

중수도 및 빗물 이용에 따른 물순환체계 정립

이 재 근

중수도 및 빗물 이용에 따른 물순환체계 정립

이 재 근

연구진

연구책임

- 이재근 / 도시기반연구실 연구위원

요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 필요성

- 인구집중에 의한 도시화는 토지를 아스팔트 및 콘크리트로 피복하여 빗물이 땅속으로 스며드는 것을 방해하고 있음
- 이러한 현상은 하천유역에서 지하수위를 감소시키고, 이는 하천유지유량을 감소시켜 건전한 물순환체계의 정립에 어려움을 유발하게 됨
- 더불어, 대도시의 건설은 대규모 수자원의 사용 및 하수처리장 건설을 유발하여 강 및 하천의 수리패턴을 상당부분 변화시키고 있음
- 대전시는 1970년대 이후 급속하게 확장된 도시화 및 산업화로 물의 수요가 급속하게 증가하였지만, 이용가능한 수자원의 경우 물순환체계의 파괴로 안정적인 수자원을 확보할 수 있는 방안이 줄어들고 있음
- 이에, 대전시의 장래 물순환체계의 건전성을 정립하기 위해서는 도시화 이전의 하천유량 및 지하수위를 회복시킬 수 있는 방안을 마련할 필요가 있음
- 특히, 하천유지용수 증대에 의한 건전한 물순환체계 정립을 위해서는 중수도 및 빗물 활용에 의한 상수도 사용의 억제 및 여러 지역에서의 방류방안을, 지하수위 회복을 위해서는 하천수의 사용억제 및 빗물저류·침투 방안의 적용이 필요함

■ 연구의 목적 및 주요내용

- 중수도 및 빗물이용방안에 의한 물순환체계 정립을 달성하기 위한 본 연구의

목적은 다음과 같음

- 대전시 하천의 적정 유지유량 및 추가 확보방안 제시
- 빗물의 지하수 침투에 의한 지하수위 확보
- 일시적인 빗물의 공공수역 유출방지에 의한 수해 방지
- 건전한 물순환체계 정립에 의한 안전적 생태하천공간 조성 및 활용방안 증대

○ 또한, 연구를 수행하는데 있어서는 다음과 같은 물순환체계 관련 내용을 고려하여 수립을 하였음

- 물순환 관련 법률 및 기준 : 하수도법, 물의 재이용 및 지원에 관한 법률
- 하수처리수 재이용을 위한 수질기준 : 국내 하수도법에서의 중수도 수질기준, 물순환을 위한 하수처리수 재이용 수질권고기준, 국외(미국, 일본, 호주 등) 사용용도별 중수도 기준
- 하천유지유량 확보를 위한 빗물활용 사례 : 빗물이용시설, 빗물저류시설, 빗물침투시설
- 하수처리수 재이용 사례 : 중수도, 농업용수, 하천유지용수에 대한 국내외 연구사례 및 적용사례

○ 물순환체계 재정립방안 구축을 위한 하수처리수 재이용 시스템을 분석하기 위해서 다음과 같은 사항을 추진하였음

- 하수처리시스템에서 중수처리시스템을 적용하기 위한 고려사항
- 오염물질 제거기술의 평가 : 유기물, 질소, 인, 질소·인 동시제거

○ 빗물을 이용에 의한 물순환체계 재정립 시스템 분석을 위해 다음의 사항을 추진하였음

- 빗물침투시설 관리대책량의 산정 : 지하에 침투되지 못하고 유출되는 빗물의 양을 줄이기 위한 기본방향 제시
- 빗물침투시설의 저류량 산정 : 빗물침투시설 단위설계침투량 계산식 및 영향인자 제시

- 빗물침투시설의 “침투량-침투강도”관계 산정 : 빗물침투시설 설계침투강도에 의한 빗물침투시설 평균침투량 계산식 제시
 - 자치구별 빗물이용 및 침투대책량 산정 : 침투가능면적 및 단위설계침투량에 의한 빗물침투대책량의 제시
- 위와 같이 검토된 내용을 바탕으로 대전시에서의 하수처리수 배출수 및 빗물에 대한 물순환체계 적용방안을 제시
- 하수처리수 방류수 적용 : 적정 시스템의 선정, 하수처리수 적용방안(처리시설내 재이용, 농업용 및 관상용 관개수로 이용, 산업용수로의 이용, 하천유지용수로의 이용) 제시, 단계별 하수처리수 재이용계획
 - 빗물 적용 : 빗물침투시설 계획설치지역의 기준, 빗물침투시설의 설치방향·시설구조·설치방법

■ 결론

- 대전시 하천은 불투수층의 증가로 생태계유지 필요유량인 2.5 CMS(갑천 원천교 기준)를 만족하기 위해서는 저수기 및 갈수기에 부족한 상황임
- 현재 대전시 하수처리장 배출수의 재이용률은 2.2%로 환경부에서 추진하고 있는 재이용방안에 한참 모자란 상황으로 향후, 하수처리장 배출수를 이용하여 적용 가능한 물순환체계 정립방안이 필요함
- 하수처리장 배출수로 중수도를 이용할 시에는 위생적 측면으로는 대장균군수 및 잔류염소의 기준을 마련하고 이를 만족할 수 있는 처리공법을 만족하여야 함. 또한, 심미적 측면으로는 외관·탁도·냄새의 기준을 만족하여야 하며, 기능적 측면으로는 BOD 및 pH의 더욱 강화된 기준을 만족함

- 빗물저류 특히 빗물침투는 지하수위를 높여 하천의 기저유량을 높이는데 많은 도움을 줄 수 있음. 대전시 침투가능면적은 428.1 km²으로 설계침투량을 3.64 mm/hr로 하였을 경우 1,558.2 m³/hr의 빗물을 침투시킬 수 있음
- 빗물침투를 확대하기 위하여 학교, 공원 및 공공용지에 침투시설의 확대가 필요하며 침투시설로서 침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장, 도로침투 및 침투저류조 등의 도입이 필요함

■ 정책제언

- 하수처리수 재이용율 확대 : 하수처리장 배출수 재이용계획량은 2025년 기준으로 128,600 m³/일까지 확대되어 전체 하수처리장 배출수량의 약 20% 정도까지의 세부 계획이 필요함. 이는 환경부에서 제시하는 10%보다 2배 높은 수치로 환경기초시설 평가에 매우 유리한 적용될 수 있음
- 하천 인근지역의 토지이용 제한 및 보전 : 도시에서 물 순환체계를 보전하기 위한 가장 친환경적인 방법은 자연지역을 보전하는 것임. 또한, 만년교에서 가수원교 사이의 갑천변은 도안신도시의 입지로 활용성이 증가할 것이므로, 불투수성 토지이용이 아닌 넓은 수변환경을 가진 대형 침투공간으로 조성하여 건기시 갑천 유지용수의 확보를 위한 계획을 세워야 할 것임
- 기후변화에 의한 수변공간의 방재용도 활용 : 기후변화에 의한 강수량 증대 및 강우강도 증대에 의해 잦아질 것으로 예상되는 홍수에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 범람원이 포함된 유역 전체를 통해서 문제를 해결하려는 개념으로의 전환이 요구됨. 따라서 도시에서의 홍수에 대비하기 위해서는 하천 주변의 범람원을 홍수시 방재공간으로 유보하여 관리하고, 평상시에는 하천을 따라 형성되는 녹지공간의 기능을 수행하도록 하는 것이 바람직함

- 목 차 -

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	3
제2절 목적 및 연구방법	5
제2장 물순환체계 관련연구	7
제1절 물순환 관련 법률 및 기준	9
제2절 하수처리수 재이용을 위한 수질기준	12
제3절 빗물활용 사례	18
제4절 하수처리수 재이용 사례	25
제3장 물순환체계 재정립방안	31
제1절 하수처리수 재이용 시스템 분석	33
제2절 빗물 이용 시스템 분석	38
제4장 대전시에서 물순환체계 적용방안	43
제1절 하수처리수 적용방안	46
제2절 빗물 적용방안	66
제3절 문제점 및 향후 검토사항	78
제5장 결론 및 정책제언	87
제1절 결론	89
제2절 정책제언	91
참 고 문 헌	93

- 표 목 차 -

<표 2-1> 물의재이용촉진및지원에관한법률 주요내용	10
<표 2-2> 하수도법에서의 중수도 수질기준	12
<표 2-3> 물순환을 위한 하수처리수 재이용 수질권고기준	13
<표 2-4> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인	14
<표 2-4> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)	15
<표 2-5> 일본 하수처리수 재이용 용도별 수질기준 및 시설기준	16
<표 2-6> 호수 하수처리수 지침 (도시용수 부분)	16
<표 2-7> 호수 하수처리수 지침 (농업용수 부분)	17
<표 2-8> 호수 하수처리수 재이용 지침(음용수 부분)	17
<표 2-9> 대전광역시에 설치된 빗물이용 시설현황	18
<표 2-10> 대전광역시에 설치된 빗물 저류+침투시설 현황	21
<표 2-11> 대전광역시에 설치된 빗물 침투시설 현황	22
<표 2-12> 빗물저류시설의 설치사례	23
<표 2-13> 중수도로의 재이용 사례	27
<표 2-14> 농업용수로의 재이용 사례	28
<표 2-15> 하천유지용수로의 재이용 사례	29
<표 3-1> 유기물 제거 기술표	34
<표 3-2> 영양염류 제거기술	37
<표 3-3> 침투시설 설치가능지역의 토양형	40
<표 3-4> 대전광역시 자치구별 빗물이용 및 침투대책량	41
<표 3-5> 대전광역시 자치구별 빗물침투대책량	42
<표 3-6> 대전광역시 자치구별 빗물침투시설의 저류용량	42
<표 4-1> 제거대상물질별 적용 가능한 중수도 처리시스템	46
<표 4-2> 방류수 수질기준 (대전시 목표수질)	54
<표 4-3> 처리장내 재이용 공급원	55

<표 4-4> 용도별 수질기준	55
<표 4-5> 공동주택의 하수처리수 재이용 특성	56
<표 4-6> 공장시설의 하수처리수 재이용 특성	57
<표 4-7> 인접 골프장 현황	57
<표 4-8> 골프장에 필요한 조경용수량 산정	58
<표 4-9> 공공시설의 하수처리수 재이용 특성	58
<표 4-10> 하천의 하수처리수 재이용 특성	59
<표 4-11> 하수처리수 재이용량 (장내 재이용수)	60
<표 4-12> 하수처리수 재이용량 (공업용수)	60
<표 4-13> 하수처리수 재이용량 (살수차이용 인근 도로청소용수)	60
<표 4-14> 하수처리수 재이용량 (하천유지용수)	60
<표 4-15> 장내용수 사용계획	61
<표 4-16> 대전광역시 포장도로 현황 (단위 : m, %)	62
<표 4-17> 폭원별 도로현황	62
<표 4-18> 도로청소 용수량 추정	62
<표 4-19> 공업용수 공급계획	63
<표 4-20> 도심생태하천조성 하천유지유량 확보 계획	64
<표 4-21> 하천유지용수 용수량	64
<표 4-22> 단계별 하수처리수 재이용계획	65
<표 4-23> 설치장소별 적용가능한 빗물침투시설	69
<표 4-24> 하수처리장별 처리수질 및 재이용관련 문제점 및 저해요인	78
<표 4-25> 도시하수의 재이용 방안 및 문제점	79
<표 4-26> 국내외 하수재활용 용도 비교	80
<표 4-27> 처리유출수의 용도 및 제한조건	82

- 그림 목 차 -

<그림 2-1> 빗물이용을 위한 수도전 및 청소용수 사용	19
<그림 2-2> 빗물이용을 위한 지붕집수 및 여과시설	19
<그림 2-3> 빗물이용시설의 미가동 문제점	20
<그림 2-4> 빗물침투시설 중 침투통 및 침투측구	22
<그림 2-5> 빗물저류시설 상부 및 내부의 설치 현황	24
<그림 2-6> 빗물저류시설 활용의 예	24
<그림 3-1> 빗물침투대책량 산정개념도	38
<그림 3-2> 빗물침투대책량 산정개념도	38
<그림 4-1> 대규모건축물의 침투통+침투트렌치+침투측구	72
<그림 4-2> 홈통과 연결된 침투통+침투트렌치	73
<그림 4-3> 학교옥상 홈통과 연결된 침투통+침투트렌치	74
<그림 4-4> 대형주차장의 투수성포장+침투측구의 설치 배치도	75
<그림 4-5> 도로 빗물받이에 설치하는 침투통+침투트렌치	76

제 1 장

서 론

제1절 연구의 배경 및 필요성

제2절 목적 및 연구방법

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

사람을 포함한 생명체가 살아가는데 있어 물은 가장 중요한 역할을 차지하고 있다. 물은 지구에서 가장 중요한 자원 중 하나이다. 공기와 마찬가지로 물은 생명을 유지하는 데 반드시 필요하다. 지구에는 음용수로 지표담수와 지하수 두 종류의 기본적 수원이 있다. 지표 담수는 비, 눈과 같은 강우 현상으로 생성된다. 지표담수가 회복 가능한 자원인 것은 맞지만 회복은 연간 강수량에 의하며, 강수량은 양이 제한되어 있을 뿐만 아니라 매년 변하게 된다. 지하수는 그 물순환 체계가 더 복잡하여 암석이 갈라진 틈이나 토양 공간 등 거의 모든 지하에서 찾을 수 있으며, 그 양을 지하수위로 양을 간접 측정할 수 있다. 지하수는 회복 불가능한 것도 아니고 완전히 회복가능한 것도 아니다. 강수가 땅 속으로 침투되어 지하수가 계속 보충되어도 그 속도는 매우 느리고, 생활용수나 농업용수로 사용되는 양이 있어 회복에 어려움이 있는 특성이 있다.

그러나 도시화로 인한 인구의 과도한 집중은 좁은 유역에서 많은 물을 사용하게 함과 동시에 빗물의 함수능력을 감소시켜, 인간 및 생태계가 담수 및 지하수를 여유롭게 사용할 수 있는 건전한 물순환체계를 정립하는데 어려움을 야기하였다. 매년 지구에 공급되는 담수량은 21세기 지구의 80~90억 인구가 필요로 하는 적정량 보다는 많지만¹⁾ 도시화로 인하여 지역적 풍족과 부족이 구별된다는 데에 문제점이 있다. 미국의 전 상원의원인 Paul Simon은 물의종말에서 "증가하는 인류의 물 수요량과 사용가능한 물 공급량간의 불일치를 해결할 수 있는 일이 일어나지 않으면, 인류는 가장 처참한 자연재난을 겪게 될 것이다"라고 언급한 바 있다²⁾.

1) United Nations, World Population Prospects : The 1998 Revision(NewYork: UN population Division, Dept. of Economic and Social Affairs), 2000

2) Paul Simon, Tapped Out, New York : Welcome Rain Publishers, 1998

대전시 또한 1970년대 이후 급속하게 확장된 도시화 및 산업화로 물의 수요가 기하급수적으로 증가하였지만, 대전시가 이용가능한 수자원의 경우 물순환체계의 파괴로 안정적인 수자원을 확보할 수 있는 방안이 줄어들고 있으며, 이는 중요한 환경문제 및 사회문제로 대두되고 있다. 대전시 수도정비 기본계획에 의하면 물사용량 증가로 2021년에는 총 물사용량이 1,119 천톤/일이 될 것으로 전망하고 있기도 하다³⁾. 특히, 대전시는 도시화가 진행된 과거 40년간에 행정구역 면적을 확대 및 불투수면적의 비율 증대로 지하수의 침투능을 저하시켜 왔으며, 이는 하천수원의 저감을 가져오게 되었다.

이러한 물 관련 환경변화는 물순환체계를 변화시켰고, 과거 대전 하천에서의 유지유량 및 수질에 영향을 미쳐 생태계유지 및 시민들이 활용하는 하천기능에 지장을 주고 있다. 이에 장래의 물순환체계의 건전성을 정립하기 위해서는 도시화 이전의 하천유지유량 및 지하수위를 회복시킬 수 있는 방안을 마련하여야 할 필요가 있다. 특히, 하천유지유량을 증대시키기 위해서는 중수도 및 빗물의 활용에 의한 상수도 사용의 억제 및 여러 지역에서의 방류방안을, 지하수위 회복을 위해서는 하천수의 사용억제 및 빗물침투 방안 등이 요구가 된다.

3) 수도정비 기본계획 보고서, 대전광역시 상수도사업본부, 2003

제2절 목적 및 연구방법

1) 목적 및 기대효과

중수도 및 빗물 이용방안에 의한 물순환체계 정립을 달성하기 위한 본 연구의 목적 및 기대효과는 다음과 같다.

- 대전시 하천의 적정유지유량 및 추가 확보방안 제시
- 빗물의 지하수 침투에 의한 지하수위 확보
- 일시적인 빗물의 공공수역 유출 방지에 의한 수해방지
- 건전한 물순환체계 정립에 의한 안정적인 하천의 생태공간 조성 및 시민들의 수공간 활용도 증대

2) 연구의 범위

본 연구는 대전시 주요 수변공간인 3대하천과 이의 하천유지유량에 영향을 미치는 대전하수종말처리장 배출수 및 빗물을 대상으로 이용 가능성을 살펴보았다. 특히, “물의재이용촉진및지원에관한법률”⁴⁾에 따르면 주요 물재이용 대상으로 빗물의 이용, 중수도의 이용, 하·폐수 처리수 이용을 제시하고 있으며, 본 연구에서는 이에 의한 하천유지용수와와의 관련성을 중점적으로 검토하고자 하였다. 다음은 본 연구의 주요 연구 내용이다.

- 물순환 관련 법률, 현황 및 사례 연구
- 하수처리장 배출수의 중수도 활용에 관련된 현황
- 지하수위 상승에 필요한 빗물침투시설의 역할 및 효과
- 기타 대전시 물순환체계에 적용시킬 수 있는 방안

4) 물의재이용촉진및지원에관한법률, 환경부, 법률제10359호, 2010.6.8

3) 연구의 방법

본 연구를 수행하는데 있어 갑천 하류 하천유량의 대부분을 차지하고 있는 하수처리장 유출수의 이용방안을 모색하기 위하여, 대전하수종말처리장의 재이용관련 현황을 분석하고 관련 국내외 사례 조사 및 이를 실현할 수 있는 기술 분석하였다. 또한, 빗물에 의하여 과거 도시화되기 이전의 물순환 조건을 찾기 위한 방안을 동시에 모색하였다.

- 국내외 중수도 이용현황 및 용도별 만족기준의 검토
- 빗물 침투시설의 입지가능 지역 검토 및 효과 분석
- 물순환체계 정립을 위한 대전시 문제점 및 적용방안
- 강수에 따른 대전시 하천유량의 검토

제 2 장

물순환체계 관련 연구

제1절 물순환 관련 법률 및 기준

제2절 하수처리수 재이용을 위한 수질기준

제3절 빗물활용 사례

제4절 하수처리수 재이용 사례

제2장 물순환체계 관련 법규

제1절 물순환 관련 법률 및 기준

1. 하수도법

하수도법 제5조(하수도정비기본계획의 수립권자 등)에서는 하수처리수 재이용에 대한 법적 근거로, 하수도의 정비에 관한 20년 단위의 기본계획에는 “공공하수처리 시설에서 처리된 물의 재이용계획 및 재이용시설의 설치에 관한 사항”이 포함하도록 되어 있다(하수도법 제5조 제3항 제5목). 그러나, 2010년 6월 8일에 개정된 하수도법에서는 이 사항이 삭제되었으며, 이는 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”을 제정함에 있어, 공공하수처리시설의 물의 재이용계획에 관한 내용을 보다 구체적으로 수립할 수 있게 하기 위함이다.

2. 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률

도시화에 따른 불투수면의 증가로 인한 자연적 물의 순환이 어려워지며, 이로 인한 지하수 고갈, 도심하천의 건천화, 도시침수 및 하천수질오염 유발 등 도시생태계 전반에 걸친 부작용이 심화됨에 따라 기존 수자원의 의존도를 줄이고 그동안 버려졌던 빗물과 하수처리수 등의 순환이용을 촉진하고자 2007년 “물의순환이용촉진에관한법률”이 입법예고 되었으며, 2008년 빗물의 통합관리, 빗물침투 및 저류시설 관련규정을 삭제하고 폐수처리수 재이용 관련 규정을 추가하여 “물의재이용촉진및지원에관한법률”로 법제명이 변경되어 2010년 6월 8일에 제정되었다.

“물의재이용촉진및지원에관한법률”에서의 “물의 재이용”이란 빗물, 중수도, 하.폐수처리수 등을 생활·농업·조경·하천유지용수 등 사용용도에 맞게 이용하는 것을 말하며, “물의 재이용시설”이란 물을 재이용하기 위하여 필요한 빗물이용시설,

중수도시설 및 하·폐수처리수 재이용시설을 말하고 있다. 특히, 법 제3조(국가 및 지방자치단체 등의 책무)에서는 지방자치단체에서 관할 지역에서 물의 재이용을 촉진하기 위한 시책을 수립·시행하도록 되어 있다. 또한 이를 위해서 제5조(물 재이용 기본계획의 수립)에서 환경부장관은 “물 재이용 기본계획”을 수립·시행하여야 하며, 제6조(물 재이용 관리계획의 수립)에서 특별시장·광역시장·특별자치도지사 및 시장·군수는 “물 재이용 기본계획”에 따라 관할지역에서의 “물 재이용 관리계획”을 수립하여 환경부장관의 승인을 받도록 되어 있다.

<표 2-1> 물의재이용촉진및지원에관한법률 주요내용

관련조항	주요 제정내용
물의 재이용계획 (제5조-7조)	5조 환경부장관은 국가 물 재이용정책의 체계적 발전을 위하여 10년마다 물의 재이용촉진 및 관리에 관한 종합적인 기본 계획을 수립 6조 특별시장·광역시장·특별자치도지사·시장·군수는 물 재이용 기본계획에 따라 관할 지역에서의 물의 재이용 촉진에 관한 계획을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아야 함 7조 물의 재이용에 관한 중요한 사항을 심의하기 위하여 환경부에 물 재이용 정책위원회를 둠
물 재이용의 설치·관리 (제8조-20조)	9조 일정 조건에 해당하는 시설물을 신축하거나 개발사업을 시행하려는 자는 물 사용량의 10퍼센트 이상을 재이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 함 10조 하수도법 제18조에 따른 공공하수도관리청은 하·폐수처리수 재처리수를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 함 13조 하·폐수처리수 재이용시설을 설치할 때에는 시설 규모 및 위치 등 대통령령으로 정하는 기준에 맞도록 하여야 함 14조 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 용도별 수질기준에 맞게 하·폐수처리수 재처리수를 공급하여야 함
보칙 (제21조-26조)	21조 하·폐수처리수 재처리수를 공급하는 공공하수도 관리청 및 하·폐수처리수 재이용 사업자는 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에게 환경부령으로 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있음 23조 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나 융자할 수 있음

지방자치단체 중 재이용수에 관한 조례가 있는 부천시에서는 “재이용수 급수조례”를 제정하여 하수도법에서 규정하고 있는 하수를 하수처리장에서 처리한 후 화장실, 공업, 조경, 하천유지 및 기타 살수 용수로 재이용하는 재이용수에 관하여 규정하고 있다. 재이용수를 영업용, 공업용, 공공용으로 구분하여 정액요금과 용도에 따른 차등 요금을 적용하여 요금을 부과하고 있으며 재이용시설의 위치, 용량, 사업비, 사업기간 등을 기재한 사업개요, 설계도, 평면도, 재이용수 사용계획서의 서류를 갖추어 제출하면 하수도 요금을 감면받을 수 있다.

또한 부산시, 부천시, 인천시 등 지방자치단체의 하수도 조례에는 공공하수처리시설의 재이용수를 공급받아 사용하는 자에 대하여 감면을 받을 수 있는데 이것은 각 지방자치단체별로 다르다.

제2절 하수처리수 재이용을 위한 수질기준

1. 국내의 용도별 수질기준

1) 국내의 용도별 수질기준

<표 2-2> 하수도법에서의 중수도 수질기준⁵⁾

구분	수세식 화장실용수	살수용수	조경용수	세차·청소용수
대장균군수	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL
잔류염소(결합)	0.2mg/L 이상일 것	0.2mg/L 이상일 것	-	0.2mg/L 이상일 것
외관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것
탁도	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것	2NTU를 넘지 아니할 것
생물학적 산소요구량(BOD)	10mg/L를 넘지 아니할 것	10mg/L를 넘지 아니할 것	10mg/L를 넘지 아니할 것	10mg/L를 넘지 아니할 것
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것
pH	5.8-8.5	5.8-8.5	5.8-8.5	5.8-8.5
색도	20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적산소요구량(COD _{Mn} 기준)	20mg/L를 넘지 아니할 것	20mg/L를 넘지 아니할 것	20mg/L를 넘지 아니할 것	20mg/L를 넘지 아니할 것

5) 하수도법 시행규칙 제20조, 별표6

- 총대장균군, 잔류염소, 탁도, 냄새는 환경분야 시험 검사 등에 관한 법률 제6조 제1항 제6호에 해당하는 분야에 대한 환경오염공정시험기준에 따라 분석하여야 한다.
- 생물학적 산소요구량, pH, 색도, 화학적 산소요구량은 환경분야 시험 검사 등에 관한 법률 제6조 제1항에 해당하는 분야에 대한 환경오염공정시험기준에 따라 분석하여야 한다.

<표 2-3> 물순환을 위한 하수처리수 재이용 수질권고기준⁶⁾

구 분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	농업용수		습지용수	지하수 충전	공업용수
					직접 식용	불검출			
총대장균군수 (개/100mL)	불검출	불검출	불검출	≤1000	직접 식용 간접 식용	≤200	≤200	불검출	≤200
결합잔류 염소(mg/L)	≥0.2	-	≥0.1	-	-	-	-	-	-
탁도 (NTU)	≤2	≤2	≤2	-	직접 식용 간접 식용	≤2 ≤5	-	≤2	≤10
SS (mg/L)	-	-	-	≤6	-	-	≤6	-	-
BOD (mg/L)	≤5	≤5	≤3	≤5	≤8	≤5	≤5	≤5	≤6
냄새	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
색도(도)	≤20	-	≤10	≤20	-	-	-	-	-
T-N (mg/L)	-	-	≤10	≤10	-	≤10	≤10	-	-
T-P (mg/L)	-	-	≤0.5	≤0.5	-	≤0.5	≤0.1	-	-
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	5.8-8.5	5.8-8.5
염화물 (mg/L)	-	≤250	-	-	≤250	≤250	≤250	-	-

※ 농업용수 수질기준 추가권장항목(mg/L)

Al	As	B-total	Cd	Cr+6	Co	Cu	Pb
5이하	0.05이하	0.75이하	0.01이하	0.05이하	0.05이하	0.2이하	0.1이하
Li	Mn	Hg	Ni	Se	Zn	CN	PCB
2.5이하	0.2이하	0.001이하	0.2이하	0.02이하	2이하	불검출	불검출

6) 하수처리수 재이용 가이드북, 환경부, 2009

2. 국외의 용도별 수질기준

<표 2-4> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인⁷⁾

재이용의 형태		처리수준	재생수의 수질	수질측정주기	이격거리
도시재이용, 도시조경시설(골프코스, 공원, 묘지, 살수, 세차, 화장실, 세척수, 소화용수, 에어컨용수 등)		<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 여과 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 음용 우물 : 15m
접근제한지역관개용수, 육묘지역 등의 접근이 금지되어 있거나 제한된 지역		<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 음용 우물 : 90m · 접근지역 살수 : 30m
농업용수재이용	상업용작물이 아닌 농작물, 직접식용가능한 작물 위에 직접 살수	<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 여과 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 음용 우물 : 15m
	상업용 농작물, 과수원이나 포도밭에 직접 살수 또는 관개	<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 음용 우물 : 90m · 접근지역 살수 : 30m
위락용수: 낚시, 보트놀이 등 물과 인체접촉 가능		<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 여과 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 바닥차수막 없는 음용 우물 : 150m
조경용수: 조경연목 등, 물과 인체접촉이 없는 곳		<ul style="list-style-type: none"> · 2차처리 · 소독 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=6-9 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL · 잔류염소≥1mg/L 	<ul style="list-style-type: none"> · pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 	<ul style="list-style-type: none"> · 바닥차수막 없는 음용 우물 : 150m

7) Guidelines for Water Reuse, EPA, 2004

<표 2-4> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)

재이용의 형태	처리수준	재생수의 수질	수질측정주기	이격거리
산업용수: 일회용	· 2차처리 · 소독	· pH=6-9 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL · 잔류염소≥1mg/L	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	· 접근지역 살수 : 90m
순환냉각수	· 2차처리 · 소독	· 다양, 재순환비율에 의해 결정 · pH=6-9 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL · 잔류염소≥1mg/L	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	· 접근지역 살수 : 90m
환경용수: 습지용수, 야생동식물 용수, 하천유지용수	· 다양 · 2차처리 · 소독	· 다양 · BOD≤30mg/L · SS≤30mg/L · 대장균≤200/100mL	· BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	
지하수 재충전: 음용수 이외의 우물주변에 살수	· 1차처리 후 살수 · 2차처리 후 살수	· 주변조건 및 용도에 따라 변화	· 처리수준, 용도 에 따라 변화	· 주변조건에 따라 다름
간접 음용수: 음용수용 우물주변에 지하수재충전	· 2차처리 · 소독 · 여과 · 고도처리	· 2차처리 · 소독 · 비포화대를 통과한 후 음용수 수질기준 만족	· pH=매일 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 · 음용수수질기준	· 음용 우물 : 150m간격
음용수용: 우물주변에 지하수 재충전	· 2차처리 · 소독 · 여과 · 고도처리	· pH=6.5-8.5 · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L · TOC≤3mg/L · 음용수 수질기준	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 · 음용수수질기준	· 음용 우물 : 600m간격 · 주변조건에따 라 다름

<표 2-5> 일본 하수처리수 재이용 용도별 수질기준 및 시설기준⁸⁾

항목	기준적 용개소	세면용수	살수용수	수경용수	친수용수
대장균	재생 처리 시설 출구	불검출	불검출	비고참조	불검출
탁도		(관리목표치) 2도이하	(관리목표치) 2도이하	(관리목표치) 2도이하	2도이하
pH		5.8-8.6	5.8-8.6	5.8-8.6	5.8-8.6
외관		불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것
색도		-	-	40도이하	10도이하
악취		불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것	불쾌하지 않은 것
잔류 염소	책임 분계점	(관리목표치) 유리잔류염소 0.1mg/L 또는 결합잔류염소 0.4mg/L이상	(관리목표치) 유리잔류염소 0.1mg/L 또는 결합잔류염소 0.4mg/L이상	비고참조	(관리목표치) 유리잔류염소 0.1mg/L 또는 결합잔류염소 0.4mg/L이상

<표 2-6> 호수 하수처리수 지침 (도시용수 부분)

재이용형태	처리수준	재이용수 수질	모니터링	비고
Residential Garden Warwering Toilet Flushing Car washing	고도처리	pH 6.5-8.5 탁도 2NTU이하	주간 : pH, BOD 상시 : 탁도	
	소독	유리염소 > 1mg/L 대장균 < 10/100ml	일간 : 소독, MPN	
Municipal with uncontrolled public access	고도처리	pH 6.5-8.5 탁도 < 2NTU이하	주간 : pH, BOD 상시 : 탁도	색도 제거가 필요함
	소독	유리염소 > 1mg/L 대장균 < 10/100ml	일간 : 소독	
Municipal with controlled public access	2차처리		월간 : pH, SS	색도 제거가 필요
	소독	대장균 < 10/100ml	일간 : 소독 월간 : MPN	
Toilet flushing closed systems	고도처리		주간 : pH	자동 소독약품 주입기 설치 필요
	소독	유리염소 > 1mg/L	일간 : 소독 주간 : MPN	색도 제거가 필요

8) 하수처리수의 재이용 수질 기준 등 매뉴얼, 일본 국토교통성, 2005

<표 2-7> 호주 하수처리수 지침 (농업용수 부분)

재이용형태	처리수준	재이용수 수질	모니터링	비고
Food Production Raw by man food crops in direct contact with reclaimed water	고도처리	pH 5.5-8.5 탁도 < 2NTU	주간: pH 상시: 탁도	지하수질 저하를 방지해야함
	소독	유리염소 > 1mg/L 대장균 < 10/100ml	일간: 소독시스템 주간: 대장균균	기생충방지를 위 하여 25일간 산화 구 또는 동등 처 리장에서 처리
Food Production Raw human food crops in direct contact with reclaimed water	2차처리	pH 6.5-8.5	주간:pH,BOD, SS	지하수질 저하를 방지해야함
	소독	대장균 < 1000/100ml	주간: 대장균균	작물을 최소 2시 간 이상 70℃에서 처리할 것

<표 2-8> 호주 하수처리수 재이용 지침⁹⁾ (음용수 부분)

재이용형태	처리수준	재이용수 수질	모니터링	비고	
Direct Portable		가이드라인 없음			
Indirect Portable	Surface Water	2차 처리 및 소독 대장균 1000/100ml 이하	주간 : pH, 대장균 일간 : 소독 점검	기타 항목은 음용수 규정과 동일	
	Ground Water Recharge by spreading into portable aquifer	2차 처리 및 가능한 고도처리	지하수의 수질 저하가 없을 것	주간 pH	최소한 음용수의 원수 규정 준수 지하수까지 도달시간이 최소 12개월 보장
		가능하다 면 소독	대장균 1000/100ml 이하		
	Ground Water Recharge by spreading into portable aquifer	2차 처리 및 가능한 고도처리	지하수의 수질 저하가 없을 것	주간 pH	상동
가능하다 면 소독		대장균 1000/100ml 이하	주간 : pH, 대장균 일간 : 소독 점검		

9) Guideline for sewerage systems-Reclaimed water , 2000

제3절 빗물활용 사례

빗물관리는 지표면유출량을 저감하는 총량관리 측면의 빗물관리방향으로 전환하여야 할 필요성과 환경을 포함한 도시지역의 물순환계를 건전하게 회복시켜야 하는 당위성이 인식되면서 최근에 와서 빗물침투, 저류, 이용을 포함하는 빗물관리대책의 중요성이 부각되기 시작하였다. 빗물관리시설에서 빗물저류와 침투시설은 주로 공공기관이 주체가 되어 설치·관리되며 빗물이용시설은 민간에 의하여 설치되고 있다. 대전광역시 빗물관리시설의 관리방향은 지금까지 설치되어 운영되고 있는 빗물관리시설에 대하여 적용가능한 부분과 문제점을 파악하여 개선되도록 설정되어야 한다. 그러므로 대전광역시 빗물이용시설에 대한 빗물이용, 침투 및 저류시설의 설치현황과 운영현황을 파악하였다.

1. 빗물이용

1) 빗물이용시설 설치현황

대전광역시에 설치된 빗물이용시설은 총 3개소로, 노은동에 있는 월드컵경기장과 부사동에 있는 한밭운동장, 그리고 용운동에 있는 수영장이 있는데 대부분 조경용수나 청소용수로 사용 중에 있다. 대전광역시 빗물이용시설 설치현황을 나타내면 다음 <표 2-9>와 같다.

<표 2-9> 대전광역시에 설치된 빗물이용 시설현황

소재지	주소	집수방법(m ²)	용량(m ³)	용도
월드컵경기장	노은동 월드컵길 51	바닥(10,386)	200	조경 및 청소용
한밭운동장 보조경기장	부사동 162-1	-	190	조경 및 청소용
용운 국제수영장	용운동 산12-9	-	370	청소용

2) 빗물이용 용도 현황

빗물은 조경용수, 청소용수, 화장실용수, 운동장살수용수 외에 소방용수로 총 5가지 용도로 분류될 수 있으며 대부분이 한 가지 용도로 이용하는 경우보다는 다중 용도로 빗물을 간단히 처리하여 이용하고 있는 것으로 나타났다.

(1) 빗물이용시설 운영방법의 예



<그림 2-1> 빗물이용을 위한 수도전 및 청소용수 사용



<그림 2-2> 빗물이용을 위한 지붕집수 및 여과시설

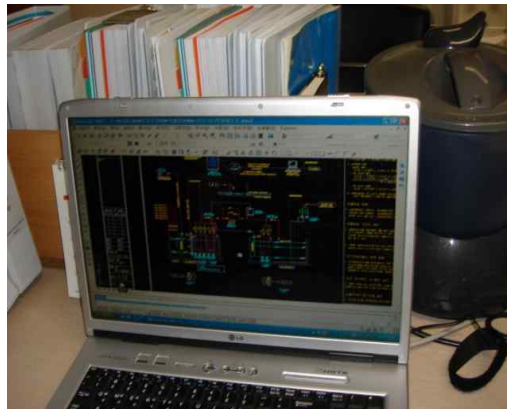
(2) 빗물이용시설 운영상 문제점

빗물이용에 대한 필요성이 증가되고 있지만 국외 및 서울시 등에서 운영한 결과에 대한, 지금까지 설치·운영되고 있는 빗물이용시설에 대한 문제점은 다음과 같다.

- 빗물이용시설의 운영상 문제는 시설측면과 관리인력 측면으로서 ①배수펌프고장, 원격제어장치고장 등 시설의 고장, ②아파트단지 등에서 관리 인력의 부족 및 관리소장의 잦은 교체에 의한 인수인계 미비
- 아파트단지의 빗물이용시설의 운영에 대한 입주자와 관리소장의 비협조와 인식부재
- 건축허가시 권장사항으로 시설은 하였으나 시설기준이 없는 상태에서 부실시공으로 설치
- 단독주택의 경우는 용량이 소량인 반면에 제품화되어 있지 않고 제작해야 하므로 단위톤당 시설비가 높음
- 빗물이용 용도별 수질기준에 상관없이 대부분 여과시설을 설치하여 빗물을 공급하고 있으므로 처리시설의 과대하게 적용되고 있음



배수펌프고장



원격제어기 고장

<그림 2-3> 빗물이용시설의 미가동 문제점

2. 빗물침투

빗물침투시설은 침투통, 침투트렌치, 침투측구 및 투수성포장 등으로써 저류시설에 비하여 보급이 늦은 상태이지만 지하수함양, 용수의 보전, 하천기저유량 보전·확보, 열섬화 완화 등 지속성 있는 물순환체계 회복방안으로 크게 기대되고 있다.

1) 빗물침투시설 설치현황

대전광역시에 빗물침투시설과 저류시설이 조합되어 설치되어 운영되고 있는 곳은 총 일곱 곳이며, 공사 중인 곳은 한 곳이다. 관저동과 도안동, 가수원동 등 총 75,639톤이 설치되어 있으며 관저동에는 잔디블록이 설치되었다. 또한 풍한방직의 석봉동에 2,037톤에 달하는 저류, 침투시설을 공사 중에 있다.

2) 빗물침투시설 운영현황

빗물침투시설은 우천 시 침투율을 지속적으로 유지하는 것이 중요하다. 침투시설은 현재까지는 설치 경과기간이 짧아 자료가 구축되어 있지 않아 운영실태를 파악하기 어려운 실정이다.

<표 2-10> 대전광역시에 설치된 빗물 저류+침투시설 현황

구분	구별	시설위치	규모(톤)	공사기간	침투(개, m, m ²)
완공	관저4지구 도시개발사업	관저동 665	10,719	2006. 3. 24- 2010. 3. 31	투수콘 : 14,561 m ² 잔디블럭 : 5,496 m ²
	대전서남부 택지개발사업	도안동 430-3	52,530	2007. 3. 20- 2010. 3. 19	투수콘 : 57,033 m ²
	대전서남부 택지개발사업	가수원동 293-1	12,390	2007. 3. 9- 2010. 3. 8	투수콘 : 102,434 m ²
	동구신청사 건립공사	가오동 425	180	2009. 2- 2011. 4	침투통 : 11개
공사중	구)풍한방직 이전지 도시개발사업	석봉동 555	2,037	2007. 8. 17- 2012. 7. 31	투수콘 : 6,100 m ²

<표 2-11> 대전광역시에 설치된 빗물 침투시설 현황

구분	구별	시설위치	규모(톤)	공사기간	침투 (개, m, m ²)
완 공	인동재래시장주변 공영주차장건설	인동 30-1	-	2008. 9- 2009. 4	침투측구 90 m
	용전동 고속터미널주변 공영주차장건설	용전동 143-23	-	2008. 9- 2009. 4	침투측구 100 m
	대전종합유통단지 북부진입로건설공사	용계동 산50-6	-	2002. 12- 2007. 12	침투통 2개

3) 빗물침투시설 사용의 예



<그림 2-4> 빗물침투시설 중 침투통 및 침투측구

4) 빗물침투시설 운영상 문제점

타지역 현장조사에서 나타난 빗물침투시설의 운영에 대한 문제점은 다음과 같다.

- 빗물침투시설의 표준이 없어 침투시설의 설치 적정성에 대해 판단하기 어려움.
이에 현장에서의 제작설치로 인하여 시설비가 높음.
- 침투시설의 설치기준이 마련되어 있지 않아 침투율이 높은 침투통, 침투트렌치, 침투측구는 설치가 어려운 상태로, 투수성포장 위주로 설치되고 있음

- 빗물침투시설은 설치 이후에 모래나 협잡물 등에 의하여 표면이 쉽게 폐쇄되어 침투율을 지속적으로 유지하기 어려움. 반면 침투율의 유지여부 확인을 위한 검사기준과 유지관리기준이 마련되어 있지 않음

3. 빗물저류

빗물저류시설은 홍수 시 침수피해를 방지하기 위한 방재시설로서 하천하구의 유수지 등 대규모 저류시설 형태로 넓은 지역에 내린 빗물을 하류의 한 장소에 저류하여 홍수량을 조절하는 방식이 있다. 대전광역시도 지역적으로 하수관거 설계빈도를 초과하는 집중호우 발생시에 빗물이 시가지내에서 원활하게 배제되지 못하는 것으로서 나타나 시가지내에 빗물저류시설을 설치하여 침수피해 및 월류배출을 저감할 필요가 있다.

1) 빗물저류시설의 설치현황

대전광역시에 빗물저류시설은 7개소가 계획되어 있으며 총 규모는 54,777톤으로써 저류용량이 4500~12,500톤 범위이다. 이 중에서 노은동, 용산동, 탑립동 등에 저류시설 7개소를 설치한 바 있다.

<표 2-12> 빗물저류시설의 설치사례

구 별	시설위치	규모(톤)	공사기간
노은1지구 택지개발사업	노은동 529	9,145	1999. 11 - 2002. 4
대덕테크노밸리 조성공사 1단계	용산동 481-7	12,480	2003. 1 - 2005. 12
대덕테크노밸리 조성공사 3단계	탑립동 333-1	1,363	2005. 1 - 2007. 6
대전학하지구 도시개발사업	학하동 278	11,600	2007. 3 - 2011. 3
대전학하지구 도시개발사업	복룡동 527	5,300	2007. 3 - 2011. 3
대전학하지구 도시개발사업	복룡동 451-11	4,600	2007. 3 - 2011. 3
대전서남부지구 택지개발사업	봉명동 342-6	10,289	2007. 7 - 2010. 12



<그림 2-5> 빗물저류시설 상부 및 내부의 설치 현황



예1) 남산 예정동 빗물저류시설 상부

예2) 석관동 빗물저류시설 상부

<그림 2-6> 빗물저류시설 활용의 예

제4절 하수처리수 재이용 사례

1. 각국의 물순환체계 적용방침

1) 미국

미국에서는 물의 재이용에 대한 법은 없지만 수자원을 절약하기 위한 수질기준 및 처리공정 등에 관한 조례가 있다.

미국의 재이용 관련 제도는 크게 직·간접적인 방법으로 나눌 수 있다. 즉 농업용수, 중수도 등과 같이 중간처리 없이 직접 사용하는 방법이 있으며, 장기적으로 상수의 원수를 확보하기 위한 지하수 재충투 및 하천수 유지용수 등으로 사용하는 방법으로 크게 나뉘고 있다. 하수의 재이용과 관련하여 법률과 가이드라인을 가지고 있는 주들은 대부분 재이용 용도가 관개용수에 제한되어 있고, 하천유지용수 등의 환경 용수에 규정하고 있는 주는 애리조나, 플로리다 등 극히 제한되어 있다.

하수의 재이용을 시행하고 있는 미국의 주들이 법규나 가이드라인을 설정할 때 가장 크게 고려되는 부분은 용도별 수질기준과 처리공정부분이며 재이용수에 접촉할 가능성이 있는 경우 그 처리수준은 굉장히 높고 수질기준 또한 엄격하게 정하여 있다. 미국 EPA의 재이용수 기준에는 농업용수의 경우 용도에 따라 식용작물과 비식용작물로 구분하고 식용작물은 다시 가공용과 비가공용으로 구분하였으며 각각에 용도에 맞는 수질기준을 규정하고 있다. 산업용수에서도 1회용 냉각수와 순환 냉각수를 구분하였으며 음용수와 간접음용수로, 각각의 기준에 대하여 상세하게 규정하고 있다. 각 주의 조례나 지침의 내용은 주로 중수 수질, 처리시설 신뢰성, 중수의 보관 등에 관한 사항을 규정하고 있으며 중수의 수질 및 처리기준이 가장 많이 규정된 부분으로 재이용 용도별로 수질기준과 최소 처리요건을 규정하고 있으며, 수질 기준 중 가장 일반적인 항목은 BOD, SS, 일반세균 및 대장균, 탁도이며 일반세균과 대장균은 소독의 상태를 점검하기 위한 것이다.

2) 일본

일본에서의 하수처리수 재이용은 사용자의 요구와 정책적 목적으로 나눌 수 있다. 재이용수의 요구는 공장의 세정용수 또는 세척용수로 사용하기 위한 요구이며, 정책적 재이용은 정부의 규제로 인한 물 부족 현상을 해결하기 위한 재이용이다. 즉, 동경도에서의 지하수 규제는 공업용수의 부족을 촉발하여 하수처리장 처리수를 공업용수의 원수로 이용하게 되었다. 인위적인 경로로 구축된 용수의 순환이용은 개별건축물로부터 하수처리구역까지 크고 작은 여러 단위로 이루어져 있어, 그 규모와 사업주체는 종류에 따라 다양하다고 볼 수 있다.

일본에서는 물세척용수, 용설용수, 환경용수, 공업용수, 살수용수 등 다양한 용도로 하수처리수가 재이용 되고 있지만 아직 하수처리수 전체의 2% 미만에 지나지 않는다. 이에 적절한 재이용을 추진하기 위해 종래의 재이용 수질기준 및 목표수질 등을 재검토하여 2005년 “하수처리수의 재이용 수질 기준 매뉴얼”을 책정하여, 물 재이용 증대 정책 외에 물사용량을 줄일 수 있는 제도를 사용하고 있다.

3) 호주

호주는 하수처리수 재이용에 대한 제도에 있어서 음용수 부분과 도시용수, 농업용수로 나눌 수 있으며, 직접음용수로 사용하는 경우와 간접음용수로 사용하는 경우로 나누어진다. 직접음용수의 경우 구체적인 기준이 없으며 간접음용수는 하천수 지하수 재충진용 등으로 나누어 지침으로 제시하고 있다. 도시용수는 호주에서 흔히 중수도로써 사용하는 부분이다. 용도는 정원수, 화장실 용수 등으로 사용하며, 사람과의 접촉이 있는 부분과 없는 부분 및 공공의 접근 여부를 기준으로 세분하여 규정하여 지침을 두어 시행하고 있다.

2. 하수처리수 재이용 사례

1) 중수도

일반적으로 도시의 경우는 물의 용도를 생활용수, 업무용수, 산업용수, 도시기능용수 등으로 나눌 수 있다. 이것을 다시 세분한다면 음용수, 목욕·세탁용수, 수세식변소용수, 세차용수 등과 같이 용도에 따라 여러 가지 용도로 구분하게 된다. 이를 수질 및 인체접촉에 따라 구분할 필요가 있다.

인체에의 안전성은 사람과 재이용수와 접촉가능성이 얼마나 밀접한가에 의하여 좌우된다. 이에 의하면 재이용수는 음용수를 제외한 용도에 도입할 수 있으나 주방용수와 경피적 접촉을 피할 수 없는 목욕용수, 세탁용수, 세수·세면용수 등은 심미적인 문제점과 세균 등의 보건상 안전성에 문제가 있을 수 있으므로 되도록 삼가는 것이 좋다.

재이용 용도는 중수도의 도입계획을 수립하거나 시행할 때에 중수도 원수의 처리정도나 처리공정의 선택에 결정적인 요인으로 작용하므로 여러 가지 영향인자를 고려하여 선정하여야 한다. 미국에서는 개별적인 빌딩에서의 중수도보다는 하수처리수를 재이용하는 경우가 대부분이다.

<표 2-13> 중수도로의 재이용 사례

대상지(년도)	주요내용
타이완 (2001)	반도체 공장 냉각수로 반류수의 재사용 ¹⁰⁾
홍콩 (2007)	배출수질 개선을 위한 MBR/RO 및 MF/RO의 적용 ¹¹⁾
바르셀로나 (2007)	물 재이용 안정성을 높이기 위한 MF, RO 및 소독의 기능 확인 ¹²⁾
EU (2008)	물을 재사용하기 위한 NF의 적용대안 확인 ¹³⁾

10) A case study on the wastewater reclamation and reuse in the semiconductor industry

11) Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation plant

12) Water reuse of south Barcelona's wastewater reclamation plant

13) Pickling wastewater reclamation by means of nanofiltration

2) 농업용수

하수처리수의 재이용은 수자원의 양적인 측면과 수계에 방류되었을 때 발생할 수 있는 오염부하 저감측면에서도 관심을 가지게 한다. 특히, 농업용수는 우리나라 전체 용수량의 약 50%를 차지할 정도로 사용량이 많기 때문에 하수처리수를 재이용할 수 있는 가능성이 매우 크다고 할 수 있다. 하수처리수를 농업용수로 이용하는 일은 세계적으로 흔히 있는 일로, 우리나라에서는 농업의 발전과정에서 관행적으로 이루어져 왔다. 또한, 과거에는 생활하수 잡배수가 자연적으로 조성된 습지나 초지 등을 통과하여 일정부분 정화된 물을 사용하는 마을 앞 논 등에서는 하수에 포함된 영양물질이 작물의 생육에 도움을 주어 수확량이 높아지는 경향이 있었다.

재이용수의 조건은 수요자가 사용할 때 무색, 무취, 무해이어야 하고 무엇보다도 공중보건, 위생상의 위험성을 줄이는 것이 중요하다. WHO와 세계은행 등에서는 1985년에 스위스 앵겔버그에서 농업 재이용수의 수질기준을 제시하였으며, 작물유형 및 방식별로 수질기준을 제시하여 1989년¹⁴⁾에 현재의 재이용수 수질기준을 발표하였으며, 추후 2000년¹⁵⁾에 보완된 수질기준을 발표하였다.

<표 2-14> 농업용수로의 재이용 사례

대상지(년도)	주요내용
이탈리아 (2002)	농업용수 적용을 위한 기생충제거, DBP형성 및 UV소독 효과 ¹⁶⁾
요르단 (2007)	하수처리 배출수의 장기적인 농업용수 적용에 따른 토양변화 ¹⁷⁾
키프로스 (2007)	오수처리 배출수의 농업생산에의 재이용 ¹⁸⁾
스페인 (2008)	농업용수 재이용을 위한 침전+여과+UV 및 UF의 적용 ¹⁹⁾
중국 (2006)	처리장 배출수 사용에 따른 토양, 농작물 수확량의 특성 검토 ²⁰⁾
이스라엘 (2008)	농업용수로의 장기간 이용에 따른 위해성 최소화 처리 방안

14) Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Report of a WHO Scientific Group, WHO, 1989

15) Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture recommendations for revising WHO guidelines, WHO, 2000

16) A pilot study for wastewater reclamation and reuse with MBR/RO and MF/RO systems

17) Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters

3) 하천유지용수

도시유역은 인구증가 및 산업발달에 의한 오폐수의 무분별한 배출에 따라서 하천이 심하게 오염되어 수질의 악화는 물론 각종 용수원으로서의 기능 및 휴식과 오락의 본래 기능을 상실하게 되었다. 이러한 하천을 쾌적하고 정서적인 공간으로 회복시켜야 할 필요성이 계속 대두되고 있는데, 특히 도시유역의 하천수질을 개선하기 위하여는 각 하천마다 적정의 유지용수를 설정하고 적절한 하천관리를 하려는 노력이 필요하다.

대전시의 갑천을 비롯한 하천들은 상류에 댐과 같은 수자원이 없는 실정으로 적정 이상의 하천유지유량을 지속시키기에는 어려움이 있다. 하천수는 도시와 자연의 상호 연계요소로서 그 가치가 매우 크고, 도심의 중심녹지로서의 기능이 요구되기도 한다.

또한, 하수처리장의 처리수를 하천유지용수로 이용하는데 있어서의 검토사항은 안전한 처리수의 수질을 유지하는 것 이외에 위생적인 면에서 유해하지 않아야 하며, 이용자에게 불쾌감을 주지 않고 심미성을 가지고 있어야 한다.

이에 하수처리수로 하천유지용수를 사용하는데 있어 수질기준 제시, 활용방안, 하천에서의 하수처리수 비율 및 하수처리 방법 등을 다음과 같은 사례를 두어 이용 방안을 제시하고자 하였다.

<표 2-15> 하천유지용수로의 재이용 사례

대상지(년도)	주요내용
대한민국-한강 (2003)	한강유역의 하천유지용수 재이용을 위한 수질기준 ²¹⁾
대한민국-안양천 (2004)	하천유지용수 활용에 따른 생태계에의 변화

18) MEDAWARE project for wastewater reuse in the Mediterranean countries: An innovative compact biological wastewater treatment system for promoting wastewater reclamation in Cyprus

19) Study of different alternatives of tertiary treatments for wastewater reclamation to optimize the water quality for irrigation reuse

20) Membrane technology for advanced wastewater reclamation for sustainable agriculture production

21) 생활하수의 하천유지용수 재이용 방안 검토(한강유역을 중심으로)

제 3 장

물순환체계 재정립방안

제1절 하수처리수 재이용 시스템 분석

제2절 빗물 이용 시스템 분석

제3장 물순환체계 재정립방안

제1절 하수처리수 재이용 시스템 분석

1. 처리시스템 평가사항

중수의 처리공정은 상수나 하·폐수처리에서 사용되고 있는 처리방법과 같다. 다만, 특정한 오염물질의 제거와 병원균 비활성화를 위한 추가적인 처리공정이 필요하며 중수원수의 수질과 용도에 의해 요구되는 목표수질에 따라 그 처리방법이 다양해진다. 중수도 용도별 수질기준에 의하면 처리하여야 하는 오염물질은 주로 부유성 유기물, 용해성 유기물, 색도성분, 취기성분 및 대장균 등이다. 다음에서 제시되는 중수처리기술에서 어떤 방법을 사용할 것인지에 대한 결정은 재이용수의 목표수질을 설정한 다음 여러 관점에서 처리기술에 대한 성능을 분석·판단하는 것이다. 또한, 중수처리시스템을 결정할 때에는 다음의 평가사항을 고려하여 적절한 시스템을 선택하여야 할 것이다.

- ① 처리시설이 간단하고 설비 및 보수가 쉬울 것
- ② 운전관리가 쉽고, 무인관리가 가능할 것
- ③ 원수의 수질 및 수량변동에 대한 대응성이 있을 것
- ④ 작동을 멈추거나 가동하는 경우 문제가 없을 것
- ⑤ 슬러지의 발생량이 적을 것

2. 오염물질 제거기술의 평가

현재까지 제시된 오염물질 처리공법은 특성별로 다양한 장단점 및 운영특성이 있기 때문에 어느 공법 우수하다고 결정하기는 어렵다. 어느 하나의 처리방법을 사

용할 수도 있고 이들을 조합해서 사용할 수도 있는데, 이러한 선택은 위에 제시된 5개의 평가항목 중 어느 것을 우선 순의로 두는지에 따라 결정될 수 있다.

1) 유기물

각 유기물 제거기술에 대해 처리성능, 조작성, 슬러지발생량, 운전비용, 시설부지 등 5개 항목을 비교·검토하여 나타내면 <표 3-1>과 같다.

<표 3-1> 유기물 제거 기술표

주요제거 대상물질		관련 수질 항목	처리방법	대상수	처리 능력	조작성	슬러지발생량	운전 비용	시설 부지
유기물	부유성	SS	급속여과법	2차 처리수	◎	◎	○	◎	○
			응집침전법		○	○	△	○	△
			생물막법 (생물막여과)		◎	◎	○	◎	○
			막분리법 (한외여과)		◎	○	○	△	◎
	용해성	BOD COD	활성탄 흡착법		◎	○	○	△	○
			오존산화법		◎	○	◎	△	○
생물막법 (접촉산화)			○	○	○	○	△		

범례 ◎ : 좋거나 적다, 작다 ○ : 보통 또는 중 정도 △ : 나쁘거나 많다, 크다

급속모래여과법은 조작성도 뛰어나 고도처리의 가장 기본적인 프로세스이다. 어떠한 처리규모에도 적용이 가능하고 단독으로 또는 다른 프로세스와의 조합으로도 많이 사용되고 있다.

응집침전법은 응집플러가 많은 양은 아니지만 유출하는 것이 있으므로 급속모래여과법과 조합시킨 방법이 효과적이다. 최근에는 유기물 제거기술보다 인제거기술로서의 성향을 많이 띄고 있으며, 역침투막 분리법의 전처리로도 응용되고 있다.

생물막법의 하나인 생물막여과법은 통기설비가 첨가되는 것일 뿐 시설구조는 기본적으로 급속모래여과법과 동일하다. 세균제거성도 뛰어나고 부하가 가벼울 때는 질산화능력도 높다. 모래여과 대신 검토할 만한 가치가 있는 기술이라고 할 수 있다.

한외여과법은 SS와 세균을 거의 완전히, COD도 50% 정도가 제거가능하여 처리 성능면에서는 가장 뛰어나다. 그러나 현재로서는 운전비용이 다른 법보다 훨씬 비싸며, 2차처리수 전량을 처리시에는 농축수처리의 문제도 있다.

활성탄 흡착법, 오존산화법은 모두 제거성능에 한계가 있으며, 운전비용이 비싸지만 실용적인 용해성 유기물 처리방법이다. 활성탄 흡착법은 기대 제거율에 따라 재생빈도가 다르며 탈색·탈취효과도 기대할 수 있다. 보통 모래여과 등의 전처리 시설을 설치해 탁도성분을 제거하고 있다.

오존산화법은 COD제거율이 30~40% 정도이며, 오존첨가량을 증가시켜도 제거율은 높아지지 않지만 색도와 냄새의 감소, 살균이라는 부차적인 효과가 있다.

접촉산화법은 고도처리 적용사례가 적어서 평가하기는 어렵고, 생물처리가 반복하게 되므로 생물반응조, 최종침전지가 필요하게 되어 시설용량도 커진다.

이상과 같은 점을 바탕으로 부유물제거를 위해서라면 급속모래여과법과 생물막여과법이 좋은 공법이며 용해성 제거는 활성탄 흡착법과 오존산화법이 현재로서는 효과적인 유기물 제거기술이라고 말할 수 있을 것이다.

2) 인 (Phosphorus)

2차처리수를 대상으로 물리화학적인 방법으로 처리한 것이 응집침전법과 정석탈인법이다. 2차처리 프로세스 내에서 이루어지고 주로 생물학적 처리를 하는 것이 혐기호기활성슬러지법과 포스트립법이고, 응집제첨가 활성슬러지법은 생물, 물리화학적 처리법의 병용이라고 할 수 있다. 혐기호기활성슬러지법은 인제거를 보완하는 응집제를 첨가하며, 포스트립법은 인농축수에서 석회와 반응시켜 인을 분리하고 있다. 결국은 모든 제거법이 정도의 차이는 있지만 응집침전 방법에 의존하고 있다.

정석탈인법은 원리상으로는 슬러지를 거의 발생하지 않지만, 응집침전법은 응집제 첨가량에 비례해 슬러지발생량이 증가한다.

혐기호기활성슬러지법은 기존의 생물반응조에 약간의 개조를 거치면 충분히 변환하여 사용할 수 있다. 유입하수의 성상과 변동 등으로 인 제거능력이 불안정한 경우는 응집제를 첨가하여 보완하면 된다. 다만, 슬러지 처리공정에서 인이 재용출하여 수처리계로 반류하지 않도록 슬러지처리에 주의를 기울여야 할 것이다.

포스트립법은 같은 생물적인 원리를 따르기는 하지만, 슬러지의 인분리조, 응집 침전조등의 시설이 필요하기 때문에 운전관리도 다소 복잡하다.

이상과 같은 점에서 2차처리수를 대상으로 하는 경우에는 슬러지발생량이 매우 적은 정석탈인법이 적합하며 2차처리 프로세스안에서 현재 상태보다 얼마간이라도 인을 제거할 계획이라면 혐기호기활성슬러지법, 규제치와 목표치가 있어서 안정성을 중시한다면 응집제첨가 활성슬러지법이 실용적일 것이다.

3) 질소 (Nitrogen)

질소제거기술에도 물리화학적방법과 생물학적처리법이 있는데, 물리화학적프로세스는 대상이 원칙적으로 2차처리수이고, 암모니아성 질소밖에 제거할 수 없다는 점이 공통점이다.

물리화학적방법은 각 처리법마다 문제점이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 암모니아 스트립핑법은 처리능력이 불안정하며, 환경에 미치는 영향도 크다. 불연속점염소처리법은 처리수 내의 질소성분의 조성에 따라 제거효율이 달라지며, 처리에 약품비가 비싸다는 문제점이 있다.

질소제거에 있어 실제 적용 중인 것은 생물학적 방법이 대부분이다. 생물학적 질소제거의 기본 프로세스는 순환식 질산화-탈질법으로 산화구법, 회분식활성슬러지법, 회전원판접촉법 등의 운전이 실례이다. 반면, 문제점 중의 하나는, 질산화-탈질에 필요시간이 길고, 큰 시설용량과 넓은 부지가 필요하다는 것이다. 더불어 확정 질산화-탈질 속도값이 없어 일정한 질소처리율을 보장할 수 없다. 또한 생물반응이므로 당연히 수온의 영향을 받기 때문에 안정되고 높은 제거율을 유지하기 위해서는 정확한 시설설계와 운전관리가 요구된다.

4) 질소·인 동시 제거

질소, 인의 동시제거기술로는 혐기-호기법과 순환식 질산화탈질법을 조합한 생물학적 처리법이 있다. 그러나 질소와 인의 제거는 원리적으로 상반되는 면이 있어서 양쪽 다 높은 제거율로 안정적으로 제거하는 것은 곤란하다. 보통은 인제거가 불안정하기 때문에 응집제를 첨가해 인제거효과를 보완하는 편이 좋다. 회분식활성슬러지법도 운전방법에 따라 동시제거가 가능하지만 경향은 거의 동일하다.

<표 3-2> 영양염류 제거기술

제거 대상물질	관련 수질항목	처리방법	대상수	처리성	조작성	슬러지 발생량	운전 비용	시설 부지
영양 염류	인	PO ₄ -P T-P	응집침전법	2차 처리수	◎	○	△	○
	질소	NH ₃ -N	선택적 이온교환법	2차 처리수	○	○	○	△
	인, 질소	T-P T-N	생물학적 동시제거법	1차 처리수	○	△	○	○

범례 ◎ : 좋거나 적다, 작다 ○ : 보통 또는 중 정도 △ : 나쁘거나 많다, 크다

5) 미량성분

미량성분으로는 용해성염류, 탁도와 색도, 미생물 등을 들 수 있다. 미량성분 제거기술로는 전기투석법, 막분리법, 소독법이 있다. 전기투석법은 무기이온제거기술로, 공업용수의 염농도 저하 등 특수한 목적에의 이용으로 한정되어 있다.

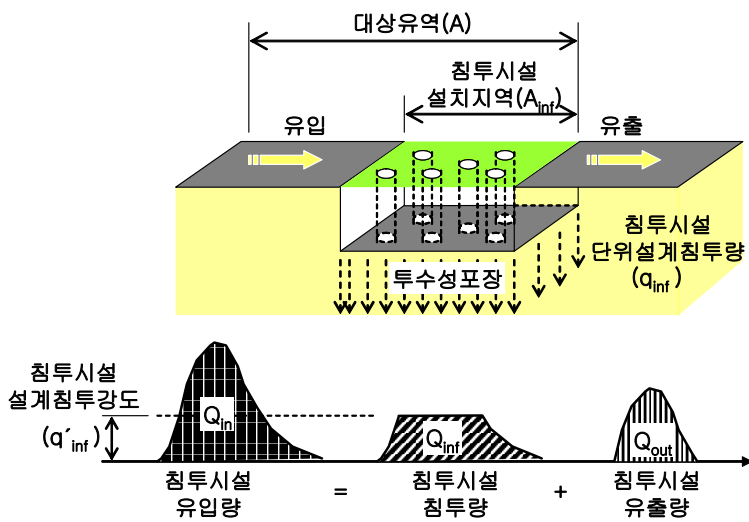
막에는 정밀여과막(MF), 한외여과막(UF), 역침투막(RO) 등이 있는데 분리성능이 다르므로 제거물질에 맞는 막분리법을 선정하면 된다. MF와 UF는 부유물질과 세균류 제거에 효과적이며, RO는 용해성 염류도 거의 완전히 제거된다.

대장균군은 어떤 소독법으로도 처리 가능하다. 염소가 생태계에 영향을 미칠 우려가 있는 경우는 자외선 조사와 오존주입으로 방법을 대처할 수 있다. 또 활성슬러지의 플러깅같은 부유물이 처리수에 남아 있게 되면 소독효과가 떨어지게 되므로 특히 세균수를 줄이고자 한다면 응집침전 및 모래여과 등으로 부유물을 제거한 후에 소독하면 제거율을 높일 수 있다.

제2절 빗물 이용 시스템 분석

1. 빗물침투시설 관리대책량 산정

빗물을 물순환체계에 적용시키는 방법 중에 가장 대표적인 것이 빗물침투 방안이라고 할 수 있다. 빗물침투량으로 관리대책량을 처리하지 못하는 경우에는 저류를 빗물침투시설과 조합하여 빗물침투량을 증가시킬 수도 있다. 해당지역에서 침투시설로 처리해야 하는 빗물침투대책량은 <그림 3-1>와 같이 표면유출량을 모의하고 저감시켜야 하는 침투량과 침투시설 설계침투강도로 산정하였다.



<그림 3-1> 빗물침투대책량 산정개념도

우수유출저감시설 기본계획은 현재 또는 향후 예상되는 배수구역내 우수의 초과 유출량 중 현재 발생하는 초과 유출량 및 이상기후로 발생하는 초과 유출량은 공공부문에서 지역 외 저류시설의 형태로 진행할 수 있으며, 불투수면적 증가로 인한 초과 유출량 증가분은 개발 당사자가 지역내 저류 또는 침투시설을 설치하여 분담토록 수립되어야 할 것이다. 이에 따라, 배수구역 단위의 우수유출저감시설 기본계획을 수립하여야 하며 기본계획에는 다음 사항이 포함되어야 할 것이다.

- ① 배수구역 및 목표년도 설정
- ② 목표년도 확률강우량 결정
- ③ 목표년도 불투수면적 비율 결정 (불투수면적 증가추이 적용)
- ④ 홍수유출해석 (우수유출 목표 저감량 결정)
- ⑤ 설치가능 지역의 검토
- ⑥ 저감시설 규모계획 (목표 저감량 배분)
- ⑦ 불투수면적 증가에 따라 증가하는 우수의 직접유출량 저감을 위한 저류 및 침투량 결정

2. 빗물침투시설의 저류량 산정

침투저류시설의 저류용량 산정을 위하여 침투시설 설치가능지역에 투수성포장이 설치되었을 때의 침투가능량을 산출하였다. 투수성포장으로 침투시킬 수 없는 대책량은 저류기능을 이용하여 침투량을 늘릴 수 있다. 침투가능량 산정에 침투시설 중에서 투수성포장을 적용한 이유는 투수성포장은 침투시설 중에서 면적단위로 단위설계침투량이 계산되기 때문에 침투시설 설치가능면적에 설치될 빗물침투시설 수량산정이 용이하기 때문이다. 투수성시설의 단위설계침투량을 매뉴얼에 제시된 <식 3-1>로 산정하였다.

$$q_{inf} = C \times Q_f \dots\dots\dots <식 3-1>$$

$$Q_f = k_0 \times K_f$$

$$K_f = 0.014H + 1.287$$

여기서, q_{inf} : 빗물침투시설 단위설계침투량($m^3/hr/m^3$)

C : 영향계수(일반적인 0.81 적용)

Q_f : 침투시설의 기준침투량($m^3/hr/m^2$)

k_0 : 토양의 포화투수계수(m/hr)

K_f : 설치시설의 비침투량(m^3/m^2)

H : 설계수두(m)

빗물침투시설 설치가능지역의 토양은 <표 3-3>과 같으며, 침투시설 설치가능지역에 설치된 빗물침투시설의 설계침투강도는 <식 4-2>를 이용하였다.

<표 3-3> 침투시설 설치가능지역의 토양형

토양형	Sand	Loamy sand	Sandy loam	Loam
투수계수(cm/hr)	11.78	2.99	1.09	0.34

$$q'_{inf} = \text{설계침투량} / A \times 1000 \quad \text{<식 4-2>}$$

$$\text{설계침투량} = \sum [\text{단위설계침투량}(\text{m}^3/\text{hr}/\text{m}^2) \times \text{투수성포장의 면적}(\text{m}^2)]$$

여기서, q'_{inf} : 침투시설 설계침투강도(mm/hr)

A : 유역면적(m^2)

3. 빗물침투시설의 “침투량-침투강도”관계 산정

대전시는 <식 4-2>에 대한 투수성 시설에 대한 “침투시설 평균침투량 - 설계침투강도”관계를 서울시의 사례를 이용하여 저류량을 산정하였다. 이에, 서울시 물순환 분석유역 내 73개 블록에 대하여 40년간 모의된 독립강우의 침투시설 평균침투량과 침투시설 설계침투강도의 관계를 <식 4-3>의 관계식을 얻을 수 있었다.

또한 침투저류시설 저류용량산정은 <식 4-4>에 표현하였다. 침투시설 평균침투능과 빗물침투대책량의 관계곡선식을 이용하여 빗물침투시설의 저류용량을 <식 4-4>에 의하여 계산할 수 있다.

$$Q_{inf}(q'_{inf}) = 4.1969 \cdot \ln(q'_{inf} + 1) - 0.3794 \quad \text{..... <식 4-3>}$$

여기서, Q_{inf} : 빗물침투시설 평균침투량(mm/회)

q'_{inf} : 빗물침투시설 설계침투강도(mm/hr)

$$\text{저류용량}(\text{m}^3) = \frac{[\text{빗물침투대책량} - Q_{\infty}]}{1000} \times A \quad \text{<식 4-4>}$$

여기서, A: 유역면적(m^2)

4. 자치구 빗물이용 및 침투대책량 산정결과

1) 자치구의 빗물이용 및 침투대책량

빗물이용 및 침투대책량은 대전광역시와 각 자치구가 지역여건에 맞추어 추진하여야 할 것이다. 하천유역별로 산출된 빗물이용 및 침투대책량을 자치구별로 분배시킨 결과는 <표 3-4>와 같다. 빗물이용 및 침투대책량은 도시화로 인한 불투수면의 증가 등 토지용도변화로 산출되었으므로 블록별로 산출된 빗물이용 및 침투대책량을 녹지 및 오픈스페이스, 하천 및 호소, 그리고 특수지역(조사불능지)를 제외한 시가화지역에서 추진해야 하는 관리대책량이다. 대전광역시 자치구별 빗물이용 및 침투대책량에 대한 분석결과는 다음과 같다²²⁾. 단위면적당 빗물이용 및 침투대책량이 가장 큰 지역은 ha당 4.72 m³/회/km² 인 동구로 나타났다.

<표 3-4> 대전광역시 자치구별 빗물이용 및 침투대책량

구분	유역 면적 (km ²)	빗물관리 대책량 (m ³ /회)	단위면적당 빗물이용 및 침투 대책량(m ³ /회/km ²)
동 구	136.6	645.21	4.72
중 구	62.13	257.40	4.14
서 구	95.39	396.55	4.16
유성구	177.25	787.66	4.44
대덕구	68.47	267.63	3.91

자료 : 행정자치구면적은 “대전통계연보” 참조

2) 자치구의 빗물침투대책량

빗물관리대책량에서 빗물이용대책량을 제외한 나머지는 빗물침투대책량(mm/회)으로 계획되며, 이를 나타내면 <표 3-5>와 같다. 대전광역시 전체의 빗물침투대책량은 유역면적 539.85 km²에 대하여 1회 독립강우 발생시 평균적으로 17.5 mm/회, 5.5 mm/hr인 것으로 분석되었다. 또한 25개 자치구는 빗물침투대책량을 257.40 m³/hr ~ 787.66 m³/hr의 범위로서 해당 빗물을 침투시킬 수 있는 빗물침투시설을

22) 대전광역시 빗물관리 기본계획, 2010, 대전발전연구원

설치하여야 하는 것으로 나타났다. 빗물침투대책량은 도시화에 의하여 토지용도변화가 심한 유성구가 가장 많은 반면에 대덕구가 가장 작다.

대전광역시 5개 행정자치구에서는 빗물침투대책량을 달성하기 위한 침투가능면적이 부족하므로 효율적인 침투시설 배치계획 수립이나 빗물침투시설에 별도의 저류기능을 부가하여 지속적으로 침투가 이루어지게 할 필요가 있다. 자치구별 빗물침투대책량을 만족하기 위하여 부가되는 빗물침투시설의 저류용량을 산정하였다. 자치구별 빗물침투시설에 부가하는 저류용량에 대한 산정결과는 <표 3-6>과 같다.

대전광역시 5개 자치구 빗물침투대책량을 처리하기 위하여 빗물침투시설에 부가하는 저류용량은 총 2,532.08 m³/회로써 0~847.09 m³/회의 범위를 가지고 있다. 5개 자치구에 대하여 빗물침투시설 저류용량이 가장 큰 자치구는 유성구이며 반면에 가장 작은 자치구는 중구, 대덕구로 나타났다.

<표 3-5> 대전광역시 자치구별 빗물침투대책량

행정자치구	유역면적 (km ²)			빗물침투 대책량(m ³ /hr)	평균강우강도 (mm/hr)
	계	침투면적	불투수면적		
동 구	136.61	117.31	19.30	645.21	5.5
중 구	62.13	46.80	15.33	257.40	5.5
서 구	95.39	72.10	23.29	396.55	5.5
유성구	177.25	143.21	34.04	787.66	5.5
대덕구	68.47	48.66	19.81	267.63	5.5

<표 3-6> 대전광역시 자치구별 빗물침투시설의 저류용량

행정자치구	유역면적 (km ²)	빗물침투대책량 (mm/hr)	침투가능지역		
			면적(km ²)	설계침투량 (m ³ /hr)	설계침투강도 (mm/hr)
동 구	136.61	5.5	117.31	427.01	3.64
중 구	62.13	5.5	46.80	170.35	3.64
서 구	95.39	5.5	72.10	262.44	3.64
유성구	177.25	5.5	143.21	521.28	3.64
대덕구	68.47	5.5	48.66	177.12	3.64

제 4 장

대전시에서 물순환체계 적용방안

제1절 하수처리수 적용방안

제2절 빗물 적용방안

제3절 문제점 및 향후 검토사항

제4장 대전시에서 물순환체계 적용방안

자연환경에서의 물 수용능력의 한계에 도달한 관계로 물부족의 문제는 더욱 현실에 가까워지고 있다. 또한 유엔환경개발회의에서 천명한 지속개발가능발전의 이념은 우리에게 종래의 공급위주 사고에서 벗어나 물재이용을 통한 수요관리 사고로 전환을 요구하고 있다.

지금까지 우리나라에서는 물 공급을 주로 댐 개발에 의존하여 왔다. 이와 같은 방식은 앞으로 댐건설 적지의 감소, 건설비의 앙등, 수목지역주민의 생활재건대책, 환경영향 등의 요인으로 인하여 계속적으로 개발하기 어려운 상황에 있다. 따라서 앞으로 증가될 것으로 예상되는 물재이용에 맞추어 중수도와 빗물이용의 도입은 절실하다. 특히 기후변화로 인한 홍수와 가뭄이 동시에 발생하면서 수자원의 중요성을 절감하면 하수처리수의 공업용수 및 농업용수 등으로의 재이용이 절실히 요구되고 있다.

이러한 상황에서 중수도와 빗물이용은 지금까지의 물자원의 양적 확대에 대해 질적인 향상을 기대할 수 있는 하나의 물수요관리 대책인 것이다. 또한 중수도는 다른 수자원에 비하여 갈수기에도 항시 일정량을 확보할 수 있다는 점에서 큰 장점이 있으며, 이는 대부분의 용수를 상수도에 의존하고 있는 우리나라의 물수요를 완화시키는 데에 중요한 역할을 할 수 있다. 공급할 수 있는 용도로는 재개발이나 신개발지역에서 상업용 및 공공용의 수세식 화장실용수가 대표적이며, 공원과 하천의 조경용수 및 하천유지용수로도 공급이 필요하다.

또한, 하천관리는 도시계획, 상하수도, 환경보전, 방재, 녹지, 건축 등 도시행정의 다양한 분야와 관련되기 때문에 관련부서가 상호 유기적 관계로 유역 전체의 시스템을 통하여 접근하여야 한다. 하천유지유량 확보를 통한 수질개선과 친수공간 조성의 차원을 뛰어넘어 유역의 물순환체계를 복원하여 생태공간, 녹지공간, 방재공간 및 기후조절공간 등의 복합기능을 수행하는 도시하천을 목표로 하여야 할 것이다.

제1절 하수처리수 적용방안

1. 적정 시스템의 선정

중수도 처리시스템은 일반적으로 전처리, 주처리, 후처리, 소독과정으로 구성되지만 처리공정의 조합이 증가할수록 각 항목별 제거효율이 증가하며 설치비 및 운영비가 증가하기 때문에 용수의 재이용목적에 맞게 수질기준을 만족하는 최적 기술로 선택하여야 한다. 지금까지 검토한 내용을 종합하여 재이용 용도별 적용가능한 중수도처리시스템에 대해 정리하여 나타내면 <표 4-1>과 같다.

<표 4-1> 제거대상물질별 적용 가능한 중수도 처리시스템

제거대상물질	처리시스템
주로 BOD, SS의 제거 (10mg/L 이하, 수질보전목적)	· 활성슬러지법+급속모래여과
수세식화장실용수, 조경용수 이용	· 활성슬러지법+급속모래여과 +소독
친수용수이용, BOD COD, 색도의 제거 (BOD 3mg/L이하, COD 10mg/L이하, 색도 10도이하)	· 활성슬러지법+급속모래여과(생물막여과)+활성탄흡착 · 활성슬러지법+급속모래여과(생물막여과)+오존산화 · 전처리(응집침전·모래여과,MF막)+막분리(RO)
인제거(T-P 0.5~1mg/L)	· 활성슬러지+정석탈인 · 응집제첨가활성슬러지법+급속모래여과 · 혐기호기 활성슬러지법+급속모래여과
질소제거 (T-N 60~80% 제거)	· 활성슬러지순환변형법+급속모래여과 · 회분식 활성슬러지법+급속모래여과
질소, 인의 동시제거	· 생물학적 질소, 인 동시제거법(인제거는 불안정) · 회분식 활성슬러지법(인제거는 불안정) · 활성슬러지순환변형법+호기조에 응집제첨가
용해성염류까지 제거	· 활성슬러지+응집침전+급속모래여과+역침투막 · MF막+역침투막
위생학적 안전	· 활성슬러지+소독, 한외여과, 역침투
수돗물레벨 (미국 덴버 pilot plant 예)	· 활성슬러지+석회응집침전+모래여과 +선택적이온교환+활성탄흡착+오존처리+활성탄흡착 +역침투+이산화염소소독

2. 하수처리수 적용방안

1) 처리시설 내에서의 처리수 재이용

하수처리시설에서의 처리수는 처리시설내 설비의 공정용수, 수세식화장실용수, 청소용수, 조경용수, 세차용수 등으로 이용할 수 있다. 이때 용도별 수질은 그 이용 조건을 충분히 고려하여 검토하여야 하며, 처리수를 순환이용의 용도로 사용할 경우에는 수질 뿐 아니라 인체에 대한 안전성도 고려해야 한다. 인체의 안전성면에서 고려할 경우 재이용수는 다음과 같은 용도로 한정할 수 있다.

- ① 수세식 화장실 용수, ② 설비세정용수, ③ 살수용수, ④ 공정용수, ⑤ 청소용수, ⑥ 조경용수, ⑦ 소화용수, ⑧ 세차용수 등

이 중에서 비교적 수량이 많은 것은 수세식화장실용수, 설비세정용수 및 청소용수 등인데, 설비세정용수는 침전지의 기계시설 등의 세정수, 슬러지 탈수시설의 여포세정수, 여과지의 역세척수 및 슬러지 소각시설의 세정기에 이용되는 세정수 등이 있으며 공정용수는 폭기조소포수, 탈취용수, 브로와냉각수, 각종 펌프실링수 등으로 많이 사용된다. 또한 재이용수의 용도선정에 있어서는 수량, 수질의 적합성, 경제성 및 유지관리의 난이도 등에 대하여도 검토할 필요가 있다.

하수종말처리시설에서 재이용되는 처리수는 사용할 설비기기에 적합한 수질에 따라 크게 두 종류로 나눌 수 있다.

- 소포수, 사여과기세척수, 냉각수, 실링수, 탈취용수, 염소살균주입수, 탈수기세척수 등과 같이 고도의 수질을 요구하는 설비기기에 사여과기의 처리수를 사용한다.
- 세척수 등과 같이 고도의 수질을 요구하지 않으며 많은 양을 필요로 하는 곳에는 스트레이너 여과기만으로 처리한 후 용수로 공급한다.

이와 같은 용도에 따라 바람직한 재이용수의 처리용도를 알아보면 다음과 같다.

- 소포수 및 사여과기 세척수는 일반적으로 상수를 사용하는 것을 원칙으로 하지만 처리수를 이용할 수도 있다. 단, 각종 염농도가 상수보다도 매우 높은 경우가 있어 스케일 문제가 발생하기 쉬우므로 용존염류농도가 검사결과에 의해 상수와 같은 성상의 물을 사용하여야 한다. 소포수, 사여과기 세척수 등은 부유물질로 인한 노즐 폐쇄 문제가 많으므로 가급적 2차처리후 여과를 거친 처리수를 사용하는 것이 좋다.
- 탈수기여포세척수, 슬러지펌프실링수 등은 부유물질성분이 많으면 폐쇄될 우려가 있으므로 사여과수정도 이상의 수질을 사용하는 것이 바람직하다.
- 펌프, 모터, 송풍기, 엔진 등의 거의 모든 기계의 냉각수 및 실링수로 재이용수를 사용할 수 있으나, 배관에 스케일 등이 부착하여 유지관리상 어려움이 많아 상수사용을 원칙으로 한다. 또한 상수 사용시 회수방법을 생각하여 순환 사용하는 것도 바람직하다.
- 염소의 용해수는 사여과정도 이상의 처리수를 사용할 수 있다. 즉, 재이용수를 약품용액세척방식의 탈취용수는 상수를 사용하는 것이 바람직하다.

즉, 재이용수를 약품용해수로 이용시 약품이 처리수중의 용존염류와 반응하여 재이용수를 사용하는 경우 스트레이너의 폐쇄나 스케일에 의한 기능장애가 있을 수 있다. 또한 보일러용수로 재이용수를 사용할 경우 처리수중에 함유된 용존염류 등에 의한 스케일이 발생하여 기기의 수명을 단축시킬 수 있다. 따라서 경수연화장치가 과대해지며, 침부제의 사용이 증대하는 등의 문제가 발생하게 된다. 따라서 보일러 용수는 상수를 사용한다.

2) 처리시설 외에서의 처리수 재이용

(1) 농업용 및 관상용 관개용수로의 재이용

작물을 기르기 위해서는 관개용수가 필요하며, 미국의 경우 건조한 서부지역에서 관개용수의 개발이 시작되었으며, 관개용수 사용량은 총 사용량의 34% 정도이고,

일본의 경우는 오래전부터 하천수가 농업용수로 이용되어 전체 용수사용량의 약 65%를 차지하고 있다. 그러나 물사용량은 점차적으로 증가하고 있는 추세에 따라 최근에는 공원이나 골프장에도 관개용수가 필요하게 되었으며, 도시지역에서는 관상용 혹은 골프장에 이용할 관개용수로서 재생된 하수나 폐수의 사용이 중요시되고 있다. 그러나 재생된 도시하수를 관개용으로 사용하고자 할 경우에는 용수의 공급이라는 면과 하수나 폐수의 처리라는 면을 동시에 고려하여 계획되어야 한다. 관개용수로서 사용하기 위한 수질기준은 수질이 작물생산에 미치는 영향과 토양조건을 고려하여 수질기준과 관련이 있는 염분도, 이온의 독성, 침투율(Sodium Adsorption Ratio), 영양염류, 기타 보건상의 문제점 등의 항목도 고려되어야 하며, 특히 하수처리수가 농업용수로 이용되는데 대한 문제는 하수처리수중의 과잉질소에 의한 장애라고 보고되고 있다.

(2) 산업용수(공업용수)로의 재이용

도시의 발달과 경제성장으로 각종 산업체에서의 용수 사용량은 증가할 것으로 예상되나 방류수를 대상으로한 수질기준의 강화로 산업체내 폐수의 재순환량 역시 증가될 것으로 판단된다. 공업용수란 보일러용수, 원료용수, 제품처리·세정용수, 냉각용수 등 공업활동에 따라 사용되는 용수로서 산업체에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 용수는 냉각용수이다. 냉각용수는 내부순환용이기 때문에 독자적인 수질기준에 적합하도록 처리하여 사용되고 있다. 따라서 재생된 도시하수를 냉각용수로 사용하는 데에는 어려움이 없으며, 실제적으로 선진국에서는 이를 실용화하여 많이 사용하고 있으며, 우리나라의 경우는 공단이나 공장에서 자체 처리후 재순환방식으로 냉각수로 이용되고 있는 정도이고 하수처리수를 이용한 공업용수의 냉각수 이용은 아직 실용화되지 않고 있는 실정이다. 종래의 공업용수의 수자원으로 하천수를 기본으로 해 왔지만 앞으로의 하천수의 개발에는 기술적·경제적·사회적으로 큰 곤란을 동반할 가능성이 크다. 따라서 하수처리수는 장래의 물부족에 대응하기 위한 중요한 수자원이며, 각종 용수중에서도 공업용수와 잡용수를 중심으로 재이용을 추진해 나갈 필요가 있다고 판단된다. 공업용수의 냉각용수로 하수처리수가 사용되기 위해서는 생물학적 질화반응, 경도와 인을 제거하기 위한 Lime 및 Soda

Ash의 투입, 여과, pH 조정 및 염소를 이용한 살균 등과 같은 고도처리과정을 거친다. 고도처리 과정의 목적은 냉각 시스템내 부식 및 Scale의 형성을 방지하기 위함이다.

(3) 재생폐수의 지하수 재충전

지하수는 일반적으로 양질이며, 수온의 변화가 적은 점 등으로 인해 널리 이용되어 왔고 하천수와 함께 중요한 수자원이 되어왔다. 지하수 재충전은 지하수 수위의 하락을 격감, 중단 또는 변화시키고, 해안지대의 대수층의 담수를 해양에서 유입되는 염수로 부터 보호하고, 그리고 재생된 폐수나 기타 잉여 지표수를 장래의 용도로 저장하기 위해서 사용되어 왔다. 지하수의 재충전은 도시하수와 산업폐수를 지하로 침투시켜 처리하는 과정 또는 토지처분의 과정에서 부수적으로 이루어지기도 한다. 지하수는 지나치게 취수하면 지반침하 등의 장애를 일으키지만 합리적인 취수와 주입에 의해 보급하여 적절한 수량관리를 하면 수질이 우수한 수자원으로서 활용할 수 있다. 재생된 도시하수에 있어 재충전은 계류지(Basin)에서의 표면살포와 지하수 대수층에 직접투입하는 두가지 방법이 흔히 사용되고 있다. 일본의 경우 표류수의 개발이 곤란한 일부 지역에서 적극적으로 지하수를 개발하기 위해서 대수층에 차수벽을 설치하는 형태인 지하댐에 의한 지하수 이용이 진행되고 있다. 재생된 도시하수의 지하수 재충전에 대한 주요 관심사는 병원균이나 미량의 독성물질로 인하여 건강에 미칠 잠재적인 악영향이다. 장기간에 걸쳐 건강에 미칠 영향에 대한 관심이 증가됨에 따라 재충전수에 있는 화합물질의 종류와 특정한 유기물의 종류를 감소시키는 모든 노력이 있어야 한다.

(4) 하천유지용수로의 재이용

하천의 유지용수는 기본적으로 하천의 보전을 위한 자연적 기능과 인간이 하천을 이용하는데 필요한 인위적 기능을 유지하고 관리하는데 필요한 용수를 말하며, 이러한 하천유지용수로 하수처리수가 유용하게 사용될 수 있다. 현재 우리나라는 대부분의 강수가 7~8월에 집중되고, 최근에는 겨울철의 가뭄발생 빈도도 늘어나 대부분 지역의 도시하천이 건천화되어 가고 있다.

이에 따라, 하수처리수를 하천유지용수로 재이용함으로써 갈수기시 도시하천의 건천화를 방지하고 쾌적한 도시환경을 조성, 주민들에게 휴식처를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

하수처리수 재이용 계획시 고려되어야 할 사항으로서 다음 <표 4-23>에는 도시하수의 재이용 방안 및 그에 따른 문제점을 나타내어 참고가 될 수 있도록 하였다.

(5) 음용수로의 재이용

음용수 목적으로 재생된 폐수나 하수를 재이용하는데 대한 보건과 안전 및 미적인 관심사 때문에 신중하여 왔음에도 불구하고, 일부 선진외국에 있어서는 별도의 담수공급원이 없는 지역에서 직·간접적인 음용수로의 이용계획을 세우고 있거나 연구가 수행되어 오고 있다. 그러나 음용수로의 재이용을 위해서는 음용수에 대한 하나의 수질기준이 있어야 된다는 것과 만약 재생폐수나 하수가 음용수 수질기준에 적합하다 하더라도 세균학상의 안전도에 대한 일반인의 불신과 거부감으로 시행이 되기는 어려울 것으로 판단된다.

3. 하수처리수 재이용방식

처리수 재이용은 다음과 같이 순환방식에 따라 개방순환 방식과 폐쇄순환 방식으로 구분하고 폐쇄순환 방식은 사업의 주체 및 규모에 따라 개별순환방식, 지역순환방식, 광역순환방식으로 분류된다.

1) 개방순환방식

개방순환방식이란 처리수를 하천 등 공공수역에 방류해서 하천유량을 확보함과 동시에 이를 하류에서 취수하여 생활용수, 공업용수, 농업용수 등으로 이용하는 방식으로 자연유하, 유량조정, 지표살포 및 침투방식이 있으며 이는 수량관리의 성격이 크므로 수자원이 절대적으로 부족한 지역에 유효한 방식이다.

2) 폐쇄순환방식

폐쇄순환방식이란 처리수를 하천 등 공공수역에 방류하지 않고 건물 등 폐쇄계 내에서 2중배관에 의해 반복적으로 이용하는 것으로서 개별순환, 지구순환, 광역순환 방식이 있으며 이는 수량관리는 물론 방류수역에 방류되는 오염부하량을 최소화하기 위한 수질보전적 성격을 내포하고 있는 방식이다.

(1) 개별순환방식

개별순환방식은 단일건물이나 공장 등에서 발생하는 하수를 자체 처리하여 중수로 순환 이용하는 방식으로 건물외에 배관망이 없어 시설이 용이하며 상수사용량 절감과 동시에 오수량을 줄일 수 있다. 또한 단일건물이나 시설물 단위로 중수도가 채택되므로 설치 및 관리의 주체가 건물이나 시설물의 소유자 또는 관리자가 된다.

(2) 지역순환방식

지역순환방식이란 대형 주택단지나 재개발지구 등과 같이 일정한 지역을 대상으로 중수도를 운영하며 해당건물의 중수수요에 따라 공급하는 방식이다.

이 방식은 공급대상이 넓지 않은 지역내에 서로 근접하여 위치하므로 중수 송·

배수시설 건설비가 개별순환 방식의 경우보다 유리하다. 지역순환방식의 중수도를 설치할 때에는 주택단지나 재개발 사업자와 건축물의 소유자가 공동으로 중수도를 설치, 운영하게 된다.

(3) 광역순환방식

광역순환방식이란 일정한 지역이나 도시에서 해당지역내의 주택 및 건물 등에 중수를 공급하는 광역적이며 대규모의 중수도 방식이다. 유지관리가 비교적 용이하고 처리비가 저렴하지만 중수처리시설로부터 각 수요자에게 이르기까지 제반 시설물을 설치해야 되기 때문에 매설물이 많은 도로에서는 오점합의 위험성이 높다. 이 경우의 중수도는 국가 또는 지방자치단체가 직접 설치, 운영하는 것이 바람직하며 신도시, 신시가지 개발시에는 비교적 용이하게 채택이 가능하나 기존시가지에서 모든 도로, 건물에 중수도 배관을 새로이 추가하여야 하므로 초기사업비가 많이 들어 현실적으로 채택이 거의 불가능하다.

4. 하수처리수 재이용 가능성 검토

1) 대전하수처리장 방류수 수질기준

대전하수처리장은 현재 2021년 가동목표로 하수처리시설 이전을 목표로 타당성을 구축하고 있으며 목표방류수질은 다음 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 방류수 수질기준 (대전시 목표수질)

구 분	계획방류수질(mg/L)					비 고
	BOD	COD	SS	T-N	T-P	
대전하수처리장	4.0	20.0	10.0	20.0	0.28	

2) 처리수 재이용 용도의 종류 및 처리수질

하수처리수 재이용에 있어 우선적으로 고려될 사항으로 이용용도별 수질기준의 설정을 들 수 있으며 이는 처리시설의 처리방식과 규모에 영향을 미치고 시스템 전체에 대한 경제성을 좌우하므로 신중하게 고려되어야 한다. 특히 하수처리수의 재이용계획은 장기간의 연속적인 공급계획임으로 계획단계에서부터의 처리방안에 대한 종합적인 검토가 필요하다.

용도별 수질목표값 설정시 수세식 화장실용수, 살수용수, 조경용수 등의 일반 잡용수는 안정된 수질유지 및 위생적인 측면에서 인체에 문제가 없어야 하고 이용자에 대해 불쾌감을 주지 않으면서 물로서의 심미성을 유지해야 하며, 공업용수는 사용목적과 용도별 수질기준에 부합하도록 별도의 수질목표를 설정해야 한다. 농업용수는 수질이 작물에 미치는 영향과 토양조건을 고려하여 수질목표의 설정에 유의하여야 한다. 최근에 개정된 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(2011.6.9 시행)에 따른 하·폐수 처리수 재처리수의 용도별 수질기준은 위에서 제시하였던 <표 2-3>과 같다.

3) 하수처리수 재이용 가능성 검토

(1) 공공하수처리시설내 용도

대전공공하수처리시설 이전 후 방류수질 강화로 처리수를 장내 다양한 용도로 재이용 할 수 있을 것으로 판단되며 대표적인 단위시설별 재이용 용도는 다음 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 처리장내 재이용 공급원

구 분	검 토	비 고
침사지	협잡물 및 침사세정수, 각종 청소용수	
설비동	냉각수, 약품용해수, 각종 청소용수	
농축 및 탈수설비	축분수, 세척수	
기타	조경 및 연못용수	

(2) 공공하수처리시설의 용도

<표 4-4> 용도별 수질기준

구 분	총대장균 군수 (개/100ml)	탁도 (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	색도 (도)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	pH	염화물 (mgCl/L)	전기 전도도 (μ S/cm)
처리시설 방류수질	$\leq 3,000$	-	≤ 10.0	≤ 4.0	-	≤ 20.0	≤ 0.28	-	-	-
공업용수 수질기준	≤ 200	≤ 10	-	≤ 6	-	-	-	5.8-8.5	-	-
조경용수 수질기준	≤ 200	≤ 2	-	≤ 5	-	-	-	5.8-8.5	≤ 250	-
하천 유지용수 수질기준	$\leq 1,000$	-	≤ 6	≤ 5	≤ 20	≤ 10	≤ 0.5	5.8-8.5	-	-
농업용수 수질기준 (직접식용)	불검출	≤ 2	-	≤ 8	-	-	-	5.8-8.5	-	≤ 700
농업용수 수질기준 (간접식용)	≤ 200	≤ 5	-	≤ 8	-	-	-	5.8-8.5	-	$\leq 2,000$

최근 개정된 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률(2011.6.9 시행)의 하·폐수 처리수 재처리수의 용도별 수질기준과 비교해보면 하천용수의 권고수질은 방류수 수질보다 강화되어 있으므로 별도의 처리공정도입을 검토하여야 할 것이며, 그 외 용도는 수요처의 요구수질을 사전협의하여 용도에 적합한 수질을 공급해야 한다. 용도별 수질기준은 위의 <표 4-4>에 나타난 바와 같다.

가. 공동주택

- 재이용대상 : 대형아파트, 연립빌라
- 재이용용도 : 수세식 화장실용수

<표 4-5> 공동주택의 하수처리수 재이용 특성

구 분	현 황	비 고
기술적 측면	공동주택의 특성상 각 가구당 포설되는 급수배관의 시공 및 유지관리가 어려우며, 재이용수 사용시 복잡 배관의 오염으로 인한 오음용 및 오사용의 우려가 높다.	
법 적 측면	중수도설치 의무화 대상시설이 아닌 설치권장사항으로 규정된 바, 재이용수의 사용을 위해서는 법제상 의무화 규정의 도입이 요구된다.	
경제적 측면	급수배관 설치시 투자비의 전액지원 없이는 사용자측에서 재이용수 급수배관을 자발적으로 설치할 가능성이 낮다.	
사회적 측면	재이용수에 대한 위생상의 거부감 및 수질확보에 대한 신뢰성의 결여	
검 토 종합	전반적인 전제요건이 만족되기 전에는 공동주택의 수세식 화장실용수로 재이용수를 이용하기에는 현실적으로 부적합하다고 판단됨.	

나. 공장시설

- 재이용대상 : 공장용수처
- 재이용용도 : 공업용수
- 적용대상 분석 : 대전공공하수처리시설 이전부지 인근 산업단지 : 장래 대전공공하수처리시설 이전부지 인근 산업단지로는 신동·둔곡지구 및 대동·금탄지구, 대덕구 신일동 부근에 대덕연구개발특구(대덕 산업단지)가 있으며 대덕구 대화동 부근에 대덕 1,2 산업단지가 있다.

<표 4-6> 공장시설의 하수처리수 재이용 특성

구 분	현 황	비 고
기술적 측 면	업종에 따라 요구되는 수질이 서로 상이하어 하수처리수를 공업용수로 재이용하고자 할 때는 주변 업체의 요구수질과 어느 정도 일치하여야 가능할 것으로 판단	
법 적 측 면	일정규모 이상의 공장에는 의무화 대상시설로 규정되어 있으나 공장자체의 중수도 개별방식의 도입을 대신하여 하수처리수를 재이용하는 것에는 다소 소극적임.	공장시설 관련
경제적 측 면	공단 입주업체의 하수처리수 사용여부, 요구수질 및 요구단가 등의 조사가 선행되어야 하고 이송설비와 필요시 별도의 추가설비 등이 필요	
사회적 측 면	장래 물부족에 대한 상수도 대체원으로 재이용수의 필요성은 인식하고 있음	공장시설 관련
검 토 총 합	- 대덕연구개발특구 및 대덕1,2산업단지 필요 공업용수는 총 160,100m ³ /일로 신동·둔곡 및 대동·금탄 외에는 이송거리문제로 경제성이 떨어지며 요구수질 및 요구단가 등의 조사가 필요하여 현재 공업용수로 사용하기에는 어려움 - 현재 개발 진행중인 신동·둔곡·대동·금탄지구 공업용수 수요량의 50%인 15,650m ³ /일에 대하여는 이전 하수처리장에 인접되어 있어 수요처의 판단여하에 따라 적용 가능할 것으로 판단됨.	

다. 조경용수

- 재이용대상 : 인접골프장, 공원
- 재이용용도 : 조경용수
- 적용대상 분석

<표 4-7> 인접 골프장 현황

구 분	주 소	면 적(m ²)	거리(km)	비 고
싱그린 골프클럽	대덕구 연축동 35-1	42,555	2.5	
유성 컨트리클럽	유성구 덕명동 215-7	350,000	23	
금실대덕밸리	유성구 용산동 676	259,445	1.5	
대덕연구단지 체육공원	유성구 전민동 산11	344,176	1.7	

골프장은 골프시설 외 골프연습장, 체육시설 및 부대시설 등을 구비하고 있으므로 이를 고려하여 조경용수 공급대상 면적을 산정하였다.

<표 4-8> 골프장에 필요한 조경용수량 산정

구 분	원 단 위	면 적(m ²)	조경용수량(m ³ /일)	비 고
싱그린 골프클럽	4L/일 · m ²	21,277	85	골프장 면적의 50% 적용
유성 컨트리클럽		175,000	700	
금실대덕밸리		129,722	519	
대덕연구단지 체육공원		172,088	688	
합 계		498,087	1,992	

라. 공공시설

- 재이용대상 : 학교, 공공의 청사, 도서관인접골프장, 공원
- 재이용용도 : 수세식 화장실용수

<표 4-9> 공공시설의 하수처리수 재이용 특성

구 분	현 황	비 고
기술적 측 면	공공시설의 특성상 각 건물내 포설되는 급수배관의 시공 및 유지관리가 어렵고, 재이용수 사용시 복잡한 배관의 오접합으로 인한 오음용 및 오사용의 우려가 있다.	
법 적 측 면	중수도설치 의무화 대상시설이 아닌 설치권장사항으로 규정된 바, 재이용수의 사용을 위해서는 법제상 의무화 규정의 도입이 요구된다.	
경제적 측 면	급수배관 설치시 투자비는 자체 조달이 가능하여, 재이용수 이용시 타시설보다 다소 적용상 유리한 점은 있다.	
사회적 측 면	공공시설의 시범화 사업을 실시함으로써 재이용수의 확대보급을 위한 홍보효과를 발휘할 수 있으나, 현재는 시설관리의 전문성과 용수사용상의 부주의로 인한 사고유발가능성이 예상된다.	
검 토 총 합	시범화 사업 측면에서 재이용수를 공공시설의 수세식 화장실용수로 재이용하기 위해서는 전반적인 전제조건 및 재이용상의 문제점에 대한 안정성 확보가 선결된 후 검토 적용하는 것이 타당한 것으로 판단된다.	

마. 하천

- 재이용대상 : 하수처리장 인근 공공하천
- 재이용용도 : 하천유지용수, 농업용수

<표 4-10> 하천의 하수처리수 재이용 특성

구 분	현 황	비 고
기술적 측 면	하천유지용수 및 농업용수 공급관은 오수관 및 급수관과의 오염위험이 적고 시공 및 유지관리가 비교적 용이함	
경제적 측 면	하천유지용수 및 농업용수로 재이용하기 위해서는 적절한 수질을 만족해야 하며, 방류수 수질분석을 하여 용도별 수질기준에 적합한지 우선 판단해야 한다. 처리시설 인근 농업용수로 재이용할 경우 공급배관설비가 적게 드는 등 경제적이다.	
사회적 측 면	농업용수로의 재이용은 공급하고자 하는 경작지 농업인의 사전 동의하에 실시하며, 농업인을 대상으로 하므로 설치에서 공급까지 농업인 부담액이 전혀 없도록 추진함이 바람직하다.	
검 토 종 합	대전광역시는 농지(논,밭)가 4,831 ha로 전체면적에 비해 넓지 않지만 많은 부분이 3대 하천 인근에 입지하여 있으므로, 농업용수도 재이용 수질기준 추가항목에 대한 검토를 거친 후 활용방안을 제시할 필요가 있음 현재 대전하수처리장 상류 일부지역의 생태계 유지를 위한 하천유지용수 유량이 건기 시에 부족한 경우가 발생하고 있다. 이에 처리수가 생태계 유지를 위한 수질을 만족하도록 처리공정을 마친 후 하천유지용수로 재이용할 수 있도록 검토가 필요함	

4) 하수처리수 재이용 계획

본 계획에서는 앞서 검토한 바를 토대로 대전광역시의 도시특성에 부합하고 지역여건에 맞는 하수처리수 재이용방안을 다음과 같이 계획하였으며, 최근 개정된 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령(2011.6.9 시행) 제12조”에 의하면 하·폐수 처리수 재처리수를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상은 “1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 처리시설을 말하며, 하·폐수 처리수 재처리로 재이용하거나 공급하여야 하는 하수처리수의 양은 1일 처리량의 100분의 10 이상으로 계획” 하도록 제시하고 있다. 따라서 현재의 시설은 기존 지침에 따라 900,000 m³/일의 5%인 45,000m³/일 이상을 재이용수로, 2021년 처리시설 이전 완공 후에는

시설용량이 650,000 m³/일이므로 10%인 65,000 m³/일 이상의 재이용수량을 계획하는 것이 타당하다.

<표 4-11> 하수처리수 재이용량 (장내 재이용수)

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
장내용수	45,000	45,000	45,000	32,500	

<표 4-12> 하수처리수 재이용량 (공업용수)

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
공업용수	-	-	-	15,650	

<표 4-13> 하수처리수 재이용량 (살수차이용 인근 도로청소용수)

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
도로 청소용수	270	270	270	450	

<표 4-14> 하수처리수 재이용량 (하천유지용수)

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
하천유지용수	80,000	80,000	80,000	80,000	

(1) 공공하수처리시설의 장내용수

가. 사용현황

현재 대전광역시에서 하수처리수 재이용 용도로 대부분이 장내용수로 시설내 용수량, 배관세척수, 소포수 및 청소수 등으로 활용하고 있으며 시설용량 대비 1.75%~13.34%의 재이용율을 나타내고 있다.

나. 사용계획

처리시설 이전 후에는 강화된 방류수질 기준에 따라 처리수의 수질이 양호할 것이므로 본 계획에서는 2005~2009년 기준 하수처리시설의 처리수 재이용율을 고려하여 시설용량 대비 5%를 장내용수 사용량으로 계획하였다.

<표 4-15> 장내용수 사용계획

구 분		시설용량 (m ³ /일)	재이용율 계획(%)	재이용량 (m ³ /일)	비 고
장내용수	2020년 이전	900,000	5%	45,000	
	2021년 이후	650,000	5%	32,500	

(2) 도로 청소용수

도로청소는 대전공공하수처리시설 처리수조에서 직접 청소용수를 채수 후, 살수차량을 이용하여 청소하는 것으로 계획하였으며, 고속도로의 경우 주기적으로 청소용수를 살수하기에는 어려울 것으로 판단되어 청소용수량은 일반도로 및 광역시도로를 대상으로 산정하였다. 기 포장되어있는 일반도로 및 광역시도로는 전체도로의 95.9%를 차지하며 도로의 폭원을 고려하여 중로이상의 도로에 살수용수 이용이 가능할 것으로 계획하였으며 중로이상 도로는 15.5%를 차지한다.

일반도로 및 광역시도로 1,810 km 중 중로 이상인 280.6 km를 대상으로 도로청소 용수량을 추정하였으며 대전 하수처리시설과 인접한 동구, 유성구 및 대덕구를 대상으로 단기청소용수량을 구하였다.

<표 4-16> 대전광역시 포장도로 현황²³⁾ (단위 : m, %)

구 분	합 계	고속도로	일반국도	광역시도로	대상도로	비 고
비 율(%)	100.0	4.0	4.4	91.5	95.9	
대전광역시	1,886,312	76,140	83,887	1,726,285	1,810,172	
동 구	397,094	21,540	10,131	365,423	375,554	
중 구	286,333	4,530	22,881	258,922	281,803	
서 구	380,569	5,710	11,558	363,301	374,859	
유성구	513,629	28,380	26,080	459,169	485,249	
대덕구	308,687	15,980	13,237	279,470	292,707	

<표 4-17> 폭원별 도로현황

폭원별도로 (m, m ²)	합 계	광로 (40m이상)	대로 (25-40m미만)	중로 (12-25m미만)	소로 (12m미만)	광장 (개소)
대전광역시	7,626	37	189	953	6,329	118
비 율(%)	100.0	0.5	2.5	12.5	83.0	1.5

<표 4-18> 도로청소 용수량 추정

구 분	산 출 내 역	비 고
	- 살수차 용량 / 1일 주행거리 - 살수차 일 용수사용량 - 도로청소주기 15 m ³ /대 / 30 km 90m ³ /일 1회/2일	
단기 청소용량	- 1일 청소거리 - 소요 살수차 대수 - 일 청소용수 사용량 179Km÷2 = 89.5Km ≒ 90Km 3대/일 270m ³ /일	동구, 유성구, 대덕구
장기 청소용량	- 1일 청소거리 - 소요 살수차 대수 - 일 청소용수 사용량 281Km÷2 = 140.5Km ≒ 140Km 5대/일 450m ³ /일	동구, 유성구, 대덕구, 중구, 서구

23) 대전광역시 통계연보(2010), 자치구별 통계연보(2010)

(3) 공업용수

하수처리시설 이전 후 인근 산업단지인 대동·금탄지구 및 신동·둔곡지구의 공업용수 수요량에 대하여, 하수처리수 재이용을 통한 공업용수 공급계획은 다음과 같다. 단, 상가지구는 현재 개발계획이 진행 중이므로, 하수처리시설 이전 후 해당 산업단지의 수요량 및 요구수질 등을 검토하여 경제적 타당성이 확인된 후 공급하는 세부적인 검토 및 계획이 필요함.

<표 4-19> 공업용수 공급계획

구 분	수요량 (m ³ /일)	공급량 (m ³ /일)	재이용수 공급률	비 고
합계	30,300	15,650	50%	2025년
신동지구	10,400	5,200	50%	
둔곡지구	15,000	7,500	50%	
대동지구	4,900	2,950	50%	

(4) 하천유지용수

가. 하천유지용수 가능방안 검토

대전광역시와 단계별로 추진 중인 3대하천(대전천, 유등천, 갑천) 생태복원 및 공원화사업의 일환인 하천수량 확보계획 중 대전하수처리시설 처리수(Q=80,000m³/일)를 유등천 하천유지용수로 이용하도록 기 계획되어 있는바, 금회 계획시 이를 하수처리수 재이용계획에 반영하였다.

또한, 대전 공공하수처리시설 이전시 하수처리수가 금강과 갑천 합류점으로부터 하류방면 7 km떨어진 지점에서 방류되어, 이로 인해 금강과 갑천 합류점으로부터 상류방면 9 km떨어진 기존 처리수 방류지점에서 이전 후 하천유지용수 부족이 예상되는바 하천 생태계에 악영향을 끼치지 않도록 하천유지용수 공급이 필요하며 처리시설 이전 후 일정량의 처리수를 하천상류로 방류하여 장기적으로 하천유지용수로 사용하는 것에 대한 검토가 필요하다.

<표 4-20> 도심생태하천조성 하천유지유량 확보 계획

구 분		2 단 계
유지용수 공급방안		하수처리장 처리수 이용
안별개요		대전하수처리장 처리수를 유등천 상류 호남철교 지점으로 압송하여 방류 (Q=80,000 m ³ /일)
장 단 점	장점	수량확보 용이
	단점	추가처리 필요
사 업 비		관로 및 펌프장 : 8,700백만원
검토결과		<ul style="list-style-type: none"> • 유지용수 공급 2단계 사업으로 고도처리된 하수처리장 처리수를 이용하여 유등천의 유지용수로 공급 - 정부에서는 하수처리수 재이용을 적극 권장하는 법개정(하수도법, 2000. 12)을 추진 중에 있고, 하수처리수 재이용시설도 하수도 시설에 포함하여 지방양여금을 지원함으로써 재이용시설 설치확대를 지원하고 있다.

나. 하천유지용수량 산정

하수처리시설 이전 전후로 Q=80,000 m³/일에 대하여 하천유지용수로 활용하는 계획이 필요하며, 다만 하천유지용수 수질기준을 만족하기 위해서는 별도의 처리공정이 필요하고, 또한 하천 하류방면에서 처리수가 발생하므로 하천유지용수를 사용하는데 펌프장 및 관로공사비가 많이 소요될 것으로 예상되므로 추후 사업시행시 상세한 검토를 통하여 비용대비 최대의 효과를 누릴 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다.

<표 4-21> 하천유지용수 용수량

구 분	하천유지용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
하천유지용수	0	80,000	80,000	80,000	

5) 단계별 하수처리수 재이용계획

앞서 언급한 것과 같이 대전광역시시는 재이용수를 처리시설내 장내용수, 도로 청소용수, 공업용수 및 하천유지용수로 사용하는 것으로 단계별 계획을 수립하였으며, 2015년 재이용율은 13.9%, 2025년에는 19.8%로 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률 시행령(2011.6.9 시행)제12조”에 따라 “재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양은 1일 하수처리량의 100분의 10이 이상으로 계획한다”는 기준에 부합된 재이용수량을 산정하였다.

<표 4-22> 단계별 하수처리수 재이용계획

구 분	재이용수 용수량 (m ³ /일)				비 고
	2010년	2015년	2020년	2025년	
처리시설내 장내용수	45,000	45,000	45,000	32,500	
도로 청소용수	270	270	270	450	
공업용수	-	-	-	15,650	
하천유지용수	0	0	80,000	80,000	
합 계	125,270	125,270	125,270	128,600	
시설용량	900,000	900,000	900,000	650,000	
재이용율	13.9%	13.9%	13.9%	19.8%	

제2절 빗물 적용방안

도시에서 물순환체계의 핵심은 우수처리시스템이다. 이는 도시홍수를 조절하는 현실적 대안인 동시에 토양에 수분을 지속적으로 공급하는 기능을 가진다. 우리나라는 강수량의 2/3 이상이 여름철에 집중되기 때문에 빗물의 유효이용을 촉진할 필요가 있다.

빗물 이용시설은 빗물의 유출량이나 유출속도를 저감하는 방식으로 이루어지기 때문에 우수유출 저감시설이라고도 하며, 크게 저류형시설과 침투형시설로 구분할 수 있다. 저류형은 지표면에서 유출되는 빗물을 일정 공간에 일시적으로 저장하였다가 강우가 그친 후 서서히 방류하는 것으로서 공원, 운동장, 주차장 등의 지하공간을 저류공간으로 활용하거나 별도의 우수지 및 조정지를 설치하기도 한다. 침투형은 빗물이 지표면이나 배수로를 흐를 때 지하로 쉽게 스며들게 하는 시설로서 도로와 주차장을 투수성물질로 포장하거나 침투통, 침투트렌치, 침투지 등을 설치하는 방법이다.

이와 같은 우수유출 저감시설은 빗물을 평면적으로 처리함으로써 지역적, 시간적으로 빗물의 유출량을 완화시켜 침투홍수량을 저감시키고 홍수도달시간을 지연시키는데 기여할 수 있다. 또한 지하로 침투된 지하수에 의하여 지하수위가 상승하여 하천의 기저유량을 유지하는데 도움이 되기 때문에 갈수관리의 측면에서 매우 유리하다고 할 수 있다.

1. 빗물침투시설 계획설치지역

빗물침투시설은 우천 시에 빗물을 지표면 아래로 신속하게 스며들게 하는 시설로서 표층토양의 투수성, 지하수위에 의하여 크게 영향을 받으므로 가능한 침투능이 큰 지역에 설치하여야 한다. 또한 침투시설에 의하여 침투된 빗물에 의하여 지반의 붕괴 및 함몰되거나 지하수가 오염되지 않는 지역이어야 한다. 대전광역시에서 빗물침투시설 설치가능지역을 적절하게 선정하기 위하여 다음조건으로 검토한다.

- 과거의 침수지역으로 저지대가 아닌 곳
- 하상 및 호소를 제외한 지역
- 계획홍수위 + 1 m 보다 고도가 높은 지역
- 토양의 투수계수가 10-5 cm/sec 이하로 낮은 지역
- 4계절 평균 지하수위가 1 m 이상인 지역
- 건물면적 제외한 지역
- 침투시설설치가 불가능한 급경사지대가 아닌 지역
- 경작지를 제외한 지역
- 근린공원이 아닌 지역
- 교통량이 많은 간선도로 및 주요도로가 아닌 지역

2. 빗물침투시설의 설치

대전광역시 빗물침투시설에 대한 계획은 하천과 인접한 주택, 도로, 공공시설, 공원 등을 중심으로 설치하여야 하며 다음의 내용을 고려하여야 한다.

1) 빗물침투시설 설치방향

빗물침투시설의 설치방향은 다음과 같다.

- ① 하수도법에서 정한 “공공하수도의 설치기준”, “공공하수도의 구조기준” 및 “배수설비의 설치 및 구조기준” 등에 따라 설치한다.
- ② 빗물침투시설의 시설규모는 대전광역시나 자치구에서 목표로 하는 빗물침투 대책량에 대하여 대상지역에서 계획한 침투시설별 계획설계침투량의 적합성을 검토하여 산정한다.
- ③ 침투시설은 여러 종류의 시설을 조합하여 설치하며, 침투트렌치의 양단에 침투통을 설치하거나 빗물이용시설이나 빗물저류시설과 연계하여 설치한다.
- ④ 침투시설의 구조는 빗물의 저장기능과 침투기능이 효과적으로 발휘 될 수 있는 구조로 하고 그 기능을 장기적으로 유지하기 위해 토사 등의 유입에 의한 막힘과 퇴적에 대해 충분히 배려한다.
- ⑤ 침투시설 선정, 설치규모 산정에서 침투효과를 얻을 수 있도록 한다. 빗물침투시설은 우수유출저감을 실시하는 구역의 지반조건, 토지 이용상황 등을 고려해서 몇 개의 침투시설을 조합하여 설치하면 침투기능이 효과적으로 발휘 될 수 있다.
- ⑥ 지형, 지질, 지하수위, 주변환경 등을 충분히 검토하여 설치하고 배수시설과의 연계를 고려한다.
- ⑦ 빗물침투시설은 대상지역의 하수관거배제방식을 고려하여 오수나 우수의 배제에 영향을 주지 않고 빗물침투가 원활하게 이루어지도록 설치한다. 합류식 하수관거에서는 별도로 침투시설을 설치하여 빗물이 하수와 혼합되기 이전 단계에 침투되도록 하고, 분류식하수관거의 경우는 우수관거를 침투시설로 이

용하거나 별도로 침투시설을 설치하고 최종적으로 우수관거와 연결되도록 계획한다.

- ⑧ 지하수 침입을 방지하고 하수관거에서의 하수역류를 방지하기 위하여 하수관거 계통과 침투시설계통을 분리하여 설치한다. 또한 하수관거로부터의 악취방지를 위하여 침투시설과 연결하는 하수관거설비에 트랩을 설치한다.
- ⑨ 침투시설은 빗물침투에 따라서 지반변동 등을 일으킬 우려가 있는 장소에 설치하지 않도록 한다. 또한 주변환경에 영향을 주지 않도록 장소를 설정하여야 한다. 침투시설 설치금지구역은 ①급경사지 붕괴위험지구, ②사면위험구역, ③인접지의 건축물 기초부분으로 자연환경에 영향을 줄 우려가 있는 구역, ④함몰지역, ⑤공장지역, 폐기물매립지 등으로 토양오염이 예상되는 지역이다.
- ⑩ 빗물침투시설은 설치장소별 토지이용에 따른 적용가능 침투시설을 설치한다.

<표 4-23> 설치장소별 적용가능한 빗물침투시설

설치장소 토지이용	집수대상	적용침투시설					
		침투통	침투 트렌치	침투 측구	투수성 포장	도로 침투	침투 저류조
단독주택	지붕	○	○				○
	건물주변	○	○	○	○		○
주택단지, 학교 등	지붕	○	○	○			○
	건물주변	○	○	○	○		○
공원 등	녹지, 도로, 주차장, 운동장	○	○	○	○		○
도로	보차도 구별이 있는 도로의 차도			○		○	
	보차도 구별이 없는 도로의 보도			○	○		
	보차도 구별이 없는 도로			○	○	○	

2) 빗물침투시설 구조

빗물침투시설은 일반적으로 침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장으로 나누어지며 구조는 다음과 같다.

① 침투통

침투통은 투수성의 통 주변을 쇠석으로 충전하고 집수한 빗물을 측면 및 저면으로 하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다.

- 침투통은 통본체, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 연결관(집수관, 배수관, 투수관 등), 부속시설(폐쇄방지시설 등)등으로 구성
- 침투통은 침투기능과 집수기능을 가지며, 침투트렌치나 침투측구의 유입부, 중간부, 유출부에 설치하면 시설의 토사 등의 유입을 방지하는 기능도 가짐
- 침투통에서 침투되지 않는 빗물은 월류관을 통하여 부지외나 공공하수관거로 배수되지만 월류관과 유출관을 가능한 높게 설치하여 설계수두를 확보
- 침투통 바닥은 물이 침투될 수 있는 구조로 하고 아랫부분에서 모래, 쇠석순으로 채운다. 집수목적에 따라서 통에 뚜껑을 설치.

② 침투트렌치

침투트렌치는 길게 관 구덩이에 쇠석을 충전하고 쇠석속에 침투통과 연결된 유공관을 설치하는 것으로 빗물을 쇠석의 측면 및 바닥을 통하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다.

- 침투트렌치는 투수관, 충전쇄석, 모래, 투수시트, 관입구 필터 등으로 구성
- 침투트렌치는 유입된 토사등의 청소가 어려우므로 전후에 침투통을 설치하고, 토사 등의 유입을 방지
- 트렌치는 폭 = 600 mm, 깊이 = 700 mm를 표준으로 함
- 트렌치 내에는 유입수를 균일하게 분산시키기 위해 충전된 자갈층 속에 투수관을 부설한다. 그 투수관경은 $\phi 100 \sim \phi 200$ mm을 표준으로 함
- 침투관 바닥에는 구멍을 뚫지 않는다. 이는 초기강우시에 탁도가 높은 우수를 하류부로 유하시키고 트렌치 내의 폐쇄를 될 수 있는 한 저감하기 위함

③ 침투측구

침투측구는 측구주변을 쇄석으로 충전하고 빗물을 측면 및 바닥을 통하여 땅속으로 침투시키는 구조로 한다. 침투측구는 도로, 공원, 운동장, 주차장등에서 침투나 집수통으로 조합되는데 토사, 협잡물 등에 의하여 침투기능이 저하되는 경우가 많으므로 설치장소에 맞게 적절한 유지관리가 필요하다. 또한 침투측구는 지표면의 경사에 맞추어 설치되므로 급경사의 경우에는 침투기능을 확보하기 어렵다.

- 침투측구는 측구, 충전쇄석, 모래, 투수시트로 구성
- 침투측구 바닥에 모래를 채운다. 특히 구측면에 10 cm의 쇄석 충전
- 침투측구는 투수성이 있는 것을 사용하고 그 폭은 소요침투량, 저류량에 따라서 결정하지만, 400~450 mm를 표준으로 함
- 침투측구에 말단에 접속되는 침투통에는 그 앞에 월류구를 설치
- 침투측구는 뚜껑이 있는 것을 원칙으로 함
- 지붕배수가 유입되는 경우에는 침투측구 입구에 토사 전처리조를 설치

④ 투수성포장

투수성포장은 빗물을 직접포장체로 투수시켜 노상의 침투능력에 의하여 빗물을 땅속으로 침투시키는 구조로 한다. 투수기능만이 아니라 도로로서의 일정한 강도를 가져야 한다.

- 투수성포장은 노반, 쇄석, 필터층으로 구성
- 포장면은 우천시 미끄러짐과 물고임이 없어야 하며 쾌적하고 안전한 보행공간을 조성하여야 한다. 또한 가능한 재활용가능한 포장재로서 유해물질이 용출되지 않아 환경에 영향을 주지 않게 함
- 투수성포장은 보도를 중심으로 적용·실시하며 그 외에 생활도로 등의 교통량이 적은 차도 및 주차장 등에 설치하는 것을 원칙으로 함
- 투수성포장은 빗물을 노면 아래로 원활하게 침투시키고 일시적으로 저류·증발시켜 우수유출저감효과와 여름철 열섬화현상을 완화하도록 함

3) 빗물침투시설의 설치 방법

가) 개인주택의 침투시설 설치방법

- 지붕에 떨어진 빗물은 홈통을 통하여 침투통으로 유입되어 땅속으로 침투되며 침투되지 못하는 빗물은 공공하수도로 배제
- 지붕에 떨어진 빗물은 홈통을 통하여 녹지대나 자갈층으로 스며들고 스며들지 못한 빗물은 자갈층 내 설치된 유공관을 통하여 공공하수도로 배제

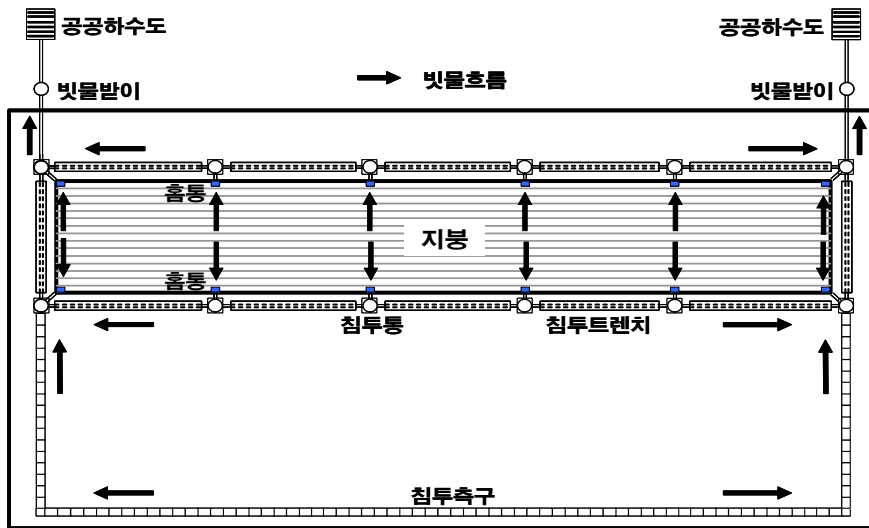
나) 대규모건축물/공동주택의 침투시설 설치방법

① 옥상빗물의 침투

- 옥상 빗물은 홈통으로 침투통에 유입된 후 침투트렌치로 연속적으로 유입되어 침투되며, 침투되지 못하는 빗물은 최종적으로 공공하수도로 배출됨

② 지상면 빗물의 침투

- 지상에 내린 빗물은 지표면의 투수성포장으로 즉시 침투되며, 유출되는 빗물은 지상의 가장자리에 설치된 침투측구로 유입되어 침투



<그림 4-1> 대규모건축물의 침투통+침투트렌치+침투측구

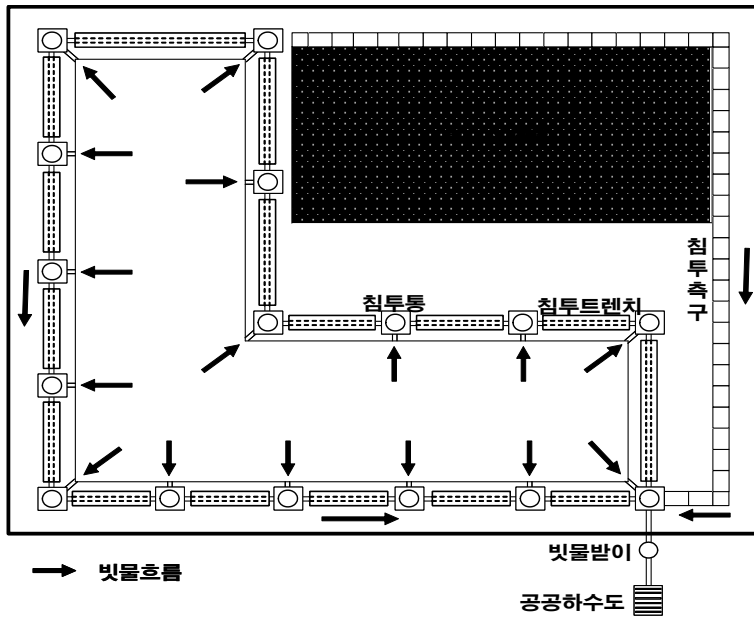
다) 공공기관의 침투시설 설치방법

① 지붕 빗물의 침투

- 옥상에 내린 빗물은 홈통을 통하여 침투통에 유입되어 일부는 침투되고 나머지는 침투트렌치, 침투통과 침투트렌치를 연속적으로 통과하면서 침투되며, 침투되지 못하는 빗물은 공공하수도로 최종적으로 배출됨

② 주차장 빗물의 침투

- 주차장면에 내린 빗물은 즉시 투수성포장이나 잔디블록형포장으로 통하여 침투되고 지면에서 유출되는 빗물은 주차장 가장자리에 침투측구로 유입되어 연속적으로 침투되며 나머지는 공공하수도로 배출됨



<그림 4-2> 홈통과 연결된 침투통+침투트렌치

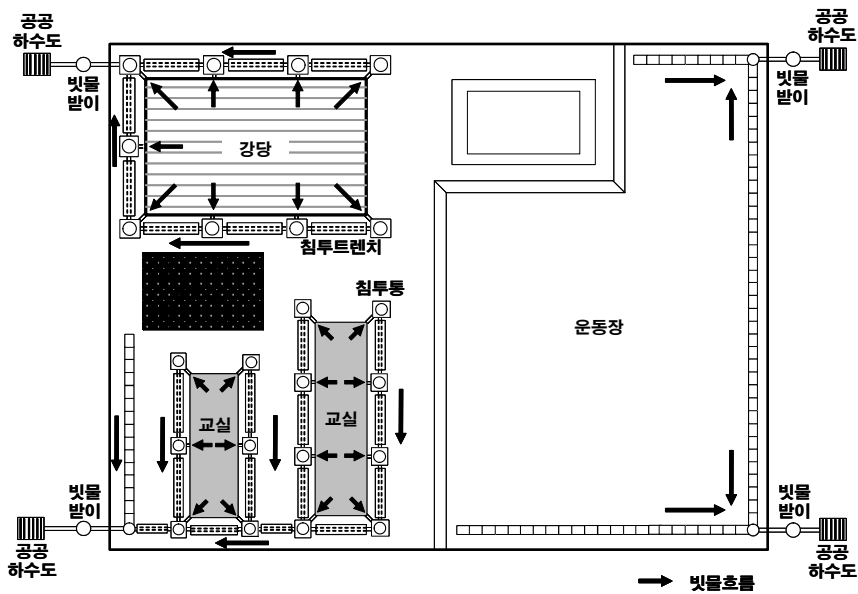
라) 학교 및 운동장의 침투시설 설치방법

① 옥상 빗물의 침투

- 옥상의 홈통은 침투통에 연결하고 침투통은 침투트렌치나 침투측구와 연결하여 설치함

② 운동장 빗물의 침투

- 운동장지표면에 내린 빗물은 즉시 땅속으로 침투되고 유출되는 빗물은 가장 자리의 침투측구로 유입되어 침투되며 나머지는 하수도로 배출됨



<그림 4-3> 학교옥상 홈통과 연결된 침투통+침투트렌치

마) 어린이공원 및 근린공원의 침투시설 설치방법

① 어린이공원 빗물의 침투

- 어린이공원의 놀이공간에 내린 빗물은 즉시 모래층과 쇄석층을 통하여 땅속으로 침투됨

② 근린공원 빗물의 침투

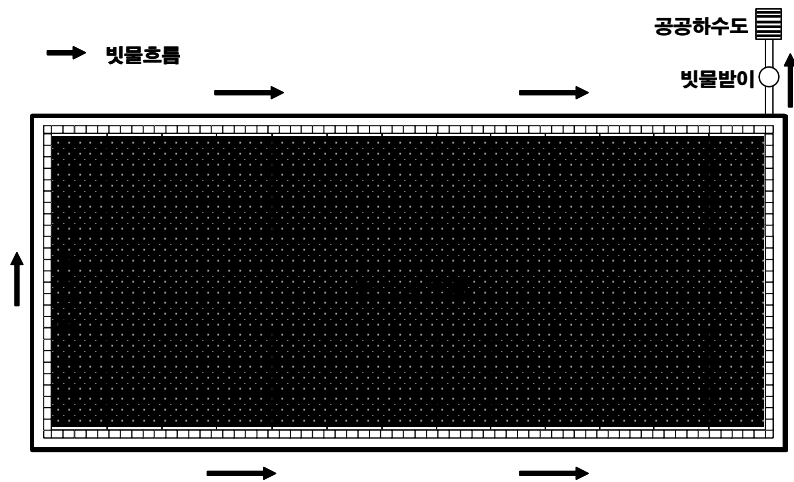
- 녹지공간에 내린 빗물은 즉시 지면을 통하여 땅속으로 스며들며 침투되지

못하고 유출되는 빗물은 인근에 설치된 침투구덩이와 침투도랑으로 모여들어 쇄석층을 통하여 땅속으로 빠르게 확산 침투됨

바) 대형주차장의 침투시설 설치방법

① 주차장 빗물의 침투

- 주차장면에 내린 빗물은 즉시 지면의 투수성포장이나 잔디블록형포장면을 통하여 침투되고 지면에서 유출되는 빗물은 주차장 가장자리의 침투측구로 유입되어 연속적으로 침투되며 나머지는 최종적으로 공공하수도로 배출됨

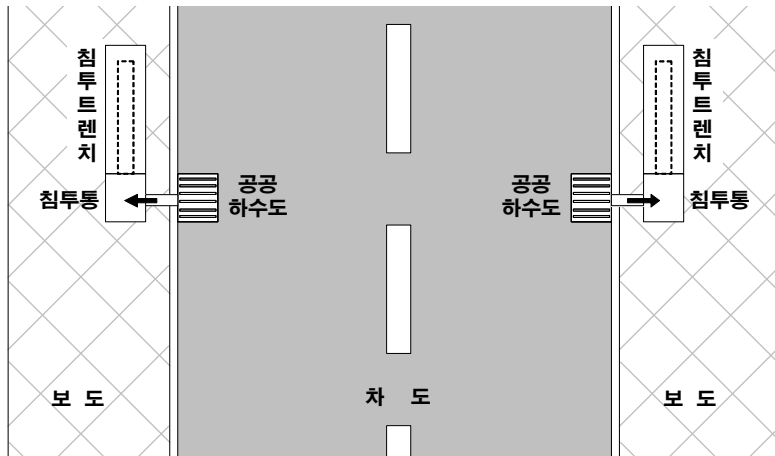


<그림 4-4> 대형주차장의 투수성포장+침투측구의 설치 배치도

사) 보도/도로의 침투시설 설치방법

① 보도와 차량이 적은 도로빗물의 침투

- 보도와 차량이 적은 도로에 내린 빗물은 도로의 빗물받이 유입되어 초기강우시는 공공하수도로 배제되고 강우량이 많아 비교적 빗물이 깨끗해지면 빗물받이와 연결되어 보도 밑에 설치된 침투통, 침투트렌치로 연속적으로 유입되어 침투되며 나머지는 공공하수도로 배출됨



<그림 4-5> 도로 빗물받이에 설치하는 침투통+침투트렌치

4) 빗물침투시설 유지관리

가) 침투통의 유지관리

침투통의 폐쇄는 토사가 유입관거로부터 유입되는 것보다 주로 침투통뚜껑의 상부로부터 유입되어 발생한다. 이원인은 통뚜껑의 위치보다 주위 지반 쪽이 높기 때문에 침투통에 토사가 직접 유입되기 때문이다. 이를 막기 위하여 다음사항을 고려한다.

- 낙엽이 떨어지는 시기에는 낙엽이, 잔디베는 시기에는 잔디가 강우에 의하여 침투통으로 유입되어 폐쇄의 원인이 된다. 이들 유입이 예상되는 침투통의 유입부에는 스크린과 네트를 설치한다.
- 침투통 바닥에 두께가 있는 필터를 설치하여 정기적으로 세정과 교환한다.
- 토사의 유입되는 곳은 침투통 앞부분에 토사 전처리통을 설치하고 침투통내에 토사제거용 네트바구니를 설치한다. 또한 사전에 침투통내에 세정용관을 미리 설치하고 정기적으로 압력수로 세정하는 방법도 있다.

나) 침투트렌치의 유지관리

- 침투트렌치 유입관에 스크린을 설치하여 협잡물의 유입을 방지
- 토사의 유입되는 곳은 침투트렌치 앞부분에 토사전처리통을 설치

다) 침투측구의 유지관리

- 침투측구의 뚜껑에는 여러 가지 협잡물이나 쓰레기가 퇴적한다. 침투통보다 뚜껑을 열면 입구가 넓으므로 개방도가 크고, 깊이가 얕으므로 청소가 쉬움
- 바닥면이 폐쇄되어도 측면에서 침투가 되도록 측면침투가 잘 이루어지도록 설치한다. 폐쇄면을 최소화하기 위하여 침투측구 내에 한면으로 경사를 두어 토사가 일정구간에 퇴적되도록 함
- 폐쇄방지를 위하여 침투통과 같은 대책이 필요하며 청소를 빈번히 하도록 한다. 특히 눈에 잘 띄는 곳에 설치하며 뚜껑은 가벼운 것을 사용하여 청소작업이 쉽게 이루어지도록 함
- 주차장 가장자리에 침투측구를 설치하는 경우에는 주차장과 침투측구사이에 2~3 cm 정도의 턱을 두어 초기우수는 하수관거로 직접 유입되도록 유도

라) 투수성포장의 유지관리

- 투수성포장은 주로 주차장과 보도에 설치되고 있지만 기존 사용조사에 의하면 5년 경과 후에 대부분 폐쇄되는 것으로 나타나고 있다. 그러자 고압세정작업의 결과에서 침투능력이 충분히 회복되므로 고압세정기에 의한 청소작업을 정기적으로 실시
- 토사퇴적에 의한 폐쇄는 주차장 가장자리 부근이 심한 것으로 나타나므로 주차장 가장자리 부분에 얇은 토사전처리 측구를 설치

제3절 문제점 및 향후 검토사항

1. 하수처리장 배출수 재이용 문제점

우리나라 전국에서의 하수처리장 처리유출수 재이용율은 7.7%이다. 충청북도는 24%, 충청남도는 19%로 그 비율이 높은 편이며 지역 및 하수처리장별로 차이가 크게 나타났다. 대전시는 2.2%로 전국의 평균에서 많이 부족한 상황으로 상수사용을 감소하기 위하여 재이용수의 증대방안이 필요하다.

1) 문제점 도출 사례

<표 4-24> 하수처리장별 처리수질 및 재이용관련 문제점 및 저해요인

하수처리장	현재 처리공법	고도처리	방류수 수질	문제점 또는 저해 요인
A	표준활성슬러지법 +BNR공법	BNR공법 (9만톤 고도처리)	BOD 8.8 / COD 15.7, SS 10.0 / T-N 19.95, T-P 1.5 / 대장균군 1,367	· COD, TN, 대장균군으로 하천용수로부적합 · 염분포함
B	MLE공법 +응집	MLE공법+ 응집	BOD 9.9 / COD 11.5, SS 8.7 / T-N 15.6, T-P 1.8 / 대장균군수 695	· TN으로인하여부영양화 위험이 있음
C	표준활성슬러지법	-	BOD 9.4 / COD 12.1, SS 6.2 / T-N 23.2, T-P 1.1 / 대장균군수 785	· TN으로 인한 부영양화 위험
D	혐기·무산소·호기방식(A2O공법)	A ₂ O공법	BOD 12.5 / COD 14.6 SS 10.3 / T-N 12, T-P 1.1 / 대장균군수 2,800	· BOD방류수 기준 초과 · TN으로 인하여 부영양화 위험 있음
E	생물막여과공법 (Biostyr)	Biostyr	BOD 5.3 / COD 17.6, SS 7.4 / T-N 10.4, T-P 1.12 / 대장균군수 529	· COD, TN으로 인한 하천유지용수로부적합 · 염분 포함

<표 4-25> 도시하수의 재이용 방안 및 문제점

재사용 방안	문 제 점
관개용 곡물재배용, 종묘원용 관상관개용 공원, 학교운동장 고속도로 가로수, 묘지 수록보전지, 거주지역	<ul style="list-style-type: none"> • 경우에 따라 지표수 및 지하수를 오염시킬 수 있음 • 곡물의 관로 확보 여부 • 토양 및 재배곡물에 대한 수질의 영향 파악 • 병원성 미생물에 대한 관심도(박테리아, 바이러스 및 기생충) • 토지이용 계획상의 제약점
산업용 재순환 및 재사용 냉각용, 보일러용, 제조공정용, 건설용	<ul style="list-style-type: none"> • Scaling, 부식 및 각종 미생물의 성장 등과 관련한 재사용수의 특성 • 냉각수에서 서식할 수 있는 병원성 미생물의 전파
지하수 재충전 지하수 보충용 염분도 조절용 침하 조절용	<ul style="list-style-type: none"> • 재생된 하·폐수내 유기화합물 및 이로 인한 영향 • 재생된 하·폐수내 TDS, Nitrate 및 병원성 미생물의 영향
관광 및 환경보전용 호소 및 저수지 습지 보전용 하천유량 조절용 낙시 및 인공눈 공급용	<ul style="list-style-type: none"> • 박테리아나 바이러스로 인한 보건상의 문제점 • 지표수나 질소나 인의 증가로 인한 부영양화 가능성 • 수중 동식물에 대한 유독성 여부
비음료수용 소화용, 냉방용 세면기용	<ul style="list-style-type: none"> • Aerosols에 의한 병원성 미생물 전파 가능성 • Scaling, 부식 및 각종 미생물의 성장으로 인한 수질의 변화 가능성
음료수용 취수원수와 혼합사용 저수지	<ul style="list-style-type: none"> • 미량 유기화합물 및 이로 인한 영향 • 공공용수로의 채택 여부 • 바이러스와 같은 병원성 미생물의 전파 가능성

2) 하수처리수 재이용 법규 및 기준

국내의 경우 하수처리수 재이용가이드북이 발간되어 용도와 수질기준이 명시되었다. 그러나 그 용도와 수질기준이 구체적이지 않아 문제점으로 작용하고 있다. 국외의 경우 세분화된 용도와 용도별 기준 처리공정을 가장 크게 고려하여 시행되고 있으며 수질 측정 주기까지 명시하여 가이드라인을 정하고 있어, 그와 같은 세부 가이드라인이 제시될 필요가 있다.²⁴⁾

<표 4-26> 국내외 하수재활용 용도 비교

국외용도	국내용도	비고
농업용 관개 : 농작용관개, 상업적원예, 조경용 관개	농업용수	국내는 식용작물/비식용작물의 구분의 미흡하나 원칙적으로 날로먹는 농산물 제외, 논농사용관개용수 보충시 적용
청소 및 조경 : 공원, 학교, 고속도로, 골프장	청소, 도시조경용수	공공세척용수와 개인세척의 구분시 위해서 개념 모호
산업용 : 냉각수, 보일러공급, 공정수	공업용수	산업용은 기본적으로 수요자요구수준, 수요처와 협약완료 후 이용가능
도시용수 : 소방용수, 냉방기용수, 화장실용수	수세식화장실용수	화장실 용수사용시 위생개념에 대한 연구 미흡
호수, 강의 레크레이션용수 호수/연못, 갈대밭·습지조성 하천유지용수	유지용수	유지용수의 효율성 검증미흡
지하수 충전, 염수침입방지, 상수원 보충, 상수원 직접공급 등	기타용수 등	지하수충진, 상수원보충 등에 있어 위해성 논란 소지 국내경험 미흡
국가별/주별/지역별 소요에 따라 다양한 용도	세분화된 용도별 경험 미흡 구체적 적용 사례 적음	

24) 물순화 이용체계 개선에 관한 연구, 한국물환경학회·대한상하수도학회·한국수도경영연구소, 2006

국내의 용도별 재이용 수질기준은 2008년 하수도법이 개정되면서 일부 세분화되기는 하였으나, 수질기준은 방류수 수질기준 이상이며, 강화된 방류수 기준과 재이용 수질기준이 같다. 또한 지역에 따라 그 수요가 다르고 용도 또한 다르기 때문에 일률적인 기준보다는 지역특성에 맞게 재이용하고 용도별 수질기준에 대한 연구를 통한 법률적 제안이 필요하다.

얼마 전까지만 하여도, 하수는 단지 안정적으로 안전하게 그리고 경제적인 처리가 최대 목적이었기 때문에 효율성을 강조하여 대형화하는 추세였다. 또한 시각적으로 그리고 악취의 발생 등으로 혐오시설로 인식되어 생활공간과는 떨어진 도시 외곽에 주로 건설하였다. 이는 하수처리유출수의 재이용을 위해서는 이송관로를 포함한 별도의 구조물 설치가 필요하다. 또한, 처리수질과 이용수질이 상이하여 효과적인 재이용이 이루어지지 않았다. 그러나 현재는 감소하는 수자원을 대체할 수 있는 자원이라는 점을 고려하여 하수처리장 설계하여야 할 것이다.

재이용에 있어서 대전시는 하수종말처리장이 1980년대부터 갑천 하류에 입지하여 있는데, 상수원수로 이용하는 방안은 효율적이지 못하지만, 하천 유지용수의 기능 중에 하천의 건천화를 방지하기 위한 효과를 증대시킬 필요가 있으며, 인근 농업지역에 농업용수로도 제공할 수 있을 것이다. 반면에 재이용수를 이용률을 증대시키기 위해서는 먼저 재이용수를 이용하기 위한 중수도 인프라 구축이 되어 있지 않으며, 재이용을 위한 관로연결 및 농업용수로 적용시키기 위한 각종 수질기준이 정립되어 있지 않는 문제점이 있다. 마지막으로, 재이용수를 이용하는 사용자의 재이용수에 대한 심미적인 거부감이 있어 재이용수에 대한 홍보 및 시민의식 개선이 필요한 실정이다.

3) 재이용 용도별 제한조건 및 향후 고려사항

하수처리수를 재이용은 도시 재이용수, 조경용수, 친수용수, 농업용수 등으로 사용될 수 있으나, 이와 같이 사용하는데 있어서 제한조건이 있어 이를 다음과 같이 정리하였다.

<표 4-27> 처리유출수의 용도 및 제한조건

구분	대표적 용도	제한조건
생활용수	-주거,업무지역 외부 청소 -화장실 세척용수 -건물내부 비음용 세척	-일반적 오물, 협잡물의 청소용도로 사용 -비데 등의 인체 접촉시 및 건물내 비음용 세척시에는 잔류물 및 위생 문제 없도록 처리
조경용수	-가로수 등 관개용수 -골프장, 체육시설의 관개	-관개용수로 공급할 경우로, 식물의 생육에 위해를 주지 않는 수준
친수용수	-주거 친수지역 수량공급 -수변식물의 성장촉진 -하천수질 향상을 위한 보충	-용도에 따라 재이용수 수질의 강화 결정 -일반 친수목적 보충수는 기존 수계수질을 유지 혹은 향상시킬 수 있도록 처리정도 강화
하천 유지용수	-하천 유지유량 확보 -저수지,소류지 저류량 확대	-수계의 지정용량을 고려하여 재이용수의 수질을 강화
농업용수	-비식용작물 관개 -식용작물 수량보충	-기존 농업용수 수질을 만족하여야 하나, 관개용수 유량 보충시 기존 수질 이상 및 향상
습지용수	-소규모 습지의 수원 -하천유역 대규모 습지 수원	-습지의 미묘한 생태계에 악영향을 미치지 않도록 영양소 등의 제거와 생태영향 평가필요
지하수 충전	-지하수 함양 -지하수자원의 보충	-지하수계의 오염물질 분해제거율과 축적가능성을 평가
공업용수	-냉각용수, 보일러용수 -공장내부 공정수, 일반용수 -기타산업체 및 공장의 용도	-일반적 수질기준은 설정하되 기본적으로 사용자의 요구수질에 맞추어 처리하므로, 세부적인 기준은 지정하지 않음

일반적으로 도시의 경우는 물의 용도를 크게 생활용수, 업무용수, 공업용수, 농업용수 및 도시기능용수로 나누고 있다. 이것을 다시 세분하면 음료용수, 목욕·세탁용수, 수세식변소용수, 세차용수 등 용도에 따라 더욱 많은 종류로 구분할 수 있다. 인체에의 안전성은 인체와 재이용수와의 접촉가능성이 어느 정도인가에 따라 좌우된다. 이 중에서 음용수를 제외한 용도에 중수를 도입할 수 있으나 주방용수와 경피적 접촉을 피할 수 없는 목욕용수, 세수·세면용수 등은 심미적 문제점과 공중위생상 문제 때문에 이를 대상으로 하는 것은 곤란하다. 그러므로 사회적 허용도, 안전성 및 인체접촉 가능성에 따라 중수도 이용용도를 구분하여 제한인자 및 이러한 문제점을 해결할 수 있는 고려사항을 제시하면 다음과 같다.

(1) 재이용의 용도별 제한인자

재이용 용수는 중수도의 도입계획을 수립하거나 시행할 때에 중수도 원수의 처리정도나 처리공정의 선택에 결정적인 요인으로 작용하므로 여러 가지 영향인자를 고려하여 선정하여야 한다. 영향인자 중에서 재이용수를 사람이 사용할 때에 인체에 안전하도록 공중위생이 우선적으로 검토되어야 한다. 이러한 관점에서 인체와 접촉가능성 정도에 따라 재이용 용도를 정하고 처리를 하여야 한다. 또한, 재이용 용도에 따라 요구되는 처리정도를 나타내면 다음과 같다.

- 수세식 화장실용수 : 세균으로 인한 오염에 주의하여 염소소독을 시행
- 소화용수 : 깨끗한 수질을 요구하지 않지만, 피부접촉 가능성이 있으므로 대장균이 검출되어서는 안되며 잔류염소가 유지되어야 함
- 냉각용수 : 열매체로 이용되므로 재이용수로 이용할 경우에 기능상으로는 수질이 문제가 되지 않지만 위생 및 이용상으로 수질기준을 만족시켜야 함
- 청소용수 : 위생적으로 안전하여야 하며 대장균이 검출되어서는 안됨
- 세차용수 : 세차용으로 사용하는 경우, 증발잔류물의 농도가 높으면 차에 반점이 생기는 경우가 있으므로 1차 세차용수로 사용이 가능함
- 조경용수 : 비교적 깨끗하여야 하고 위생적으로 안전하여야 함
- 하천유지용수 : 인체와 접촉가능성이 높으므로 위생적으로 안전하고 깨끗한 물이 요구되며, 잔류염소가 하천의 생태계에 영향을 주어서는 안 됨

(2) 위생적 측면의 기준항목

중수도를 공급할 경우에 요구되는 사항으로는 안전한 수질을 유지하는 것 이외에 위생적인 면에서 인체에 위해가 없을 것(대장균, 잔류염소), 기기에 대한 부식 및 폐쇄 등 시설의 기능성에 장애가 없을 것(BOD, 철, 망간, pH) 및 이용자에 불쾌감을 주지 않고 심미성을 가지고 있을 것(외관, 탁도, 냄새) 등이 있다. 이와 같이 수질기준을 설정할 때에 고려되는 사항으로서 외국에서 제시하고 있는 내용은 다음과 같다.

가. 대장균군수

대장균군 및 일반세균은 위생적 측면에서 물의 안정성을 평가하는 것으로 널리 이용되는 지표이며, 특히 대장균군은 사람과 가축의 소화기관 내에 생식하는 특징이 있기 때문에 이를 지표로서 이용하는 것은 소화기계 병원균에 의한 오염가능성을 판단하거나 분뇨에 의한 오염을 판단하는 것 이외에 상당히 유효하다. 대장균군의 기준은 조경을 위한 살수의 경우에는 옥외에 장치가 설치되어 있으므로 불특정 다수가 이용할 기회가 클 것으로 예상되기 때문에 엄격한 기준을 정하는 것이 바람직하다. 따라서 수세용수의 기준은 “10개/mL 이하”, 살수용은 “검출되지 않을 것”으로 할 수 있다.

나. 잔류염소

잔류염소는 재이용수가 위생적인지 아닌지를 평가할 수 있는 지표이다. 실험결과에 의하면 저류수의 잔류염소가 0.4 mg/L 이상일 경우 2~3일의 기간에 일반세균이나 조류가 현저히 발생하지만 대장균군의 재발생은 일어나지 않는 것으로 나타났다. 이에 살수용수에 대해서는 대장균군의 존재를 억제하기 위한 위생적인 조치로 결합잔류염소 “0.4 mg/L 이상”이 유지되어야 함과 동시에 수목이나 잔디밭 등에 용향을 주지 않도록 적당한 관리가 필요하다. 특히 수세식 화장실용수는 대부분 저수조에서 세척수가 공급되고 있으므로 이용설비 내에 있어서 대장균이나 일반세균이 번식하지 않도록 저수조 출구에서 잔류염소가 유지되어야 한다.

(3) 심미성 측면의 기준항목

가. 외관

외관은 이용자의 불쾌감 및 조경시설에의 심미성을 나타내는 항목이며, 인자로는 색상, 탁도 및 거품 등이 있다. 색상이나 탁도에 관한 이용자의 불쾌감이나 심미성에 관한 경도는 지역이나 성별에 의하여 달라질 수 있고 “쾌” 또는 “불쾌”에 대한 정성적인 판단에 의하여 결정된다. 또한 음이온계면활성제는 거품을 일으키지만 하수가 적정하게 처리되면 상당량 제거되기 때문에 이용에는 문제가 없다. 외관은 일

반적으로 모래여과법에 의하여 90% 정도 제거되며 오존염소처리로 90% 이상이 제거될 수 있다.

나. 탁도

탁도는 오수 중에 미생물의 조각 및 유기성 콜로이드에 의하여 발생하여 재이용수의 심미성에 영향을 주게 된다. 이에 기기의 폐쇄 등 기능장해를 방지하게 하기 위하여는 모래여과처리를 하여 제거할 수 있다. 탁도는 불쾌감이나 심미성과 비교적 상관성이 낮으므로 하수처리가 적절하게 되는 2차방류수는 문제가 없는 것으로 보이며, 조경용수는 수세식 화장실용수와 다르기 때문에 특별한 고려가 필요하다.

다. 냄새

냄새는 이용자의 불쾌감에 연결되는 지표로서 재이용 여부에 결정적인 역할을 하므로 이용자에게 불쾌감이 없도록 처리를 하여야 한다. 하지만 냄새의 측정법이 확립되어 있지 않고, 여러 휘기성분의 복합체로 정량적 파악은 어려운 실정이다.

(4) 기능성 측면을 향상시키기 위한 기준항목의 기준

가. BOD

BOD는 재이용수 중 유기물성분에 관한 지표로, 하수처리수를 재이용하기 위해서는 적어도 "10 mg/L 이하"로 처리하여 시설기기의 부식성 방지, 기능상의 장애가 발생하지 않도록 하여야 한다.

나. pH

pH는 배관, 펌프, 밸브 등에 관한 부식, 스케일 등의 발생에 관계하는 지표이다. 일본의 기능장해 조사에서는 관내부 이상점검, 저수조·변기 등의 오염은 발생하지 않은 것으로 나타났지만, 스케일 및 슬라임 등에 의하여 배수지, 저수조 등에 침전물의 퇴적, 양수기의 막힘 등이 일어나 주기적인 청소 등의 유지관리작업이 필요하였다. 이에 일반적으로 "pH 5.8~8.5"의 수준을 유지하여야 한다.

제 5 장

결론 및 정책제언

제1절 결 론

제2절 정책제언

제5장 결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구는 대전시에서 가장 매력적인 환경자원인 3대하천 등의 물순환체계를 다시 정립하기 위하여, 하수처리장 배출수의 재이용을 통한 중수도의 도입 및 강수시 공공수역으로 직접 유출되는 빗물의 순환을 통하여 물순환체계를 재정립하는 방안을 도출하고자 하였다.

- 대전시 하천은 도시화에 의한 불투수층의 증가로 생태계적으로 필요유량인 2.5 CMS(갑천 원촌교 지점)를 만족하기 위해서는 저수기 및 갈수기에 부족한 면이 있다. 이에 하천의 유지유량을 증대시키고 상수원의 사용을 억제하기 위하여는 하수처리장 배출수의 중수도 이용 및 빗물침투시설로 기저유량을 증대시켜야 할 필요가 있다.
- 현재 대전시 하수처리장 배출수의 재이용률은 2.2%로 환경부에서 추진하고 있는 재이용방안에 한참 모자란 상황이다. 이에, 하수처리장 배출수를 이용하여 적용 가능한 물순환체계 정립방안은 하수처리장내 재이용수, 공업용수, 농업용수, 살수차를 이용한 인근도로 청소용수 및 하천유지용수가 가능할 것으로 판단된다.
- 특히, 2010년 6월 8일에 제정된 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률”에 의거하여, 향후 대전시는 물의 재이용을 촉진하기 위한 시책을 수립·시행하여야 한다. 특히, 제6조에 의거하면 “물 재이용 관리계획”을 수립하여 환경부장관의 승인을 득해야 한다.

- 하수처리장 배출수로 중수도를 이용할 경우 용도별로 다양한 수질 및 안전상 문제점이 발생할 수 있다. 이에, 위생적 측면으로는 대장균군수 및 잔류염소의 기준을 마련하고 이를 만족할 수 있는 처리공법을 만족하여야 할 것이다. 또한, 심미적 측면으로는 외관·탁도·냄새의 기준을 만족하여야 하며, 기능적 측면으로는 BOD 및 pH의 더욱 강화된 기준을 만족하여야 한다.
- 도시화된 곳에서의 빗물유출 특성은 대부분의 빗물이 강수 후 빠른 시간에 공공유역으로 배출된다는 것이다. 이에 빗물저류 특히 빗물침투는 지하수위를 높여 하천의 기저유량을 높이는데 많은 도움을 줄 수 있다. 대전시 자치구별 침투 가능면적은 428.1 km²로 설계침투량을 3.64 mm/hr로 하였을 경우 1,558.2 m³/hr의 빗물을 침투시킬 수 있다.
- 빗물침투를 확대하기 위하여 학교, 공원 및 공공용지에 침투시설의 확대가 필요하며 침투시설로서 침투통, 침투트렌치, 침투측구, 투수성포장, 도로침투 및 침투저류조 등의 도입이 필요하다. 특히, 침투시설은 이용이 증가함에 따라 폐쇄작용이 일어나므로 지속적인 유지관리가 필요하다.

제2절 정책제언

- 하수처리수 재이용을 확대

하수처리장 배출수에 대한 재이용계획을 위와 같이 수립할 경우, 그 양은 2025년 기준으로 128,600 m³/일까지 확대되어 전체 하수처리장 배출수량의 약 20% 정도까지의 계획이 필요하다. 이는 환경부에서 제시하는 10%보다 2배 높은 수치로 환경기초시설 평가에 매우 유리한 계획이 될 것이다.

- 하천 인근지역의 토지이용 제한 및 보전

도시에서 물 순환체계를 보전하기 위한 가장 친환경적인 방법은 자연지역을 보전하는 것이다. 현재 대전시의 3대하천 대부분의 공간이 도시와 인접하여 있어서 이를 하상도로 및 주차장 등으로 이용하여 왔으나, 이러한 시설은 보다 친환경적인 생태하천복원사업의 일환으로 철거되는 중이지만 아직도 원래의 하천으로 되돌아가기에는 아쉬운 점이 많다. 또한 월평공원 맞은편의 갑천변은 도안신도시의 입지로 인하여 시민들의 활용이 높아질 경향이 있는데, 콘크리트와 같은 불투수성 토지이용이 아닌 넓은 수환경을 가진 대형 침투공간으로 조성하여 건기시 갑천 유지용수의 확보를 위한 계획을 세워야 할 것이다.

- 기후변화에 의한 수변공간의 방재용도 활용

범람원은 인공제방이 축조되기 이전의 자연하천에서 홍수시 하천의 범람으로 형성된 하천주변의 지형을 말하며, 토양이 비옥하고 평탄하여 농경지 및 도시의 주거·상업·공업지역으로 활발히 이용이 되었다. 그러나 홍수방지 및 도시개발을 위해 하천정비사업을 추진하면서 하천공간은 과거보다 크게 축소되었고, 인공제방 바로 옆에 도시시설이 입지함으로써 강수시 하천수가 신속히 배제되지 못할 경우 하천의 범람을 완충할 수 있는 유수지와 같은 공간이 사라지게 되었다.

2002년 태풍 루사 및 2003년 태풍 매미에 의한 홍수 및 해일 피해 등을 보면 댐을 건설하거나 제방을 축조하여 자연재해에 대비하는 구조적인 대책은 한계에 있

다고 볼 수 있으며, 이에 범람원 관리 및 토지이용 등 다른 차원에서의 대책이 병행되어야 한다는 결론에 이르게 된다. 이에 홍수에 의한 피해를 최소화하기 위해서는 범람원이 포함된 유역 전체를 통해서 문제를 해결하려는 개념으로의 전환이 요구된다. 따라서 도시에서의 홍수에 대비하기 위해서는 하천 주변의 범람원을 홍수시 방재공간으로 유보하여 관리하고, 평상시에는 하천을 따라 형성되는 녹지공간의 기능을 수행하도록 하는 것이 바람직하다. 특히 하천의 합류지점 부근에는 하천유출 등을 고려하여 홍수량을 일시 저류할 수 있는 습지형 우수지를 조성하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 수자원장기종합계획(2006~2020), 건설교통부, 2006
- 수도정비 기본계획 보고서, 대전광역시 상수도사업본부, 2003
- 물의재이용촉진및지원에관한법률, 환경부, 법률제10359호, 2010.6.8
- 하수처리수재이용 가이드북 개정, 환경부, 2009.10
- 중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구, 한국환경정책평가연구원, 1999
- 하수종말처리시설 운영·관리현황 (I), (II), 환경관리공단, 2006
- 08년도 공공하수처리시설 운영관리 실태분석 결과, 환경부, 2009
- 중수도 활성화를 위한 제도개선 T/F팀 구성 운영보고서, 환경부, 2004
- Health Guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.
Report of a WHO Scientific Group, WHO, 1989
- Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in
agriculture recommendations for revising WHO guidelines, WHO, 2000
- 인천 공공 하수처리수 재이용 증대 방안, 인천발전연구원, 2009
- 물순환 이용체계 개선에 관한 연구, 한국물환경학회·대한상하수도학회·한국수도경
영연구소, 2006
- Long term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant
quality parameters, Munir J. Mohammad Russan et. al., Desalination, 215, 2007
- Study of different alternatives of tertiary treatments for wastewater reclamation
to optimize the water quality for irrigation reuse, J. Illueca-Munoz, J.A. et. al.,
Desalination, 222, 2008
- A case study on the wastewater reclamation and reuse in the semiconductor
industry, Shu-Hai You e. al., Resources, conservation and recycling, 32, 2001
- MEDAWARE project for wastewater reuse in the Mediterranean countries: An
innovative compact biological wastewater treatment system for promoting
wastewater reclamation in Cyprus, D. Fatta dt. al., Desalination, 211, 2007

- Membrane technology for advanced wastewater reclamation for sustainable agriculture production, Gideon Oron et. al., *Desalination*, 218, 2006
- Occurrence and behavior of four of the most used sunscreen UV filters in a wastewater reclamation plant, Weihong Li dt. al., *Water Research*, 41, 2007
- Pickling wastewater reclamation by means of nanofiltration, A. Bes-Pia dt. al., *Desalination*, 221, 2008
- Water reuse of south Barcelona's wastewater reclamation plant, Tomas Cazorra, *Desalination*, 218, 2008
- A case study on the wastewater reclamation and reuse in the semiconductor industry, Shu-Hai You et. al., *Resources, conservation and recycling*, 32, 2001
- A pilot study for wastewater reclamation and reuse with MBR/RO and MF/RO systems, L. S. Tam et. al., *Desalination*, 202, 2007
- 농업적 용수재이용 수질기준을 고려한 적정 하수재처리에 관한 연구, *Korean J. Limnol*, 36(6), 윤춘경 등, 2003
- 도시하수처리장 방류수의 재이용 공정 설계를 위한 기초 연구, *환경관리학회지*, 9(4), 김진한, 2003
- 생활하수의 하천유지용수 재이용 방안 검토(한강유역을 중심으로), *한국물환경학회 2003춘계학술발표회*, 박재로 등, 2003

기본연구보고서 2011-21

중수도 및 빗물이용에 따른 물순환체계 정립

발행인 이 창 기

발행일 2011년 11월

발행처 대전발전연구원

302-846 대전광역시 서구 월평본1길 39(월평동160-20)

전화: 042-530-3518 팩스: 042-530-3575

홈페이지 : <http://www.djdi.re.kr>

인쇄 : 00000 TEL 042-000-0000 FAX 042-000-0000

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시의 정책적 입장과는 다를 수 있습니다.
출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.