 하수처리수 재이용수 수요처 확대·보급 계획

○ 관리계획

- 하수처리수에 대한 장외 이용률을 10% 이상으로 활용하기 위한 수요처 발굴 및 물재이용 기본계획 수립
- 건전화된 하천에의 유지용수 공급, 도로의 청소용수, 조경용수 등 하수처리수 재이용수의 활용용도를 확대하는 방안 마련
- 재이용수 용도에 따른 하수처리수 처리 및 수질기준 완화의 검토
- 관광단지 개발, 산업단지 개발, 도시 개발, 택지 개발 등 개발사업에 따른 용수공급 계획 시에는 인근의 하수처리장 방류수를 재이용하는 방안을 검토

2) 하수처리수 재이용수의 인식 개선을 위한 홍보·교육

○ 주요내용

- 하수처리수의 재이용수에 대한 정기적 모니터링 체계구축을 통하여 수질기준에 대한 안전성 강화
- 하수처리수 재이용을 통한 배출 오염부하량 감소 및 수질오염 총량제 달성 및 수질개선 효과 홍보
- 하수처리수의 재이용에 의한 물순환 체계 회복 효과의 교육

3. 하수처리수 재이용요금 검토

1) 개요

- 요금의 검토
 - 하수처리수 재이용수 부과시 적정요금에 대한 검토
 - 하수처리수 재이용요금 부과 사례
 - 하수처리수 재이용 부과요금 검토

2) 하수처리수 재이용요금 부과 관련

[표 4-8] 주요 도시의 재이용부과요금 부과율

구 분	구리시		부천시		오산시		의왕시	
	요금 (원/m ³)	비율 (%)	요금 (원/m ³)	비율 (%)	요금 (원/m ³)	비율 (%)	요금 (원/m ³)	비율 (%)
① 재이용수 부과요금	390	-	320	-	1,014	-	320	-
② 하수도요금	840	46.4	1,229	26.0	500	202.8	813	39.4
③ 하수처리원가	1,259	31.0	643	49.8	805	126.0	770	41.6
④ 수도요금	1,650	23.6	1,030	31.1	1,200	84.5	1,136	28.2
하수처리수 재이용시 하수도요금 감면혜택	65%		30%		50%		30%	
하수도요금 현실화율	18%		53%		27%		44%	

비율 : 하수처리수 재이용부과요금의 비율

하수처리원가 : 2012년 하수도통계연보 기준

하수도요금 감면혜택 : 감면혜택은 부과요금에 대한 감면비율임 (예: 하수도사용료 100원 - 감면요금 30원 (감면비율 30%) → 70원), 대전광역시의 경우 물사용량에 대한 부분을 감면해 주는 사항임.

하수도요금 현실화율 : 연간 총괄 하수처리원가에 대한 하수도요금 총 부과금(년간) 비율

참고) 하수처리수 재이용 수요처는 물사용량이 많은 시설로 요금기준표상 가장 큰 사용량을 기준으로 적용하여야 하나 비교를 위해 300톤 규모를 기준으로 하여 검토

3) 대전광역시 하수처리수 재이용요금의 제안

○ 요금범위 기준

- 하수처리단가 ≤ 재이용수 요금부과금 < 하수도요금

○ 요금 적정단가

- 물재이용에 따른 상수사용량 감소 및 하수처리수 재이용에 따른 요금감면 혜택을 포함하되, 공공하수처리시설의 하수처리 원가검토 후 하수처리수 재이용수 요금의 적정단가를 결정하는 것으로 함

○ 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행규칙(2015. 4월 현재 폐지)

- 제4장 보칙(하·폐수처리수 재처리수의 요금산정) 법 제21조 본문에 따른 하·폐수처리수 재처리수의 요금은 재처리수의 공급에 드는 총괄원가를 보상하는 수준에서 결정하되, 사용량에 따라 산정함

결론 및 정책제언

1절. 결론

2절. 정책제언

5장

4장 결론 및 정책제언

1절. 결론

○ 물순환 분석모델

- SHER : 일본 내에서 뉴타운 개발 등에 적용되었던 모델로 도시유역을 포함한 대상지역의 전반에 걸쳐 유효한 물순환 해석이 가능하고 일본의 하천에 물순환 해석이 적용된 바 있음
- SWAT : USDA ARS에서 개발된 준분포형 유출모형로 물순환, 화학물질 및 토사의 이동해석을 위해 개발된 모형임
- MUSIC : 호주의 물순환 해석 모델로써 호주의 주요 도시와 개발지역에서 수질저감 대책 및 우수유출에 이용되고 있음
- HSPF : 복합적 토지 이용형태를 갖는 유역에서 연속강우에 의해 발생하는 수량 및 수질예측을 위해 미국 환경청(U.S. EPA)과 미국 지질조사기관(USGS)가 개발한 모델임

○ HSPF 모델의 선정

- 도시와 농촌이 혼재된 유역에서 적용하기에 적합한 모델임
- 대전광역시는 도시지역, 농지 및 산지가 혼재된 지역으로, 혼재된 유역에 사용가능한 HSPF 모형을 선정하였으며, 또한, 최근 관련계획인 금강수질오염총량관리계획의 기준유량 산정에 적용된 모델임

○ 물재이용에 따른 유역별 물순환 및 물사용량 기준

$$\text{하천유량(m}^3\text{/일)} = \text{표면유출량} + \text{중간 및 지하수 유출량} + \text{하수처리장 방류량} + \text{하수처리수 재이용량} + \text{개별유량} - \text{취수량}$$

$$\text{총 물사용량(m}^3\text{/일)} = \text{상수와 지하수 사용량} + \text{빗물이용량} + \text{중수도사용량} + \text{하수처리수재이용량(장내용수, 하천유지용수, 농업용수, 공업용수, 도시재이용수 등)}$$

2절. 정책제언

1) 빗물이용 시설 적용에 필요한 사항

- 시설에 필요한 기본구성 검토사항
 - 빗물집수설비, 초기우수 배제장치, 처리설비, 저장설비, 소독장치, 저장조, 급수설비
- 빗물이용 시설의 설치유형
 - 옥상설치형, 지상설치형, 건물 외 매설형, 지하설치형이 있음
 - 원칙적으로 설치장소는 빗물공급에 있어서 동력이 최소로 소요되는 위치로 하여야 함
- 수질
 - 빗물이용시설의 수질기준은 중수도 수질기준 및 하수처리수 재이용수 수질기준을 준용하고 빗물 이용이란 측면에서 타 기준을 가감하거나 보완할 필요가 있음
- 빗물이용시설의 설치 확대를 위한 법규 및 제도 개선방안을 마련하여야 함
- 빗물이용 활성화를 위한 인센티브를 다양화할 수 있어야 함
- 이미 설치된 빗물이용시설에 대한 지속적인 운영·관리를 위한 관리제도를 도입하여 유휴시설이 되지 않도록 하여야 함

2) 중수도 시설 적용에 필요사항

- 설치 확대를 위한 제도의개선
 - 중수도시설 설치기준 효율화 방안 마련 및 중수도시설 물 사용량 선정 방법을 개선하여야 함
 - 공공에서 시행 공공건축물 등의 신축 및 개축 및 증축 시에 관련 지침에 중수도 시설을 설치하고 유도하는 방안을 검토하여야 함

- 중수도시설 활성화 인센티브 확대
 - 민간 중수도 설치 지원제도를 다양화하여야 함
 - 도시정비사업, 재개발사업 등 대규모 개발사업 및 신축 건축물에 대한 허용용적률 등과 같은 인센티브 도입 및 기준을 확대하는 것을 검토해야 함
 - 중수도시설 설치에 따른 연면적 감소에 대한 인센티브를 적용하여야 함
- 중수도시설의 운영 및 관리를 위한 관리제도 도입
 - 법적인 의무설치 시설 설치의 여부 조사 및 지속적 모니터링 체계를 구축하여야 함
 - 중수도 시설의 설치 이후, 지속적 관리·운영을 위하여 전문 설계·시공 업체에 위탁 및 관리하도록 하는 방안을 검토
- 중수도시설에 대한 홍보·교육 및 전문인력의 양성
 - 중수도시설 설치 시에 보조금 등의 지원에 대한 홍보 강화
 - 지역별로 하수처리수를 중수도로 공급하는 방안을 검토, 재이용수 이용처의 확대 및 홍보 강화
 - 중수도시설에 대한 평가 및 시험 체계의 마련, 시설 효율성 관리
 - 중수도시설에 대한 관리직과 관련 공무원을 대상으로 하는 직무교육의 강화

3) 하수처리수 재이용 시설 적용에 필요사항

- 하수처리수 재이용수 수요처 확대 및 보급 계획
 - 하수처리수에 대한 장외 이용률을 10% 이상으로 활용하기 위한 수요처 발굴 및 물재이용 기본계획을 수립해야 함
 - 건전화된 하천에의 유지용수 공급, 도로의 청소용수, 조경용수 등 하수처리수 재이용수의 활용용도를 확대하는 방안을 마련해야 함
 - 재이용수 용도에 따른 하수처리수 처리 및 수질기준 완화를 검토하여야 함

- 하수처리수 재이용수의 인식 개선을 위한 홍보 및 교육
 - 하수처리수의 재이용수에 대한 정기적 모니터링 체계구축을 통하여 수질기준에 대한 안전성을 강화하는 방법을 마련해야 함
 - 하수처리수 재이용을 통한 배출 오염부하량 감소 및 수질오염 총량제 달성 및 수질개선 효과가 있음을 홍보
 - 하수처리수의 재이용에 의한 물순환 체계의 회복 효과가 있음을 교육
- 하수처리수 재이용수의 요금
 - 물재이용에 따른 상수사용량 감소 및 하수처리수 재이용에 따른 요금감면 혜택을 포함해야 할 것임
 - 공공하수처리시설의 하수처리 원가검토 후에 하수처리수 재이용수 요금의 적정단가를 결정하는 것으로 진행할 필요가 있음

참고문헌

- Tilton, D.L., K. Shaw, B. Ballaard, W. Thomas, 2001, A Wetland Protection Plan for the lower One Subwatershed of the Rouge River, RPO-NPS-SR28, Rouge River National Wet Weather Demonstration Project
- 환경부, 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률, 법률 제10359호
- 환경부, 물 재이용 기본계획(2011~2020), 2011
- 서울특별시, 서울특별시 물재이용 관리계획
- 대구광역시, 대구광역시 물재이용 관리계획, 2014
- 서울연구원, 서울특별시 물재이용 관리계획 수립 연구, 2013
- 괴산군, 괴산군 물 재이용 관리계획 요령, 2014
- 최진상, 물 재이용 관리계획수립 용역, 2014
- 물 재이용 촉진을 위한 법적, 제도적 기반 확립, 2011
- 이해룡, 하수 재이용 기술소개, 2011
- 김한배, 용산공원 정비구역 종합기본계획 보완방안 마련을 위한 연구, 2015
- 환경부, 물 재이용시설 설치·관리 통합 가이드북, 2011
- 최준석, 마이크로그리드 물 재이용 기술개발, 2015
- 안영호, 상하수도공학, 2016



34051 대전광역시 유성구 전민로37(문지동)
TEL. 042-530-3500 FAX. 042-530-3528
www.dsi.re.kr