

물 순환형 도시를 위한 하수처리장 배출수 재활용방안 기초연구

이 재 근

연구진

연구책임

- 이재근 / 도시기반연구실 연구위원

서 문

좁은 영토에서 많은 사람들이 살고 있는 우리나라는, 여름철에 강수가 집중되는 현상과 더불어 물 부족의 문제를 항상 고려할 수밖에 없었다.

특히 우리나라에서 용수확보를 위한 댐의 설치가 제한되어 있는 현재, 새로운 물 사용의 개념정립이 필요한 때이다. 이에 정부에서는 2010년에 “물의재이용촉진및지원에관한법률”을 제정하여 빗물 및 하폐수 처리수 재이용에 대한 계획, 설치·관리 및 지원에 대한 장래 계획을 구상하고 있다. 이러한 물순환 도시를 만들어 가는데 있어서, 전국적으로 일평균 17,000천톤(대전시 600천톤)이 배출되는 하폐수 처리수는 커다란 매력으로 다가오고 있다. 전 세계적으로도 미국에서는 조경용수 및 위락용수로, 일본에서는 세척용수 및 용설용수, 호주에서는 정원수 및 농업용수로 많이 이용이 되고 있다. 특히 물이 부족한 국가에서는 고도처리를 수반하여 농업용수로 사용할 수 있을 정도로 하폐수 처리기술이 진일보하였다.

이러한 상황에서 대전시의 건전한 물 순환을 위해 하수처리장 배출수 재이용은 대전시의 효율적인 하수처리체계제정립과 더불어, 미래 수환경 관리방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

2010. 11.

대전발전연구원장 이 창 기

요약 및 정책건의

■ 연구의 배경 및 필요성

- 1970년대 이후 대전시의 급속한 도시화는 생활 수준을 향상시켜 물의 수요가 지속적으로 증가하였지만, 이용 가능한 수자원은 급격하게 오염되어 안정적인 수자원을 확보할 수 있는 방안이 줄어들고 있음
- 지금까지는 수자원공사에서 진행하는 대규모 다목적댐 건설이 수자원 부족에 대한 대책으로 진행되었지만, 생태계 파괴 및 주민의 반대 등으로 인하여 댐 건설은 한계에 도달하였음. 또한, 대전시는 입지상 해수담수화, 강변여과 등의 대체수자원 개발을 하기에는 적합하지 않은 실정임.
- 효율적인 물 순환 정책을 수립하기 위해서는 물의 재이용을 증대시키는 것이 필수적이며, 이를 위해 정부에서도 반드시 하수재이용계획 수립을 의무화하고 하수재이용을 권장하고 있음. 그러나 현실적으로는 하수처리장내 세척수 및 하천 유지용수 용도의 사용에만 그쳐 이용의 증진이 이루어지고 있지 않음
- 이에 본 연구에서는 대전하수종말처리장 유출수의 현황 분석, 선진지의 하수종말처리장 이용방안 및 기술, 그리고 주변지역의 재이용이 가능 수요처를 찾아 하수처리수의 재이용 증대 방안을 제시하고자 하였음

■ 연구의 목적 및 주요내용

- 본 연구의 목적 및 기대효과는 다음과 같다.
 - 대전하수종말처리장 유출수 배출현황 및 재이용 현황 파악
 - 국내외 선진 하수종말처리장의 유출수 이용현황 및 기술 파악 및 검토
 - 대전하수종말처리장 유출수 재이용 증대방안 제시

- 하폐수 처리수의 재이용을 위한 급수용도 구분은 인체와의 접촉 정도에 따라 변화하게 됨
 - 접촉가능(경구적) : 음용수, 주방용수, 공업 원료용수
 - 접촉가능(경피적) : 목용용수, 세탁용수, 수세용수, 청소용수
 - 접촉가능성 높음 : 세차용수, 살수용수, 제품처리용수, 조경용수, 하천유지용수
 - 접촉가능성 낮음 : 수세식화장실용수, 에어컨용수, 보일러용수, 냉각용수, 판매용수, 도로청소용수, 소화용수
- 하폐수 처리수의 활용사례 및 연구방향은 크게 다음과 같음
 - 중수도(Reuse, Reclamation) : 공장 전체의 수질에 따른 물흐름 조절, 처리수 재이용을 위한 MF 및 RO의 활용, 안전성 확보를 위한 UV소독 및 오존살균
 - 농업용수(Irrigation) : UV소독에 의한 농업용수 적용가능성, 하폐수 처리수 사용에 따른 식물에의 유해물질 농축 영향, 하폐수 처리수 사용에 따른 토양에의 오염물질 농축
 - 하천유지용수 : 하천유지용수 재이용 수질기준 제시, 목표수질 확보를 위한 하폐수 처리수 관리목표 수립
- 중수도 용도별 적용가능 공법은 다음과 같음

중수도 원수	처리공법	용도
폐수처리수, 공정폐수	· 화학침전→모래여과 · 화학침전→막처리 / · 화학침전→이온교환	공정용수, 냉각수, 화장실세정수, 세차용수
오수처리수	· 모래여과→활성탄 · 활성슬러지→모래여과→활성탄 · 화학침전→모래여과→막처리	화장실세정수, 공정용수, 청소용수, 조경용수
생활오수	· 탈인·탈질소처리→오존산화→모래여과→활성탄 · 막처리→활성탄 / · 활성슬러지→막처리 · 미생물접가법→화학응집→모래여과→활성탄	화장실세정수, 제설용수, 조경용수, 청소용수, 살수용수
세면수, 목욕수, 청소수	· 회전원판접촉법→화학침전→모래여과→활성탄 · 활성슬러지→막처리 · 화학침전→오존산화→단층여과 · 응집침전→모래여과→활성탄	청소용수, 조경용수, 화장실세정수, 냉각수

○ 처리시스템에 따라서 기대될 수 있는 각 제거대상항목별 처리방법과 처리성능은 다음과 같음

처리방법	수질항목 대상수	SS	탁도	색도	냄새	BO D	CO D	발포원인물질	T-P	T-N	NH3-N	대장균과수	응해성무기물
금속 모래여과	2차처리수	◎ ○	◎ △	-	-	◎ △	△ x	-	-	-	-	○ x	-
활성탄 흡착법	2차처리수의 모래여과수	-	△ x	○ △	◎ △	○ △	◎ △	◎ △	-	-	-	-	-
오존 처리법	2차처리수의 모래여과수	-	○ △	◎ △	◎ △	○ △	○ △	○ △	-	-	-	◎	-
생물막 여과법	2차처리수	◎ ○	◎ △	△ x	△ x	◎ △	△ △	△ x	-	-	○ △	◎ ○	-
응집 침전법 ¹⁾	2차처리수	◎ ○	◎ ○	△ △	△ x	◎ △	○ △	△ x	◎ △	-	-	◎ ○	-
선택적 이온교환법	2차처리수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◎ ○	-	-
생물학적 인·질소 동시제거법	2차처리수	-	-	-	-	-	-	-	◎ △	◎ ○	◎ ○	-	-
한외 여과법	2차처리수	◎	◎	△	-	◎ ○	○ △	○ △	-	-	-	◎	-
역침투법	2차처리수 응집모래여과수	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎

◎ : 제거효과가 높다(제거율 약 70%이상) ○ : 제거효과가 중간(제거율 약 50%전후)
 △ : 제거효과가 낮다(제거율 약 10~30%정도) X : 기대하지 않는 편이 좋다
 - : 제거대상이 아닌 항목, ↓ : 시간경과
 주1) 모래여과후

■ 정책제언

- 대전시는 2006년 6월에 제정된 “물의재이용촉진및지원에관한법률”에 의거하여 “물의 재이용 관리계획”을 수립하여 환경부장관의 승인을 득할 준비를 하여야 함
- 대전시는 필요시에, “물의재이용촉진및지원에관한법률”, “수도법”, “환경개선 비용부담법” 등 중수도 설치자에 대한 지원제도를 바탕으로, 물 순환형도시 정립에 필요한 “(가칭)대전시 재이용수 급수조례”를 제정할 필요가 있음
- 대전시는 향후 대전하수종말처리장의 시설개선을 할 경우에는 하수도법의 “용도별 하수처리수 재이용 수질권고기준”, “국내 중수도의 용도별 수질기준”, USEPA의 “처리수 재이용 가이드라인” 및 WHO의 “처리수 재이용 가이드라인” 등을 고려하여, 재이용 용도별로 필요한 수질기준을 만족하기 위한 처리기술을 적용할 수 있도록 계획하여야 함
- 대전시는 하수처리장 배출수 모니터링 기준에 MPN, 일반세균, 탁도, 색도, 중금속 등을 추가하여, 처리수를 재이용하는데 있어서 충분한 자료를 마련하도록 하여야 함

- 목 차 -

제1장 서 론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	3
제2절 목적 및 연구방법	5
제2장 처리장배출수 이용현황 및 제도	7
제1절 국내외 이용 촉진제도	9
제2절 처리장배출수 이용사례	36
제3절 대전하수처리장 현황	58
제3장 처리장배출수 활용사례 및 조건 검토	61
제1절 중수도 - Reuse, Reclamation	63
제2절 농업용수 - Irrigation	69
제3절 하천유지용수	77
제4절 재이용 처리시스템 평가	80
제5절 재이용의 문제점	90
제4장 재활용 확대를 위한 조건	97
제1절 하수처리수의 수요 개발	100
제2절 배출수질 개선 및 기술공급	101
제3절 공급체계의 구축	102
제4절 검토사항	103
제5장 결론 및 정책제언	109
제1절 결론	111
제2절 정책제언	112
부 록	113
참 고 문 헌	125

- 표 목 차 -

<표 2-1> 용도별 하수처리수 재이용 수질권고기준	12
<표 2-2> 물의재이용촉진및지원에관한법률 주요내용	14
<표 2-3> 중수도 설치자에 대한 지원제도	15
<표 2-4> 국내 중수도의 용도별 수질기준	16
<표 2-5> 하수도조례에 의한 하수처리수 재이용 요금감면	17
<표 2-6> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인	27
<표 2-7> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)	28
<표 2-8> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)	29
<표 2-9> 일본 하수처리수 재이용 용도별 수질기준 및 시설기준	30
<표 2-10> 호주 하수처리수 재이용 지침 (음용수 부분)	31
<표 2-11> 호주 하수처리수 지침 (도시용수 부분)	32
<표 2-12> 호주 하수처리수 지침 (농업용수 부분)	33
<표 2-13> 미국의 하수처리수 재이용 지원제도	34
<표 2-14> 일본의 물 순환이용 시책	35
<표 2-15> 도시에서의 용수사용 용도 구분	36
<표 2-16> 접촉가능성에 의한 급수용도 구분	37
<표 2-17> 접촉가능성에 의해 적용할 수 있는 중수도 이용용도의 구분	37
<표 2-18> 미국 하수처리수에 의한 중수도 용도와 제한인자	38
<표 2-19> 시도별 하수처리장 재이용현황	42
<표 2-20> 전국 용도별 하수처리수 재이용 현황	43
<표 2-21> 굴포하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황	45
<표 2-22> 굴포하수처리장 재이용시설 수질현황	45
<표 2-23> 재이용수 공급계약 현황	46
<표 2-24> 태안 하수처리장 재이용 현황	47
<표 2-25> 신천하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황	48

<표 2-26> 신천하수처리장 재이용시설 수질현황	49
<표 2-27> 신천 하수처리장 재이용 현황	50
<표 2-28> 가좌하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황	51
<표 2-29> 가좌하수처리장 재이용시설 수질현황	51
<표 2-30> 가좌하수처리장 재이용시설 수요처	52
<표 2-31> 강진하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황	52
<표 2-32> 강진하수처리장 재이용시설 수질현황	53
<표 2-33> 각국의 하수처리수 재이용 현황	54
<표 2-34> 대전하수종말처리장 시설개요	58
<표 2-35> 대전하수종말처리장 방류수질	59
<표 2-36> 대전하수종말처리장 용도별 하수처리수 재이용 현황	60
<표 3-1> Plant micronutrient and heavy metal contents as affected by duration	71
<표 3-2> Effluent quality, Arad, Israel, 19 April 2005	75
<표 3-3> 유지용수 재이용 수질기준	78
<표 3-4> 안양천의 적정수질 및 유량	79
<표 3-5> 중수도 제거대상 항목 및 처리방법	80
<표 3-6> 유기물 제거 기술표	82
<표 3-7> 영양염류 제거기술	86
<표 3-8> 제거대상항목과 처리성능	87
<표 3-9> 제거대상물질별 적용가능한 중수도 처리시스템	88
<표 3-10> 제거대상 오염물질에 따라 적용이 가능한 처리방법	89
<표 3-11> 우리나라의 중수도에 적용된 처리공정 현황	89
<표 3-12> 하수처리장별 장내·외 재이용현황 (인천시)	90
<표 3-13> 하수처리장별 처리수질 및 재이용관련 문제점 및 저해요인 (인천시)	92
<표 3-14> 국내의 하수재활용 용도 비교	93
<표 3-15> 처리유출수의 용도 및 제한조건	95

- 그림 목 차 -

<그림 2-1> 미국의 물 재이용 시설 현황의 예	25
<그림 2-2> 굴포 하수처리장 재이용시설 조감도	44
<그림 2-3> 태안 하수처리장 농업용수 공급	47
<그림 2-4> 수질개선을 위한 수중폭기	50
<그림 2-5> 미국 캘리포니아의 하수처리수 재이용 비율	55
<그림 2-6> 일본 하수처리수 재이용 비율	56
<그림 3-1> Mass balance of water quantities used in the whole plant.	65
<그림 3-2> Proposed pickling wastewater management	68

제 1 장

서 론

.....
제1절 연구의 배경 및 필요성

제2절 목적 및 연구방법
.....

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

대전시는 1970년대 이후 급속하게 확장된 도시화 및 산업화에 의하여, 물의 수요가 기하급수적으로 증가하였지만, 대전시가 이용가능한 수자원의 경우 급격하게 오염되어 안정적인 수자원을 확보할 수 있는 방안이 줄어들고 있으며, 이는 중요한 사회문제로 대두되고 있다.

지역적으로 한정된 수자원을 사용하여야 하는 특성상, 도시에서의 과도한 물 사용이나 오염배출은 도심을 흐르는 하천의 유량과 수질에 영향을 끼치며, 오염으로 인한 문제뿐만 아니라 직간접적으로 이용 가능한 수자원이 감소하는 문제로 이어져 사회문제가 발생되고 있다. 과거에는 수자원을 활용하기 위하여 다목적댐 건설 및 대체수자원 개발이 진행되었으나, 환경파괴 및 주민의 반대 등으로 인한 댐건설은 한계에 도달하였으며 해수담수화, 강변여과 등의 대체수자원 개발은 증가하는 물수요를 충족하기에는 부족한 실정이다. 건설교통부의 수자원 장기종합계획¹⁾에 의하면 수요관리 절감량을 고려하여도 2011년에는 전국적으로 7.9억 톤의 물 부족을 전망하고 있으며, 지역 간 가용수자원의 물 이동을 고려한다면 2011년에 3.4억 톤의 물 부족이 예상되고 있다. 대전시 수도정비 기본계획에 의하면 지금까지 물사용량이 지속하여 증가추세에 있으며, 2021년에는 총 물사용량이 1,119 천톤/일이 될 것으로 전망된다²⁾. 특히, 대전시는 도시화가 진행된 과거 40년간에 행정구역 면적을 확대 및 불투수면적의 비율 증대로 지하수의 침투능을 저하시켜 왔으며, 이는 하천수원의 저감을 가져오게 되었다.

이에 장래의 물 수요를 만족시키기 위해서는, 사용된 물의 재이용을 증대시키는 것이 필요하며, 정부에서는 하수도정비기본계획을 수립할 시에 반드시 하수재이용

계획 수립을 의무화하고 하수재이용을 권장하고 있으나 현실적으로 하수처리장내 세척수 및 하천유지 용수용도 사용에만 그쳐 확대가 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 대전하수종말처리장 유출수의 배출 현황을 분석하고, 인근 지역에 재이용이 가능한 수요처를 찾아 재이용 증대 방안을 제시하고자 하였다.

1) 수자원장기종합계획(2006~2020), 건설교통부, 2006

2) 수도정비 기본계획 보고서, 대전광역시 상수도사업본부, 2003

제2절 목적 및 연구방법

1) 목적 및 기대효과

하수처리장 배출수를 이용하기 위한 본 연구의 목적 및 기대효과는 다음과 같다.

- 국내외 선진 하수종말처리장의 유출수 이용현황 및 기술 파악 및 검토
- 대전하수종말처리장 유출수 배출현황 및 재이용 현황 파악
- 대전하수종말처리장 유출수 재이용 증대방안 제시

2) 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 대전시 전역으로 하며 대전하수종말처리장을 중심으로 재이용 증대 가능성을 살펴보았다. 시간적 범위는 현재 대전시의 처리장 유출수의 재이용 현황과 사례를 파악하기 위해 2009년까지의 자료를 활용하였다.

“물의재이용촉진및지원에관한법률”³⁾에 따르면 주요 물재이용 대상으로 빗물의 이용, 중수도의 이용, 하·폐수 처리수 이용을 제시하고 있으며, 본 연구에서는 하수처리수의 재이용을 중점적으로 검토하고자 하였다. 다음은 본 연구의 주요 연구 내용이다.

- 물재이용 관련 국내외 법규 및 지원제도
- 전국 및 대전시 하수처리장 현황 분석
- 국내·외 하수처리수 재이용 현황
- 대전하수종말처리장 유출수 재이용 관련 문제점 분석 및 개선방안

3) 물의재이용촉진및지원에관한법률, 환경부, 법률제10359호, 2010.6.8

3) 연구의 방법

본 연구는 대전시 발생하수의 대부분을 처리하는 대전하수종말처리장 유출수의 재이용을 증대시키기 위한 방안을 모색하기 위하여, 대전하수종말처리장의 재이용 관련 현황을 분석하고 관련 국내외 사례 조사 및 이를 실현할 수 있는 기술 분석을 통하여 재이용 증대 방안을 도출하는데 그 목적이 있다. 이를 위하여 대전하수종말처리장 유출수 재이용 현황과 하수처리장 현장 조사 등을 통하여 현황 및 문제점을 분석하였고, 관련 전문가와의 자문 등을 통하여 이용의 증대방안을 제시하였다.

제 2 장

처리장배출수 이용현황 및 제도

제1절 국내외 이용 촉진제도

제2절 처리장배출수 이용사례

제3절 대전하수처리장 현황

제2장 처리장배출수 이용현황 및 제도

제1절 국내외 이용 촉진제도

국내에서 하수처리수 재이용의 관련법은 2007년 9월에 개정된 “하수도법”으로, 기존의 수도법에서 정의하고 있던 중수도 개념을 하수처리장 방류수의 재이용까지 범위를 확대하여 정의한 바 있었다. 그러나 2010년 6월에 “물의재이용촉진및지원에 관한법률”이 제정되면서 기존 수자원의 의존도를 줄이고, 버려졌던 빗물과 하수처리수 등의 물 순환이용을 촉진하여 신규의 물 산업으로 육성하기 위한 법적·제도적 기반을 마련하였다. 이에 본 연구에서는 하수처리수 재이용에 관한 과거 관련법을 소개하고, 중수도의 개념 중에서 하수처리장 유출수를 재처리하여 공급하는 시설을 일컫는 광역순환 방식과 관련한 지원제도, 물의 재이용 촉진을 위하여 제정된 “물의재이용촉진및지원에관한법률”을 검토하였다.

1. 국내 제도

1) 하수도법

제2조(정의)

- 3. “하수도”라 함은 하수와 분뇨를 유출 또는 처리하기 위하여 설치되는 하수관거·공공하수처리시설·공공처리수재이용시설·분뇨처리시설·중수도·배수설비·개인하수처리시설 그 밖의 공작물·시설의 총체를 말한다.
- 4. “공공하수도”라 함은 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 하수도를 말한다. 다만, 개인하수도를 제외한다.
- 2 하수처리수 재이용 가이드 북(개정)
- 5. “개인하수도”라 함은 건물·시설 등의 설치자 또는 소유자가 당해 건물, 시설 등에서 발생하는 하수를 유출 또는 처리하기 위하여 설치하는 중수도·배수설비·개인하수처리

시설과 그 부대시설을 말한다.

- 9. “공공하수처리시설”이라 함은 하수를 처리하여 하천·바다 그 밖의 공유수면에 방류하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설과 이를 보완하는 시설을 말한다.
- 9의2. “공공처리수재이용시설”이란 공공하수처리시설에서 처리된 물을 생활용수·공업용수 등으로 다시 이용하기 위하여 지방자치단체가 설치 또는 관리하는 처리시설 및 그 부속시설을 말한다.
- 11. “중수도”라 함은 건물·시설 등에서 발생하는 오수를 다시 처리하여 생활용수·공업용수 등으로 재이용하는 시설을 말한다.

하수도법 제5조(하수도정비기본계획의 수립권자 등)에서는 하수처리수 재이용에 대한 법적 근거로, 하수도의 정비에 관한 20년 단위의 기본계획에는 “공공하수처리시설에서 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.

제5조(하수도정비기본계획의 수립권자 등) ①특별시장·광역시장·시장 또는 군수(광역시의 군수를 제외한다)는 사람의 건강을 보호함에 필요한 공중위생 및 생활환경의 개선과 「환경정책기본법」에서 정한 수질환경기준의 유지를 위하여 종합계획을 바탕으로 관할 구역 안의 유역별로 하수도의 정비에 관한 20년 단위의 기본계획(이하“하수도정비기본계획”이라 한다)을 수립하여야 한다. 이 경우 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제18조의 규정에 따른 도시기본계획이 수립된 지역의 경우에는 이를 기본으로 하여야 한다.

또한, 하수도법 제 21조(공공하수처리시설 처리수의 재이용)에 의하여 공공하수도 관리청은 공공하수처리시설의 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등으로 이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하도록 되어 있었지만, 이 또한 “물의재이용촉진및지원에관한법률” 제정과 더불어 2010년 6월 8

일에 삭제되었다.

제21조 - 2010년6월8일 수정전(공공하수처리시설 처리수의 재이용) ① 공공하수도관리청은 공공하수처리시설의 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 "재이용수"라 한다)으로 이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다.
 ②제1항의 규정에 따라 처리수를 재이용수로 이용 또는 공급하여야 하는 대상시설의 범위와 재이용수의 양에 관한 기준 등 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
 ③공공하수도관리청은 제1항의 규정에 따라 재이용수를 공급받는 자로부터 지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있다.

하수도법에서는 재이용수 수질기준에 대하여는 정해져 있지만 2005년 12월 “하수처리수 재이용수질 권고기준”을 마련하여 정하였으며, 이후 “하수처리수 재이용 가이드북” 4) 및 기타 하수처리수 재이용 관련법이나 지침에 수질기준을 명시하였다.

하수도법 시행령 제17조(공공하수처리시설 처리수 재이용)

법 제21조제1항 및 제2항에 따라 처리수를 공업용수·화장실용수·살수용수·세차용수·청소용수·조경용수 등(이하 "재이용수"라 한다)으로 이용하거나 공급하여야 하는 대상 공공하수처리시설은 1일 하수처리용량이 5천세제곱미터 이상인 공공하수처리시설을 말하며, 해당 공공하수처리시설이 재이용수로 이용하거나 공급하여야 하는 양은 1일 하수처리량의 100분의 5 이상으로 한다.

4) 하수처리수재이용 가이드북 개정, 환경부, 2009.10

<표 2-1> 용도별 하수처리수 재이용 수질권고기준1)

구 분	도시 재이용수	조경용수	친수용수	하천 유지용수	농업용수		습지용수	지하수 충전	공업용수
					직접식용	불검출			
총대장균수 (개/100mL)	불검출	불검출	불검출	≤1000	직접식용 간접식용	≤200	≤200	불검출	≤200
결핵잔류염소(mg/L)	≥0.2	-	≥0.1	-	-	-	-	-	-
탁도 (NTU)	≤2	≤2	≤2	-	직접식용 간접식용	≤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	≤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

- 주 1) 직접식용은 조리하지 않고 날것으로 먹는 경우, 간접식용은 조리를 하거나 일정한 가공을 거쳐먹는 경우에 적용한다.
 2) 지하수 충전 또는 보충하는 경우로서 재이용수의 수질이 먹는물 수준을 유지하여야 한다.
 3) 산업용수로 사용하는 경우에 적용하며, 다회순환냉각수, 공정수, 보일러용수 등은 수요처와 협의하여 수질을 정할 수 있다.
 ※ 재이용수 수질기준은 하수처리수 재처리시설에서 최종 처리하여 송수하는 수질에 대하여 적용하며, 공공하수처리시설의 방류수수질기준을 기본적으로 만족하여야 한다.

2) 물의재이용촉진및지원에관한법률

도시화에 따른 불투수면의 증가로 인한 자연적 물의 순환이 어려워지며, 이로 인한 지하수 고갈, 도심하천의 건천화, 도시침수 및 하천수질오염 유발 등 도시생태계전반에 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.

"물의재이용촉진및지원에관한법률"의 전문은 부록에 나타나었으며 장별 주요 내용은 다음의 <표 2-2>에 나타내었다.

<표 2-2> 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 둔
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

3) 지원제도 및 사례

국내 하수처리수 재이용에 의한 지원제도는 “물의재이용촉진및지원에관한법률”의 제23조에 의거하여 이루어질 수 있다. 이에 따르면

- ① 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나 융자할 수 있다.
- ② 지방자치단체는 빗물이용시설 또는 중수도를 설치한 시설물의 소유자 또는 관리자나 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에 대하여 조례로 정하는 바에 따라 수도요금 또는 하수도사용료를 경감할 수 있다.

또한, 중수도의 보급 확대를 위하여 설치자에 대한 지원제도를 <표 2-3>에 나타냈으며, 이와 관련한 용도별 수질기준은 <표 2-4>과 같다.

<표 2-3> 중수도 설치자에 대한 지원제도

지원형태	근거법규	지원내용
상하수도 요금감면	수도법 제 11조	지방자치단체 조례가 정하는 바에 따름
설치자금 융자	환경개선자금 융자 운용 요강 제4조	개별시설 당 설치자금으로 30억 원까지 융자가 가능하며 융자이율은 변동 금리를 적용, 최장 3년 거치 10년 상환으로 거치기간 경과 후 3개월 분등균할 상환하여야하고, 총 지원규모는 500억 원이다.
세액공제	조세특례제한법 제 25조의 2 동법시행령 제22조의 2	조세특례제한법에서는 에너지 절약시설로서 2009년 12월 31일까지 투자(중고품에 의한 투자를 제외한다)하는 경우에는 당해 투자금액의 100분의 20에 상당하는 금액을 소득세(사업소득에 대한 소득세에 한한다)또는 법인세에서 공제한다.
환경개선 부담금 감면	환경개선비용부담법 시행령 제 7조	수도법에 의한 중수도 또는 빗물이용 시설을 설치한 시설물에 대하여는 동시설을 설치한 후 최초로 부과하는 기분의 개선부담금(법 제 10조 제 1항 제 2호의 규정에 의하여 산정된 금액에 한한다)의 100분의 25를 경감한다.

<표 2-4> 국내 중수도의 용도별 수질기준

구분	수세식 화장실용수	살수용수	조경용수	세차·청소용수
대장균군수	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL	불검출/100mL
잔류염소(결합)	0.2mg/L 이상일것	0.2mg/L 이상일것	-	0.2mg/L 이상일것
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

자료 : 하수도법 시행규칙 제20조(별표 6)

- 비고 1. 총대장균군, 잔류염소, 탁도, 냄새는 환경분야 시험 검사 등에 관한 법률 제6조 제1항 제6호에 해당하는 분야에 대한 환경오염공정시험기준에 따라 분석하여야 한다.
- 2. 생물학적 산소요구량, pH, 색도, 화학적 산소요구량은 환경분야 시험 검사 등에 관한 법률 제6조 제1항에 해당하는 분야에 대한 환경오염공정시험기준에 따라 분석하여야 한다.

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, 사

업비, 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.

<표 2-5> 하수도조례에 의한 하수처리수 재이용 요금감면

업종	구분	부산광역시 감면비율		부천시 감면비율	인천시 감면비율
		중수도	재이용수	재이용수	재이용수
가정용		65%	100%	30%	20%
공공용		50%	100%	-	20%
영업용		10%	100%	30%	20%
욕탕용		10%	100%	30%	20%
산업용		65%	100%	30%	20%

주 : 감면비율은 하수도사용료를 기준으로 감면하는 금액의 비율을 말한다.
 자료 : 각 지방자치단체 하수도조례 별칙

4) 재이용관련 자치단체 조례

하수처리장 유출처리수를 재이용하는데 있어서, 조례를 수립한 지자체로는 부천시와 인천시가 있으며, 그 중 부천시의 내용을 요약하여 아래와 같이 나타내었다.

(1) 부천시 “재이용 관련 자치단체 조례”

재이용 관련 자치단체 조례

부천시재이용수급수조례

개정 2004. 4. 12 조례 제2014호

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 조례는 하수도법(이하 "법"이라 한다) 제5조의2제3항4의2호 및 제18조 규정에 의하여 부천시(이하 "시"라 한다)에서 공급하는 재이용수의 요금, 공급 조건, 급수장치의 설치·관리등에 관한 제반사항과 적절한 운영을 위한 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(정의)

재이용수, 재처리시설, 송배수시설, 급수시설, 급수장치, 흡수정이하의 장치, 특수가압시설, 재이용수사용자, 전용계량기, 통합계량기, 세대 및 호에 대한 정의

제3조(급수구역)

부천시 일원을 급수구역으로 함

제4조(급수공사의 구분)

신설공사, 개조공사, 수선공사, 철거공사로 구분

제2장 급수공사

제5조(급수장치의 설치의무)

재이용수를 급수받고자 하는 이의 자격 및 의무

제6조(급수공사의 승인)

급수공사를 하고자 하는 이의 승인절차

제7조(공동 급수장치의 설치)

필요한 경우의 공동급수장치 허가 내용

제8조(공사의 시행)

급수공사의 설치 및 시공은 시장, 혹은 지정하는 급수공사 대행업자가 시공을 함

제9조(준공검사 등)

급수공사 완료에 따른 준공검사 절차

제10조(급수공사 대행업자)

대행업자의 자격

제11조(공사비 부담 및 급수장치 관리)

공사비용, 노후계량기 교체, 급수장치, 전용계량기, 통합계량기 등의 부담 주체

제12조(공사비의 산출)

급수공사비 산출방법

제13조(공사비의 납부)

공사비의 납부 및 정산방법

제14조(시설분담금)

시설분담금 납부 및 산정방법

제15조(특수가압시설의 설치운영)

특수가압시설의 설치운영 허가 및 운영방법

제16조(흡수정이하의 장치 설치)

흡수정이하의 장치 설치 승인

제17조(원인자 및 손괴자부담금 징수 및 공사의 직권시행)

부담금 납부 및 시설물 피해복구 조치사항

제18조(공사시행에 수반한 책임)

공사의 발생하자 및 보수 책임에 관한 내용

제3장 급수

제19조(재이용수의 사용)

재이용수 사용시 계량기설치 의무, 위치 및 구경

제20조(신고)

급수장치 사용개시, 급수장치의 파손, 급수용도의 변경 등에서의 신고

제21조(판매금지)

재이용수의 판매금지

제22조(관리상책임)

사용자의 급수장치 보로관리에 의한 재이용수 오염누수 발생 방지

제23조(권리의무의 승계)

급수장치 권리의무의 승계 기준

제24조(급수정지 및 사용제한)

제25조(급수중지와 폐전)

사용자 필요에 의한 재이용수의 급수중지 또는 폐전의 요청 및 부대사항

제4장 요금과 수수료

제26조(요금의 징수)

시장의 요금 징수 기준

제27조(요금)

별표에 의한 용도별 요금표 및 기준

제28조(용도의 구분)

별표3에 의한 용도별 구분

제29조(요금의 조정)

계량 사용수량에 의한 당해월분의 요금 조정 및 기타사항

제30조(사용수량의 인정)

재이용수 계량기에 의한 사용수량의 인정

제31조(계량기의 이상시험)

계량기 이상시의 시험의 청구방법 및 과정

제32조(납기와 징수방법)

요금의 매월납 또는 격월납 징수방법

제33조(가산금)

요금미납시의 체납액 100분의 5 가산금 징수

제34조(납부고지)

수도요금 납부고지서에 통합하여 징수

제35조(일시 재이용수 사용)

일시 재이용수 사용에 대한 사용수량 추정 및 사용료 납부

제36조(제수수수료)

급수공사 신청·승인시의 항목 및 수수료

제37조(요금 등의 감면)

시장의 공익상 필요사유 시 요금 및 수수료의 감면

제5장 관리

제38조(급수장치의 검사 및 보수)

재이용수 공급 이상시 개수 등의 조치

제39조(급수표지)

사용자에게 급수번호를 명기한 급수표지의 교부

제40조(수질관리)

적정 수질을 유지하기 위한 관리 및 수질검사 실시

제41조(정수처분)

재이용수 급수를 정지할 수 있는 내역의 기술

제42조(포상금 등 지급)

하수재이용관련 포상금을 지급할 수 있는 내역의 지정

제43조(계량기의 훼손, 망실 등에 대한 책임)

계량기 관련 해당 사용자의 수리 또는 설치

제44조(과태료)

사기 또는 부정한 수단에 의한 별표4의 과태료 및 행정처분

제45조(급수장치의 철거)

급수장치를 철거할 수 있는 대상 및 내역 기술

제46조(계량기 검침 등의 위탁)

효율적 업무수행을 위한 재이용수 계량기 검침, 점검, 고지서 송달 등의 위탁운영

제47조(이의신청)

재이용수 요금, 수수료, 기타 징수금의 부과 또는 징수에 대한 이의신청

제48조(준용)

재이용수 요금, 가산금, 수수료, 과태료, 징수금 등은 지방세 징수의 예에 의한

제49조(권한의 위임)

조례 규정에 의한 시장의 권한 중 구청장에 위임하는 내용

[별표 1] 시설분담금 (제14조 관련)

계량기 구경	금액(원)	비 고
13mm	88,000	
20mm	158,000	- 개조시에는 신·구 구경
40mm	877,000	별 시설분담금 차액을
50mm	2,192,000	징수.
100mm	7,890,000	- 기존의 상수도 수용가에
150mm	16,349,000	서 전환하여 사용할 경
250mm	35,065,000	우 50% 감면.
400mm이상	105,194,000	

[별표 2] 용도별 요율표 (제27조 관련)

계량기구경별정액요금		사용요금		
구 경	요금(원)	용도	사용구분(m ³)	m ³ 당 단가(원)
13mm	400	영업용 (수세식화장실 용수, 잡용수)	m ³ 당	320
20mm	860			
40mm	3,800			
50mm	6,270	공업용	m ³ 당	230
100mm	20,470	하천용수	m ³ 당	50
150mm	46,210	공공용 (조경용, 청소용, 소방용, 잡용수)	m ³ 당	130
250mm	115,530			
400mm이상	224,470			

[별표 3] 용도별 구분표 (제28조 관련)

용도	구 분 내 용	
영 업 용 (수세식화장실용수)	대규모택지개발지구, 토지구획정리사업지구, 신규개발 및 재개발아파트지구, 산업단지및공장지역, 기타 시장이 필요하다고 정하는 용도	
공 업 용	산업단지 및 공장지역	
공 공 용	조 경 용	수변공원 및 생태공원 등의 실수용수
	하 천 용	건천화 방지등을 하천유지용수 및 시민의 강 유지용수
	기 타 용	도로실수용수 등

[별표 4] 과태료 및 행정처분 기준 (제44조 관련)

위 반 내 용	과 태 료(원)		행 정 처 분
	부정으로 사용요금 또는 시설분담금의 징수를 면한 자	공공시설 물을 부정 사용한 자	
1. 급수 도용행위	징수 면한 금액 5배	50,000	-부정급수장치 철거명령
2. 승인을 받지 아니한 급수공사	징수 면한 금액 5배	50,000	-부정급수장치 철거명령
3. 계량기 작동 방해, 훼손, 철거 및 망실	징수 면한 금액 5배	20,000	-계량기 수리 및 구입 설치 명령 -명령을 불이행시는 이행할 때 까지 정수처분
4. 계량기, 매물 공작물 설치 및 봉인파손		10,000	-원상회복명령 다만, 봉인 파손을 경우에는 그러하지 아니한다.
5. 허가를 받지 아니한 특수가압시설 또는 급수전달		20,000	-철거 또는 처가절차 이행 명령, 명령 불이행시에는 이행시까지 정수 처분
6. 정수 처분 중인 급수전의 무단개전	징수를 면한 금액의 5배	10,000	-처분에 따른 의무 및 과태료 납부의무를 이행할 때까지 정수 처분
7. 업종 위반			-업종 위반일부터 가산하여 차액 추징 -업종 직권 변경

(2) “부천시 재이용 수급조례 시행규칙”

부천시재이용수급조례시행규칙

개정 2004. 2. 25 규칙 제1379호

- 제1조(목적)** 이 규칙은 부천시재이용수급조례(이하“조례”)의 시행에 관하여 필요한 사항을 규정함을 목적으로 한다.
- 제2조(급수장치 설치대상 지역 등의 고시)**
급수장치 설치대상 건축물의 기준 제시
- 제3조(급수장치의 설치 원칙)**
하수처리수를 재이용하는 곳의 급수장치를 설치하여야 하는 경우
- 제4조(급수공사의 신청)**
별지 서식에 의거하여 신청
- 제5조(급수공사의 범위)**
건물내 배관시설을 제외한 재이용수 계량기까지의 시설공사
- 제6조(준공검사)**
준공검사 실시에 대해서는 별지서식에 의하여 시장에게 보고하여야 함
- 제7조(급수공사비의 산출방법)**
- 제8조(경미한 공사)**
- 제9조(공사비의 납부)**
- 제10조(특수가압시설의 설치 신청 등)**
- 제11조(흡수정이하의 장치 설치대상)**
- 제12조(재이용수 계량기의 설치 위치 및 구경)**
대지 안의 출입문 또는 경계로부터 2미터 이내에 설치
- 제13조(급수공사의 하자책임)**
하자 발생시, 시공자에 대한 보수명령 및 보수
- 제14조(재이용수 급수시설의 원인자 및 손괴자 부담금 산출)**
재이용수급수시설 복구에 대한 원가계산, 누수량 산정, 급수운반차 비용산정, 도로복구비의 산정 등
- 제15조(급수시설의 개선, 중지 및 폐전신청)**
재이용수 급수시설의 개선, 중지 또는 폐전시의 서식에 의한 신청 및 신고 등
- 제16조(재이용수 사용자의 명의·용도변경)**

- 별지서식에 의하여 시장에게 신고
- 제17조(공공급수장치의 관리 등)**
- 제18조(재이용수계량기 관리부주의에 대한 책임)**
- 제19조(재이용수계량기의 검침)**
- 제20조(재이용수 사용료의 계산방법 등)**
사용료는 월액으로 계산하며, 요율은 영업용, 공업용, 공공용으로 적용
- 제21조(재이용수요금의 징수)**
시장은 사용자 등에 납기한, 납입장소 및 납입방법이 기재된 통합고지서를 발부
- 제22조(요금감면)**
천재지변, 공공목적의 사용 등 요금을 감면할 수 있는 사항
- 제23조(가산금 면제)**
급부대 사용, 방화수, 기타 시장이 필요하다고 인정하는 경우 등
- 제24조(체납요금 및 납부 독촉)**
- 제25조(운반급수)**
천재지변, 출수가 불량한 때, 공사에 의한 급수 불량한 때, 기타 일시적 공공성의 필요성이 있을때 운반급수
- 제26조(사용량의 인정)**
- 제27조(재이용수 계량기의 시험 신청 등)**
- 제28조(기존 재이용수 급수시설의 임시 사용)**
- 제29조(위탁경비)**

2. 국외의 이용 촉진제도

1) 국외의 하수처리수 재이용 촉진 관련 법

(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.



<그림 2-1> 미국의 물 재이용 시설 현황의 예

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 적은 수에 불과하다.

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.

미국은 각 주별로 각 주의 사정을 감안하여 관련 규정들을 제정하여 각 주의 특성에 따라 조례 사이에 큰 차이가 있다. 즉 애리조나, 캘리포니아, 플로리다, 텍사스 등의 건조하고 수자원이 부족한 주에서는 수자원을 효율적으로 사용하기 위해 용수의 재이용을 적극적으로 권장하고 있으며 플로리다 및 사우스캐롤라이나와 같은 습한 지역에서는 용수공급과 수질오염의 방지 차원에서 재이용이 실시되고 있으며 지역규정 또한 요구수질기준, 처리공정, 이용시설 등에 세부적으로 규정하고 있다.

미국 내 일부 주에서는 환경과 주민의 건강을 보전함과 동시에 중수의 가치를 끌어올리는데 목적을 두고 있으며, 일부 주에서는 중수를 수자원으로 관리하지 않고 지표수로 방류하는 것에 대한 대안으로 중수도를 적용하는 성격의 조례를 제정하고 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 부문으로 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.

〈표 2-6〉 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인1)

재이용의 형태	처리수준	재생수의 수질	수질측정주기	이격거리
도시재이용, 도시조경시설(골프코스, 공원, 묘지, 샬수, 세차, 화장실, 세척수, 소화용수, 에어컨용수 등)	· 2차처리 · 여과 · 소독	· pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	· 음용 우물 : : 15m
접근제한지역 관개용수, 육묘지역 등의 접근이 금지되어 있거나 제한된 지역	· 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	· 음용 우물 : 90m · 접근지역 살수 : 30m
농업용수 재이용	상업용작물이 아닌 농작물, 직접식용가능한 작물 위에 직접 살수	· pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	· 음용 우물 : 15m
	상업용 농작물, 과수원이나 포도밭에 직접 살수 또는 관개	· 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	· 음용 우물 : 90m · 접근지역 살수 : 30m
	목초지	· 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	· 음용 우물 : 90m · 접근지역 살수 : 30m
위락용수: 낚시, 보트놀이 등 물과 인체접촉 가능	· 2차처리 · 여과 · 소독	· pH=6-9 · BOD≤10mg/L · 탁도≤2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소≥1mg/L	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속	· 바닥차수막 없는 음용 우물 : 150m
조경용수: 조경연목 등, 물과 인체접촉이 없는 곳	· 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	· 바닥차수막 없는 음용 우물 : 150m

〈표 2-7〉 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)

재이용의 형태	처리수준	재생수의 수질	수질측정주기	이격거리
건설현장 용수: 흙다짐, 먼지제거, 세척, 콘크리트 제조용수	· 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	
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
기타 산업용수	특정의 용도에 따라 다양			
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 우물 주변에 살수	· 1차처리 후 살수 · 2차처리 후 살수	· 주변조건 및 용도에 따라 변화	· 처리수준, 용도에 따라 변화	· 주변조건에 따라 다름
간접 음용수: 음용수용 우물 주변에 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

<표 2-8> 미국의 재생수 이용에 대한 EPA 가이드라인 (계속)

재이용의 형태	처리수준	재생수의 수질	수질측정주기	이격거리
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 · 주변조건에 따라 다름
간접음용수: 지표수 수량 증가	· 2차처리 · 소독 · 여과 · 고도처리	· pH=6.5-8.5 · 탁도 ≤ 2NTU · 대장균=불검출 · 잔류염소 ≥ 1mg/L · 음용수 수질기준 만족	· pH=매주 · BOD=매주 · 탁도=연속 · 대장균=매일 · 잔류염소=연속 · 음용수수질기준	· 주변조건에 따라 다름

(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.

<표 2-9> 일본 하수처리수 재이용 용도별 수질기준 및 시설기준1)

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
시설 기준		모래여과 시설 또는 동등 이상의 기능을 가지는 시설을 마련	모래여과 시설 또는 동등 이상의 기능을 가지는 시설을 마련	모래여과 시설 또는 동등 이상의 기능을 가지는 시설을 마련	응집침전+모래여과 시설 또는 동등 이상의 기능을 가지는 시설을 마련
비고		1)검수량은 100mL 2)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 해 기준치를 설정 3)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 강도수치를 설정 4)공급처에서 추가 염소 주입을 실시 하는 경우에는 개별의 협정 등에 근거하는 것으로 해도 좋음	1)검수량은 100mL 2)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 해 기준치를 설정 3)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 강도수치를 설정 4)소독 잔류효과가 필요없는 경우에는 적용하지 않는다 5)공급처에서 추가 염소 주입을 실시 하는 경우에는 개별의 협정 등에 근거	1)MPN 100CFU/100mL) 2)이용자의 의향을 채용 3)이용자의 의향 해 기준치를 설정 필요하기에 위 강도수치를 설정 4)소독 잔류효과가 필요없는 경우에는 적용하지 않는다 5)공급처에서 추가 염소 주입을 실시 하는 경우에는 개별의 협정 등에 근거	1)검수량은 100mL 2)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 해 기준치를 설정 3)이용자의 의향 등을 근거로 해 필요하기에 위 강도수치를 설정 4)소독 잔류효과가 필요없는 경우에는 적용하지 않는다 5)공급처에서 추가 염소 주입을 실시 하는 경우에는 개별의 협정 등에 근거

(2) 호주

호주는 하수처리수 재이용에 대한 제도에 있어서 음용수 부분과 도시용수, 농업 용수로 나눌 수 있으며, 직접음용수로 사용하는 경우와 간접음용수로 사용하는 경우로 나누어진다. 직접음용수의 경우 구체적인 기준이 없으며 간접음용수는 하천수 지하수 재충진용 등으로 나누어 지침으로 제시하고 있다.

<표 2-10> 호주 하수처리수 재이용 지침1) (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 소독시스템 점검	기타 항목은 음용수 규정과 동일	
	Ground Water Recharge by spreading into partable aquifer	2차 처리 및 가능한 고도처리	지하수의 수질 저하가 없을 것	주간 pH	최소한 음용수의 원수 규정을 준수하여야 함 지하수까지 도달시간이 최소 12개월을 보장해야함
		가능하다면 소독	대장균 1000/100ml 이하		
	Ground Water Recharge by spreading into partable aquifer	2차 처리 및 가능한 고도처리	지하수의 수질 저하가 없을 것	주간 pH	최소한 음용수의 원수 규정을 준수하여야 함 지하수까지 도달시간이 최소 12개월을 보장해야함
		가능하다면 소독	대장균 1000/100ml이하	주간 대장균 일간 소독시스템 점검	

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.

<표 2-11> 호주 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	
Toilet flushing closed systems	고도처리		주간 : pH	자동 소독약품 주입기 설치
	소독	유리염소 1mg/L 이상	일간 : 소독 주간 : 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	
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	
Toilet flushing closed systems	고도처리		주간 : pH	자동 소독약품 주입기 설치 필요
	소독	유리염소 > 1mg/L	일간 : 소독 주간 : MPN	색도 제거가 필요
Municipal with uncontrolled public access	고도처리	pH 6.5-8.5 탁도 2NTU 이하	주간 : pH, BOD 상시 : 탁도	색도 제거가 필요
	소독	유리염소 > 1mg/L 대장균 < 10/100ml	일간 : 소독	
Municipal with controlled public access	2차처리		월간 : pH, SS	
	소독	대장균 < 10/100ml	일간 : 소독 월간 : MPN	

농업용수의 경우에는 인간이 직접 섭취하는 작물인 경우, 섭취하지 않는 경우 그리고 목장·유제품생산 등으로 나누어 관리하고 있다.

<표 2-12> 호수 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: 대장균군	기생충방지를 위하여 25일간 산화구 또는 동등 처리장에서 처리필요
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: 대장균군	작물을 최소 2시간 이상 70℃에서 처리할 것
Food Production pasture and fodder	2차처리	pH 6.5-8.5	주간: pH, SS 상시: 탁도	지하수질 저하를 방지해야함
	소독	대장균 < 1000/100ml	일간: 소독시스템 주간: 대장균군	기생충방지를 위하여 목초를 4시간 이상 건조할것
Food Production Pasture and fodder for dairy animals	2차처리	pH 6.5-8.5	주간: pH, SS	지하수질 저하를 방지해야함
	소독	대장균 < 1000/100ml	일간: 소독시스템 주간: 대장균군	기생충 방지를 위하여 목초지에서 최소 5일간 방치

2) 국외의 지원제도

(1) 미국

미국의 경우 하수처리수 재이용시설 시설의 건설비 및 관련 부대비용은 장기채권을 발행함으로써 조달되는 경우가 많으며 보조금, 건설기부 등에 의한 방법을 이용하기도 한다. 다음은 미국 하수처리수의 재이용 지원제도를 나타낸 것이다.

<표 2-13> 미국의 하수처리수 재이용 지원제도

구분	지원제도		
외부 조달 자금	면세채권	건설비등의 장기채권 조달	· 강제구매채권, 특별세 채권, 세입채권, 단기어음
	보조금 및 주정부 보조금제도	초기건설비의 주정부 및 지방정부에서 보조금을 통하여 조달	· 주정부보조금 : EPA관련법에 따라 지원되는 보조금으로서 20%지원 · 연방정부 : 음용수법에 의하여 시설비를 지원하도록 되어 있음 · 외 : 농가지원국지원금, 중소기업청 지원금, 용수 연구기술국 지원금
	건설기부	재이용시설 사업자 또는 이용할 사업체 등이 건설하여 당국에 기부	· 재이용시설의 이용자들에게 중수를 송수하는 관로건설비 등을 부담 · 개발업자에게 건설비용을 전부 부담하게 한 후 소유권 및 운영을 맡김.
내부 조달 자금	처리장 현장 적립금과 운영예산	하수처리수 재이용시설의 계획과 설계에 투자되는 비용은 하수도 예산에서 지출	· 재이용시설 완성으로 지역사회에 큰 이익이 돌아갈 경우 설득력을 갖지만 사업계획 초반부터 모두 그러한 방식으로 조달하는 것은 현실성이 떨어짐.
	재산세 및 기존시설사용료	세금 및 기존 시설사용료 인상	· 재산세 또는 하수도료를 하수처리수 재이용시설 설비에 투자하는 것은 바람직한 방식
	특별세	혜택자에게 특별세 징수	· 재이용시설 건설로 혜택을 보는 건물, 지역에 특별세 징수
	중수관련결비용	혜택자에게 시설 건설비 부담	· 건설비에 총당하거나 건설로 생긴 부채를 상환
	중수 이용요금	중수 이용자 부담	· 하수처리수 재이용 시설의 유지관리비 총당하거나 건설비조달로 인한 부채상환

(2) 일본

일본의 재이용 관련 시책은 수처리 기술 향상에 따라 처리비용의 절감, 재이용을 확대를 위한 원수의 양적, 질적 안정화 그리고 위생상의 문제 등을 시행착오를 거치면서 도출된 문제점들을 해결해나가고 있다. 다음 <표 2-14>는 부처별 물 재이용과 관련한 시책들이다.

<표 2-14> 일본의 물 순환이용 시책

구분	중수도 시책	
중앙 정부	건설성	배수재이용의 배관설비 지침(1979, 1981) 하수처리수 순환이용 시범사업(후쿠오카, 1979) 및 확충(1990) 하수처리수 순환이용 기술지침(1981) 중수도시설을 하는 건축물의 용적률 1.25배 완화(1985)
	통산성	잡용수를 공업용수의 10%내 실험적공급(1973) 잡용수를 공업용수의 10% 이상 확대(1979)
	국토청	물수급사정이 어려운 지역의 관공시설물에 잡용수 이용촉진(1978) 배수재이용시설에 내용년수의 특례 및 특별상각제도 적용(1979) 관계부국에 잡용수 이용촉진에 대한 적극연구 통지(1986)
	후생성	잡용수도의 수세 화장실용수의 잠정수질 기준 설정(1981)
	공동(국토청, 건설성)	“수자원유효이용” 용자대상사업으로 잡용수 재이용 시설 선정(1979) 및 대상확대(공공이용방식 및 우수이용방식 1986)
지방 자치 단체	후쿠오카	“절수형 수이용 등에 관한 조치요강” 제정 - 순환이용 잡용수도 설치를 간접적으로 의무화
	카카와현	“잡용수이용 촉진 지도요강” - 댐건설 등의 신규 물자원 개발과 더불어 물 순환이용 및 절수, 잡용수 이용을 촉진하기 위해 일정 규모 이상의 건축물 건축하는 경우 배수재이용 시설의 설치를 지도 “잡용수이용 촉진 사업보조금 교부요강” - 건축물 배수재이용 설치를 지도하고 민간의 부담을 경감. 기준 미만의 건축물에 있어 자주적으로 잡용수 이용을 촉진하기 위해 시설 설치시 필요한 비용의 일부를 보조
	도쿄	“잡용수이용에 관한 지도지침” - 연면적 30,000 m ² 이상 건물에 잡용수이용시설의 설치를 촉진

자료 : 중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구, 한국환경정책·평가연구원, 1999

제2절 처리장배출수 이용사례**1. 하수처리수의 재이용 용도****1) 재이용 용도**

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. 이러한 여러 가지 용도를 필요한 수질면으로 크게 분류하면 다음의 <표 2-15>와 같으며 인체의 접촉가능성에 따라 <표 2-16>과 같이 나눌 수 있다.

<표 2-15> 도시에서의 용수사용 용도 구분

용도 \ 처리	구분 A	구분 B	구분 C
생활용수	음료용수, 주방용수	목욕용수, 세탁용수, 세수 세면용수, 청소용수	수세식화장실용수, 세차용수, 살수용수
업무용수	음료용수, 주방용수	에어컨용수	수세식화장실용수, 세차용수, 살수용수
공업용수	원료용수, 보일러용수, 제품처리용수	냉각용수	세정용수
농업용수	-	-	관개용수
도시기능용수	-	-	도로청소용수, 살수용수, 소화용수, 하천유지용수, 공원유지용수(조경용수)

<표 2-16> 접촉가능성에 의한 급수용도 구분

구 분	접촉(경구적)	접촉(경피적)	접촉가능성이 높은것	접촉가능성이 낮은것
생활용수	음용수, 주방용수	목욕용수, 세탁용수 수세용수, 청소용수	세차용수, 살수용수	수세식화장실용수
업무용수	음용수, 주방용수	수세용수, 청소용수	세차용수, 살수용수	수세식화장실용수, 에어컨용수
공업용수	원료용수	-	세차용수, 제폼처리 용수	보일러용수, 냉각용 수
농업용수	-	-	-	관개용수
도시기능용수	-	-	살수용수, 조경용수 하천유지용수,	도로청소용수, 소화 용수

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, 세탁용수, 세수·세면용수 등은 심미적 문제점과 세균 등의 공중위생상 문제 때문에 이를 대상으로 하는 것은 곤란하다. 그러므로 사회적 허용도 및 안전성을 고려하여 인체접촉 가능성에 따라 중수도 이용용도를 구분하여 나타내면 <표 2-17>과 같다.

<표 2-17> 접촉가능성에 의해 적용할 수 있는 중수도 이용용도의 구분

접촉가능성	재이용 용도
비교적 가능성이 적은 경우	수세식 화장실용수, 냉각용수, 살수용수
가능성이 높은 경우	세차용수, 청소용수, 소화용수, 조경용수, 하천유지용수
반드시 접촉하는 것	세탁용수, 욕실용수, 농업용수

2) 용도별 제한조건 및 수질기준

(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. <표 2-18>에는 미국에서 개별빌딩의 중수도보다는 하수처리수를 재이용하는 경우가 대부분으로, 하수처리수를 중수도로 공급할 때의 용도와 그 때의 제한인자를 나타내고 있다.

<표 2-18> 미국 하수처리수에 의한 중수도 용도와 제한인자

하수처리수 재이용 용도	제한 조건
농업용 관개 농작물 관개 상업적 원예	수질 특히 염류의 토양과 농작물에 대한 영향 농작물의 시장성과 대중의 용인
산업용 재이용 냉각수 보일러 공급 공정수	재사용된 하수의 성분 중 스케일, 부식, 미생물 성장 관의 막힘 초래 유기물의 공기방울에 의한 전달 등 공중보건 우려
지하수 함양 지하수 보충 염수침입 방지	재이용된 하수 중의 유기화합물질의 독성학적 영향 재이용된 하수 중의 총고형물질, 금속, 전염병균
레크리에이션, 환경용 호수, 연못 갈대밭 조성	박테리아와 바이러스의 건강에 대한 우려 N, P에 대한 부영양화
비음용수용 도시사용 소방용수 에어컨디션 용수 수세식 화장실 용수 음용수로 재사용 수도수와 희석 직접용수	공기방울에 의한 병원균의 전달 공중보건의 우려 스케일, 부식, 미생물 성장, 관막힘에 대한 수질의 영향 재사용된 하수의 유기화합물질과 독성학적 영향 바이러스 등 병원균의 전달에 관한 공중보건 우려

또한, 재이용 용도에 따라 요구되는 처리정도를 나타내면 다음과 같다.

- 수세식 화장실용수 : 세균으로 인한 오염에 주의하여 염소소독을 시행
- 소화용수 : 화재에 대처하기 위해 비상용으로 준비된 물로서 사용빈도가 적으므로 비교적 깨끗한 수질을 요구하지 않지만, 피부와 접촉할 수 있으므로 대장균이 검출되어서는 안되며 잔류염소가 유지되어야 함
- 냉각용수 : 공조, 냉각용 보급수는 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
- 조정용수 : 비교적 깨끗하여야 하고 위생적으로 안전하여야 함
- 하천유지용수 : 인체와 접촉가능성이 높으므로 위생적으로 안전하고 깨끗한 물이 요구되며, 잔류염소가 하천의 생태계에 영향을 주어서는 안됨

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.

(2) 위생적 측면의 기준항목

가. 대장균군수

대장균군 및 일반세균은 위생적 측면에서 물의 안정성을 평가하는 것으로 널리 이용되는 지표이며, 특히 대장균군은 사람과 가축의 소화기관 내에 생식하는 특정

이 있기 때문에 이를 지표로서 이용하는 것은 소화기계 병원균에 의한 오염가능성을 판단하거나 분노에 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 용해를 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 조정시설에의 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 일반적으로 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, 조정용수는 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 물속에서 냄새의 측정법이 확립되어 있지 않고 인간이 느끼는 취기는 여러 가지 취기성분의 복합체이므로 정량적 파악은 어려운 실정이다.

(3) 기능성 측면의 기준항목

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 할 것이다.

2. 국내 하수처리수 재활용

하수처리수의 재이용과 관련하여 재이용율을 국가별로 살펴보면, 일본이 3.9%, 미국(플로리다)이 52% 등으로 나라별로 차이가 크게 나타난다. 전세계적으로 일본의 하수처리장은 우리나라와 재이용수 공급방식이 유사한 상황이다. 전국 하수처리장에서의 재이용 현황은 총 7.7%, 충북 24.2%, 충남 19.5%로 충청도의 재이용율이 높은 것으로 나타났으며 대전시는 평균치에 못 미치는 2.2%의 재이용율을 나타냈다.⁵⁾

<표 2-19> 시도별 하수처리장 재이용현황

시·도별	하수처리량(천톤/일)		재이용율 (%)	재이용현황 (천톤/년)
	일평균	년간		
서울특별시	4,811	1,755,843	1.7	29,257
부산광역시	1,340	489,545	5.4	26,392
대구광역시	1,181	430,998	17.5	75,356
인천광역시	538	212,974	9.3	19,723
대전광역시	620	226,561	2.2	4,893
울산광역시	402	146,907	10.7	15,682
경기도	3,693	1,344,951	7.2	96,703
강원도	447	162,847	6.3	10,319
충청북도	404	147,845	24.2	35,809
충청남도	430	158,447	19.5	30,910
전라북도	725	264,941	6.0	15,831
전라남도	404	146,969	7.3	10,699
경상북도	908	329,974	22.4	73,964
경상남도	849	310,949	11.9	37,067
제주도	119	43,317	1.3	575

재이용 현황에서 용도별 하수처리수 재이용 비율을 보면, 2006년에 장내용수와

5) 하수종말처리시설 운영·관리현황 (I), (II), 환경관리공단, 2006

장외용수가 각각 49.9% 및 50.1%로 비슷한 비율을 보이고 있다. 장내용수 중에는 세척수가 23.5%로 가장 많은 비율을 차지하고 있었으며, 장외용수 중 하천유지용수가 40.1%로 거의 대부분을 차지하였다. 반면 대전하수종말처리장에서는 장내용수로써 99.9%를 사용하고 있으며, 세척수가 53.5% 그리고 냉각용수로 38.2%를 사용하고 있다. 이후 2008년에는 장내용수의 사용이 많아졌으며, 특히 세척수는 155,727천톤/일로 가장 많이 증가하였음을 알 수 있으며, 장외용수에서는 농업용수가 60,840천톤/일로 많이 증가하였다.6)

<표 2-20> 전국 용도별 하수처리수 재이용 현황

구분	계	장내용수							장외용수					
		소계	세척수	냉각용수	청소수	희석용수	식수대살수	기타	소계	하천유지용수	농업용수	공업용수	기타	
2008	재이용량 (천톤/년)	712,019	401,541	155,727	61,066	37,936	8,896	4,357	133,559	310,478	215,537	60,840	15,045	21,056
	비율(%)	100.0	56.3	21.9	8.6	5.3	1.3	0.6	18.8	43.6	29.9	8.5	2.1	3.0
2007	재이용량 (천톤/년)	641,914	371,980	151,712	54,568	32,614	9,131	1,453	119,502	269,934	193,623	40,383	9,899	26,029
	비율(%)	100.0	57.9	23.6	8.5	5.1	1.4	0.7	18.6	42.1	30.2	6.3	1.5	4.1
2006	재이용량 (천톤/년)	490,866	244,880	115,230	32,566	18,642	8,139	1,000	69,303	245,986	196,816	29,347	6,919	12,904
	비율(%)	100.0	49.9	23.5	6.6	3.8	1.7	0.2	14.1	50.1	40.1	6.0	1.4	2.6

하수처리수 재이용은 국내에서 처음으로 부천시에서 굴포천 하수처리장이 방류수 재처리시설사업이 시범사업으로 추진되었다. 이 시범사업에서는 “시민의 강” 등을 상동신도시내의 하천 복원을 위한 삭막한 도심의 건물사이로 맑은 물이 흐르게 하여 재이용수 이용에 대한 불안과 의혹을 불식시키고 가시적으로 보여줄 수 있도록 다목적으로 조성하였다.

또한 국내에서 재이용율이 높은 충청도의 태안하수처리장은 농업용수로 하수처

6) 08년도 공공하수처리시설 운영관리 실태분석 결과, 환경부, 2009

리량의 약 22%를 이용하고 있으며, 약 56%를 하천유지용수로 이용하고 있다.

대구의 신천하수처리장은 물이 흐르지 않는 대표적 도심하천인 신천의 하천을 청정하천으로 만들고 자연 수변공간으로 만들기 위하여 수량을 공급하는 수단으로 신천 하수처리장의 방류수를 공급하고 있다.

1) 부천시 굴포천 하수처리장

(1) 추진배경

부천시 하수처리수 재이용 사업은 수량의 안정적 확보가 가능한 하수처리수를 재처리하는 시스템을 갖추어 상수도를 대체할 수 있는 산업용수, 화장실 세척, 조경, 도로청소 및 살수용수 등으로 수자원의 다양화를 통한 물 부족에 대응하고자 하였다.



<그림 2-2> 굴포 하수처리장 재이용시설 조감도

(2) 일반현황

굴포천 하수처리장의 재이용수 공급은 주변 산업단지와 공장지역, 택지지역에 공급하는 것을 계획하고 있다. 설계 재이용 공급량은 45,000톤/일 이지만, 실제 공급량은 25,000톤/일로 “시민의 강”에 주로 재이용수를 공급하고 있으며 인근 주변 공장지역의 15업체와 공급 계약하여 약 879톤/일을 공급하고 있다.

<표 2-21> 굴포하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황

유량현황 (m ³ /일)	구분	하수처리시설 유입량	재이용공급량	재이용률(%)
	설계	900,000	45,000	5.0
	운영	783,218	25,000	3.2
하수처리공법		표준활성오니법(1단계) / 4stage-BNR(2단계) + 소독		
하수재이용 사업내용		<input type="checkbox"/> 재처리시설: 입상황생물막여과(SBF)공법 <input type="checkbox"/> 공급관로(km): 8.7km - 관경: 700/600mm, - 전압정: 55m <input type="checkbox"/> 펌프시설: 수중모터펌프 5대, 용량: 9.03m ³ /min, 동력 150kw <input type="checkbox"/> 기타시설: 유입펌프4대, 자외선 소독시설 등		
재이용사업비 (백만원)		<input type="checkbox"/> 총사업비: 20,809 <input type="checkbox"/> 국고: 10,641 <input type="checkbox"/> 지방비: 10,168 (설계비: 687, 공사비: 19,660, 감리비: 462 -, 기타:)		
재이용사업기간		착공일(2002.12), 준공일(2004.07), 가동일(2004.07)		
재이용 운영기관		<input type="checkbox"/> 운영: 직영, 공기업(), 민간위탁(○)		

(3) 재이용시설 수질현황**<표 2-22> 굴포하수처리장 재이용시설 수질현황**

구분		pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	색도	DO	ABS	MPN	
처리 장	유입 수질	설계	-	17	14	17	2	-	-	-	-	
		운영	6.6	6.2	9.3	4.6	7.065	0.612	42	3.84	-	1,414
	처리 수질	설계	5.8-8.5	6	10	5	10(15)	1	20	5이상	-	없음
		운영	6.6	0.9	6.5	0.8	3.173	0.186	22	7.94	-	없음
재이용수질권고기준		5.8-8.5	10	-	-	10(60)	1(8)	20	2이상	1	1,000	
재이용수공급수질		6.6	0.9	6.5	0.8	3.173	0.186	18	7.94	0.1	없음	
공급하천 수질	상류	-	1.2	6.5	1.2	3.404	0.174	-	-	-	<30	
	하류	-	1.2	6.6	2.7	3.101	0.184	-	-	-	<30	

(4) 재이용시설 고려사항 및 기대효과

- 재이용수는 산업용수 및 생활용수 등 기타 잡용수로 공급되기 위한 시설로 최초 수처리 공법선정 및 공급계획이 중요하다고 판단됨
- 재이용시설의 수처리 공법 선정을 위해 입상황생물막여과(SBF)공법으로 처리하고 있으나, 황 및 석회석 투입으로 인한 기계장치내 스케일 발생 등의 문제가 있어 일부 기업에서 냉각수 및 기타 공정수로 사용하는데 적정하지 않음
- 시민의 강 재이용수 공급 : 24,000톤/일 공급
: 재이용수 홍보로 재이용수에 대한 인식개선 및 추후 재이용수 사업 홍보효과
- 산업용수 및 생활용수 등 공급 : 1,000톤/일 공급
: 대규모 물 수요처 확대 및 깨끗한 물을 저렴하게 공급하여 지역경제 활성화

(5) 처리유출수 수요처 현황**<표 2-23> 재이용수 공급계약 현황**

업체명	공급계약유량 (m ³ /일)	공급단가 (원/m ³)	용도	비고
계15	879			
선일기업(주)	165	230	청소 및 공정용수	
부국레미콘	100	230	"	
성신양회(주)	53	230	"	
유진기업(주)	86	230	"	
쌍용양회(주)	13	230	"	
영진화학(주)	53	230	청소용수 및 공정수	
유니온화성(주)	6	230	"	
경직염직공업 (주)인우염직	-	230	"	
우광개발	71	230	비산먼지 제거	
삼삼건설	88	320	도로살수 및 잡용수	
아인스월드	75	320	연못·화장실·조경	
환경위생과	21	130	도로살수	
폐기물처리장	107	230	청소용수	
부천터미널(주)	40	320	화장실·청소용수	

3) 태안 하수처리장

태안하수처리장은 재이용량이 연간 총 3,732천톤으로 이중 22%인 약 829천톤/년은 농업용수로 이용하고 있으며, 56%인 약 2,100천톤/년은 하천 유지용수로 이용하고 있다. 농업용수로 공급되고 남은 처리장 유출수 및 농업용수가 필요하지 않은 시기에는 수자원보존을 위해 하천으로 유출하여 하천유지용수로써 이용하고 있다. 처리장 유출수는 침전지와 여과지 등의 5단계 처리를 거치고, 최종적으로 UV살균 후 재이용되고 있다. 지하탱크 수집 하수처리수는 2.8 km 압송관을 타고 주변 농경지의 농업용수로 공급된다.

<표 2-24> 태안 하수처리장 재이용 현황

하수처리량 (천톤/일)		재이용률 (%)	하수처리수 재이용현황(천 톤/년)												
일평균	년간		계(천톤/년)	세척수	냉각수	청소수	식수대	희석용수	장내중수도	장내기타용수	장외중수도	공업용수	농업용수	하천유지용수	장외기타용수
8.1	2,940	126.9	3,732	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	800.0	-	-	-	829.0	2,100.0	0.0

자료 : 하수종말처리시설 운영결과보고서, 환경관리공단, 2007



<그림 2-3> 태안 하수처리장 농업용수 공급

4) 신천 하수처리장

신천하수처리장은 재이용수량 연간 총 34,856천톤으로 재이용율은 약 21.4%이며, 이중 87.5%인 약 27,390천톤/년은 하천유지용수로 공급하고 있다. 물이 흐르지 않는 대표적 도심하천인 신천에 유지용수를 확보하기 위하여 1997년 신천 하수처리장에서 처리한 물을 9.1 km 역류시켜 상동교에 1일 100천톤의 용수를 압송하기 시작하였다. 또한, 하수처리 유출수를 하상복류수로 대체하기 위하여 무태교 상류 급호강에 하상여과 시설을 설치하여 100천톤/일의 용수를 확보하여 기존의 관로를 통하여 상동교로 압송을 한다. 또한, 하류로 흐르면서 보에 의한 정체 수질악화를 방지하고자 분수 기능을 갖춘 수중 폭기시설을 설치하였다.

(1) 추진배경

건천화된 도심하천의 용수량 확보, 도심 하천의 수생태계 회복 및 친수공간 조성 및 물순환의 건전성 확보 및 수질개선

(2) 일반현황

<표 2-25> 신천하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황

유량현황 (m ³ /일)	구분	하수처리장 유입량	재이용공급량	재이용률(%)
		설계	680,000	100,000
운영		466,963	75,334	16.1
하수처리공법		고도처리(혐기/무산소/호기가변공법+모래여과)		
하수재이용 사업내용		<input type="checkbox"/> 재처리시설: 모래여과 <input type="checkbox"/> 공급관로(km):9.1 -관경: 900mm, - 전양정: 80m <input type="checkbox"/> 펌프시설: 양흡입 볼류트펌프(원심펌프) 3대(예비 1대포함) Ø400×900HP, 용량: 35m ³ /min, 동력 675kw <input type="checkbox"/> 기타시설: 흡수정(1,433m ³ , 수위유지보: 14개소)		
재이용사업비 (백만원)		<input type="checkbox"/> 총사업비: 12,100 <input type="checkbox"/> 국고: - <input type="checkbox"/> 지방비: 12,100 (설계비: 115 공사비: 11,985 감리비: - 기타: -)		
재이용사업기간		착공일('95.7.6), 중공일('97.6.12), 가동일('97.7.1)		
재이용 운영기관		<input type="checkbox"/> 운영: 직영(가압펌프장), 공기업(재처리시설), 민간위탁(-)		

(3) 재이용시설 수질현황

<표 2-26> 신천하수처리장 재이용시설 수질현황

구분		pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	색도	DO	ABS	MPN	
처리장	유입수질	설계	-	180	160	180	40	5	-	-	-	
		운영	7.2	112.7	52.2	111.8	24.424	2.895	-	-	-	141,566
	처리수질	설계	-	12.8	11	18	18.3	1.8	-	-	-	-
		운영	7.0	3.4	7.5	4.4	7.597	0.674	-	-	-	1,152
재이용수질권고기준		5.8-8.5	10이하	-	-	10이하	1이하	40이하	2이상	1.0	-	
재이용수공급수질		7.0	1.9	6.8	1.1	9.436	0.459	-	-	-	540	
공급하천수질	상류	8.4	2.1	5.5	3.4	6.431	0.403	-	11.8	-	-	
	하류	8.3	3.0	5.9	4.5	6.136	0.397	-	11.0	-	-	

(4) 재이용시설 고려사항 및 기대효과

- 최근 도심내의 하천은 특성상 수변휴양 및 친수공간 기능의 중요성이 부각됨에 따라,
- 하수처리수를 하천유지용수로 재이용시 T-N, T-P 등으로 부영양화, 냄새, 거품 등 발생에 따른 시민들의 심미적 기대수준이 미달되는 실정으로,
- 새로이 추진되는 하수처리수 재이용 사업은 하천유지용수 계획시에도 도심하천 특성을 감안 물놀이 할 수 있을 정도의 적정수질확보 고려
- 건전화 된 도심하천의 용수량 확보(총담수량 : 35만톤)
- 도심 하천의 수생태계 회복 및 친수공간 조성
 - : 수달, 어류, 조류등 20여 종 이상 서식
 - : 분수, 체육시설, 조경지 및 꽃길 조성등 : L=17 km
- 물 순환의 건전성 확보 및 수질개선 : 1995년(BOD : 7.1) → 2006년(BOD : 3.0)

<표 2-27> 신천 하수처리장 재이용 현황

하수처리량 (천톤/일)		재이용률 (%)	하수처리수 재이용현황(천 톤/년)												
일평균	년간		계 (천 톤/년)	세척수	냉각수	청소수	식수대	희석용수	장내중수도	장내기타용수	장외중수도	공용수	농업수	하천유수	장외기타용수
447	163,143	21.4	34,856.0	2,404.0	443	4,570	0.0	0.0	0.0	49.0	0.0	0.0	0.0	27,390	0.0

자료 : 하수종말처리시설 운영결과보고서, 환경관리공단, 2007



<그림 2-4> 수질개선을 위한 수중폭기

5) 인천시 가좌 하수처리장

(1) 추진배경

- 국가 자원 재활용 정책에 적극 부응하여 폐자원으로 인식되어 온 하수처리수를 인근 물 대량 사용업체에 무상으로 공급함으로써
- 수자원 재이용을 통한 관내 기업체의 생산원가 절감, 기업경쟁력 강화 및 물 절약 실천에 기여함

(2) 일반현황

<표 2-28> 가좌하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황

유량현황 (m ³ /일)	구분	공공하수처리시설 유입량	재이용공급량	재이용률(%)
		설계	90,000	16,000
	운영	63,719	16,000	25
하수처리공법		고도처리(4-Stage BNR공법)+소독		
하수재이용 사업내용		<input type="checkbox"/> 재처리시설: 마이크로필터, 역삼투막(R/O공법) <input type="checkbox"/> 공급관로(km): (주)현대제철(1.5km), 관경500mm, 관종: PE <input type="checkbox"/> 펌프시설: 현대제철(공급펌프(수중펌프) 3대 390m ³ /min <input type="checkbox"/> 기타시설: 흡수정(압송관로)		
재이용사업비 (백만원)		<input type="checkbox"/> 총사업비: <input type="checkbox"/> 국고: <input type="checkbox"/> 지방비: (설계비: 공사비: 감리비: 기타:)		
재이용사업기간		착공일(), 중공일(), 가동일()		
재이용운영기관		<input type="checkbox"/> 운영: 직영(), 민간위탁() 기타(현대제철 자체운영)		

(3) 수질현황

<표 2-29> 가좌하수처리장 재이용시설 수질현황

구분		pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	색도	DO	ABS	MPN
처리 장	유입 수질	설계		140	130	140	40	5		-	
		운영	7.4	167.2	100.4	79.4	33.028	3.529		-	135,223
	처리 수질	설계		17	22	18	16	2		-	
		운영	7.1	5.7	9.8	5.5	18.044	1.624			1,638
재이용수질권고기준		수질환경법 제 22조 준용									
재이용수공급수질		7.1	0.1		0.2						불검출
공급하천 수질	상류										
	하류										

(4) 재이용시설 수요처

<표 2-30> 가좌하수처리장 재이용시설 수요처

업체명	공급계약유량 (m ³ /일)	공급단가 (원/m ³)	용도	비고
(주)현대제철	16,000	무상	냉각용수	
(주)임광토건	860	무상	조경용수	

※ 기타 공정용수, 기기세척수, 연못·습지용수, 화장실 변기 세척용 등으로 수요가 계획중임

6) 강진군 강진하수처리장

(1) 추진배경

- 하수처리장에서 처리된 후 방류되는 하수처리수는 수질이 매우 양호함에도 불구하고 아무런 의미 없이 인근 공공수역으로 방류되는 있는 실정임
- 하수처리수를 인근 농수로에 연결하여 안정적인 농업용수 공급으로 오랜 주민 숙원사업을 해결하고 하수처리수에 대한 부정적 이미지를 개선

(2) 일반현황

<표 2-31> 강진하수처리장 처리유출수 재이용 일반 현황

유량현황 (m ³ /일)	구분	하수처리장 유입량	재이용공급량	재이용률(%)
		설계	8,000	5,000
	운영	5,000	3,000	60
하수처리공법		SBR공법		
하수재이용 사업내용		<input type="checkbox"/> 재처리시설: 모래여과기 <input type="checkbox"/> 공급관로(km): 2.0 - 관경: 250mm, - 관종: HI-3P, - 전양정: 28m <input type="checkbox"/> 펌프시설: 여과수 공급펌프(수중모터펌프) 2대 용량: 4.2m ³ /min, 동력 22.5kw <input type="checkbox"/> 기타시설: 저류조		
재이용사업비 (백만원)		<input type="checkbox"/> 총사업비: 1200 <input type="checkbox"/> 국고: 883 <input type="checkbox"/> 지방비: 317 (설계비: 30, 공사비: 1,166 감리비: - 기타: 4)		
재이용사업기간		착공일(2006.5), 중공일(2007.6.7), 가동일(2007.4.16)		
재이용운영기관		<input type="checkbox"/> 운영: 직영(○), 공기업(), 민간위탁()		

(3) 수질현황

<표 2-32> 강진하수처리장 재이용시설 수질현황

구분		pH	BOD	COD	SS	T-N	T-P	색도	DO	ABS	MPN
처리 장	유입 수질	설계									
		운영									
	처리 수질	설계									
		운영									
재이용수질권고기준		6.0-8.5	8이하						2이상	0.5이하	200이하
재이용수공급수질		6.7	1.5						6.9	0.05	<30
공급하천 수질	상류										
	하류										

(4) 고려사항 및 기대효과

- 하수처리수(농업용수)에 대한 부정적인 이미지를 개선하고자 수질검사(매일, 매주, 매월)를 실시하여 결과를 주민들에 공표하여 하수처리수 수질민원 제기 해소
- 생.화학적으로 안전한 방류수 이용 극대화
- 농업용수로의 재이용으로 물 수요 부족을 해소
- 하수처리수에 대한 부정적 이미지 개선

3. 국외 하수처리수 재활용

미국, 일본을 비롯한 주요 지역의 하수처리수 재이용율은 다음과 같다.

<표 2-33> 각국의 하수처리수 재이용 현황

구분	일본	미국 Florida	미국 California	싱가포르	호주	이스라엘	쿠웨이트
재이용율 (이용량)	1.4% (54만톤/일)	52% (220만톤/일)	10% (170만톤/일)	6.7% (9.1만톤/일)	12%	10%	15%

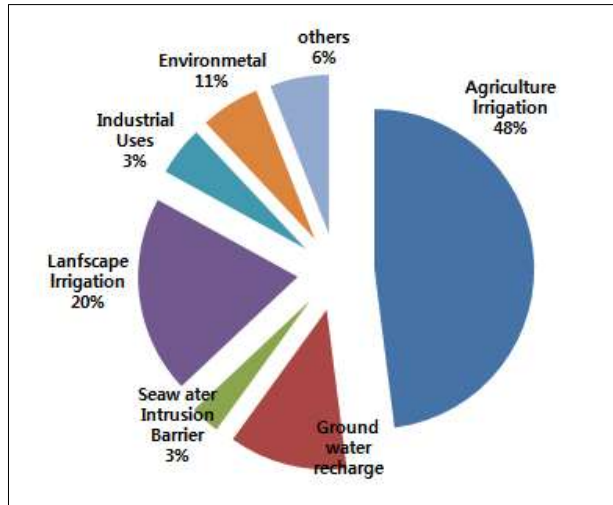
1) 미국

미국의 하수처리장에서의 처리수 재이용은 수자원의 보호, 용수의 효과적인 이용 및 새로운 용수원 확보를 위한 폐수의 토사처리와 처분과 관련이 있다. 19세기 하수도 관망시스템이 계획된 이래, 도시하수는 농경지에서 사용되어 왔는데, 당시 농경지는 주로 폐기물의 처분지로 여겨졌다. 미국에서 최초로 재이용을 적용한 곳은 1926년 애리조나 주에 있는 Grand Canyon 국립공원으로, 공원에서 발생하는 오수를 처리하여 화장실 세척용수, 공원 내 살수용수, 냉각용수로 사용하였다.

플로리다는 하수재이용이 수자원관리와 환경관리의 주된 영역으로 자리잡고 있으며 미국의 주들 중 가장 앞서가고 있다. 1986년 약 140만톤/일에서 2001년도에는 약 440만톤/일로 증가하였고 전체 하수처리량의 약 52%를 재이용하고 있다. 2001년도의 재이용현황을 보면 12만 가구에서 농업관개용수로, 405개 공원, 419개 골프장, 188개의 학교에서 관개용수로 하수처리수를 이용하고 있다. 1인당 하수재이용량이 273 L/일로 일반화되어 있지만 지역간의 하수재이용현황에는 차이가 있다. 하위 12개 County의 재이용은 평균 1인당 약 23 L/일에 그치고 있다.

캘리포니아는 하수재이용 용도가 매우 다양하다. 농업용수는 가공하지 않고 바로 섭취하는 상추나 샐러리 같은 농작물을 포함하여 다수의 농작물이 하수처리수를 이용하여 재배되고, 가축의 사료인 목장의 목초도 관개용수로 이용하고 있다. 잔디

밭, 골프장, 공원, 학교운동장 등의 조경관개용수, 발전소 냉각수, 정유공장의 보일러 보충수, 신문용지 재생처리 공정수, 빌딩의 화장실 세척수로 이용되고 있다. 2000년에는 234개 하수처리장에서 4,800개소에서 약 135만톤/일을 공급하여 재이용 하였으며 2002년에는 150~200만톤/일을 재이용하고 있다.



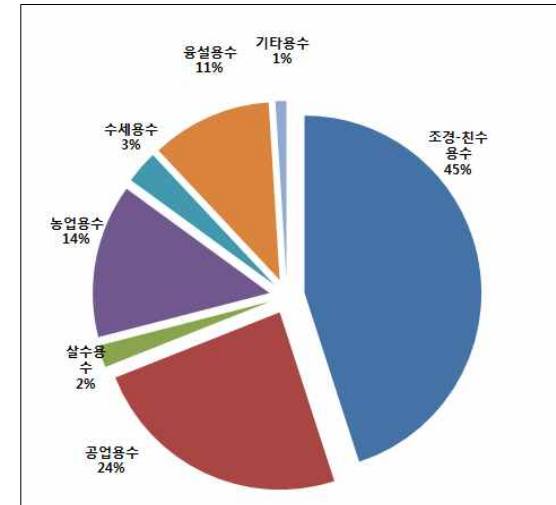
<그림 2-5> 미국 캘리포니아의 하수처리수 재이용 비율

2) 일본

일본의 경우 1979년에 복강시에서 수처리수 재이용 시범사업이 실시되었으며, 주로 도시 업무용 화장실 세척용수로 사용하였다. 1980년 12개의 공공기관에 400톤/일의 하수처리수를 공급하였으며, 이후 물의 안정공급 및 하수처리수의 이용확대를 위해서 공급대상을 민간 대형건축물 및 공동주택의 일부에 확대하여 공급하였다.

7) 중수도 활성화를 위한 제도개선 T/F팀 구성 운영보고서, 환경부, 2004

현재 일본의 하수처리장 밖에서 재이용되는 하수처리수의 총량은 약 480,000톤/일이다. 이는 전체 하수처리량 31,080,000톤/일의 약 1.5%에 해당하는 수량이다. 하수처리장 외부로 공급하고 있는 하수처리장 수는 162개소로 전체 1,221개소의 13%에 해당한다. 일일 최대 재이용수량의 비율은 3.9%이며 주된 용도는 연못, 수로, 냉각, 희석, 농업, 용설 등이다. 공원이니 정원 등의 연못, 수로의 조경-친수용수로 45%, 상업장 공급 용수인 공업용수로 24%, 농업용수 14%, 용설용수 11%의 순으로 하수처리수를 재이용 하고 있다. 하수처리수를 재이용하기 위하여 2차처리수를 그대로 사용하는 경우가 44%, 부가처리 없이 급속여과만을 하는 경우가 34%에 달하며 추가 공법으로 오존처리를 하는 경우는 14%이고, 기타(활성탄, 응집여과, 생물막여과, 역삼투처리)가 8%이다. 오존처리는 대부분 단독처리기보다 다른 처리법과 조합하여 수질의 향상을 도모하고 있다.



<그림 2-6> 일본 하수처리수 재이용 비율

3) 호주

호주는 최근 하수처리장 및 빗물 등을 이용하여 화장실 세척수, 정원수, 공원관개 등의 비음용수로 사용하고 있다. 처리수의 재이용 프로그램의 유효성은 공동체 선호도와 비용, 잠재적 영향, 그리고 지역의 환경에 따라 결정하고 있다.

호주 시드니 올림픽공원 하수처리시설의 경우 해안가에 위치하여 하수처리수에 다량의 염분이 포함되어 있으나, 빗물을 이용하여 하수처리수와 빗물을 같이 방류하여 염분의 농도를 감소시켜 재이용수의 수질을 높이고 재이용이 가능한 수량을 증대시키고 있다4). 재이용수의 수요 증대를 위하여 인근 주거 및 상업단지를 설계하면서부터, 식용, 요리 및 목욕수를 제외하고는 재이용수를 이용하도록 인프라를 구축하여, 생산된 재이용수 가능한 물이 적절히 활용되도록 하고 있다. 또한 하수 슬러지에 티타늄을 이용하여 응집한 후 소각을 통하여 광촉매 생산을 통하여 판매함으로써 생산원가를 절감할 수 있는 연구를 진행하고 있다.

대형 하수처리장수의 재이용 외에도 재이용수의 수요에 초점을 맞추어 소규모로 하수처리장을 지어 재이용수의 수질 요구량에 따른 설계를 통하여 재이용을 극대화 시키는 Decentralized Wastewater Treatment Plant(DWTP)를 운영하는 것으로 조사되었다. DWTP의 경우 하수를 처리를 목적으로 하수처리장을 설계하는 것이 아니라, 재이용에 초점을 맞추어 설계하기 때문에, 필요 수량, 필요 수질을 재이용수 수요에 맞추어 최적화된 공정을 만들 수 있다는 장점과, 효율적인 시설투자를 할 수 있는 장점이 있는 것으로 판단된다.

제3절 대전하수처리장 현황

1. 대전하수종말처리장 현황

1) 시설 개요

<표 2-34> 대전하수종말처리장 시설개요

위치		대전광역시 유성구 원촌동 23					
구분	계	최 초	1차증설	2차증설	3차증설	4차증설	
설 치 근 거		하수도법	좌동	좌동	좌동		
설치 인가일		83.8	90.9	93.11	95.11		
시설용량(천톤/일)	900	150	150	300	300		
처 리 방 법		활성오니법	활성오니법	활성오니법	활성오니법		
가동(예정)일		90.1.1	94.8.1	98.1.1	01.1.1		
준공(예정)일		89.12.31	94.7.30	97.12.31	00.12.31		
시운전완료(예정)일		89.12.31	94.7.30	97.12.31	00.12.31		
사 업 기 간		83.9~89.12	90.12~94.7	93.12~97.12	96.6~00.12		
사업비 (백만원)	계	297,385	32,255	43,300	106,350	115,480	
	국비	13,275			4,500	8,775	
	지방비	284,110	32,255	43,300	101,850	106,705	
처리장부지면적(m ²)	404,334	90,217	49,772	182,000	82,345		
배구구역면적(ha)			7,639	9,210	9,956		
처리구역면적(ha)		2,215	4,723	8,140	8,870		
계획처리인구(인)		312,600	756,000	1,372,300	1,523,000		
처리구역(행정동명)							
처리구역내인구(인)		2005.12.31기준 처리구역내 총거주인구			1,462,535		
비상발전기시설 용량(V.Kw)	3.3KV 1200Kw1대 3.3KV 480Kw1대,3.3KV 550Kw2대			한전수전방식(회선수)	2회선		
방류수역	갑천→ 금강→ 서해						
운영·관리위탁	업체명	시설관리공단					
	위탁범위	하수처리장 / 중계펌프장 / 차집관로					

2. 처리유출수 현황

대전하수종말처리장의 현재 수질기준은 BOD 10.0 mg/L로 현재의 법정기준을 준수하고 있으나, 2010년도까지 준수하여야 하는 수질오염총량제 계획수질 6.0 mg/L 및 2012년 이후 4대강살리기 사업과 관련한 배출수질 5.0 mg/L를 만족하기 위해서는 보다 엄격한 시설의 운영이 필요한 상황이다.

특히 2009년 연평균 배출수질이 5.1 mg/L임에 불구하고, 수질오염총량제에서는 항상 6.0 mg/L를 준수하여야 함에도 불구하고 6.0 mg/L를 초과한 일수가 144일이 되어 계절에 상관없이 배출수질을 준수할 수 있는 시설의 추가가 필요하다고 판단된다. 또한, 재이용을 위한 중요 인자 중에 일반세균 및 대장균군에 대한 데이터 확보가 되지 않아 이에 대한 모니터링 및 처리에 있어서 소독의 추가가 필요한 실정이다.

<표 2-35> 대전하수종말처리장 방류수질

구분	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	DD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	비고
계획	6.0	15.0	6.0	15.0	2.0	
운영현황	2008년	5.9	10.4	3.9	13.0	0.9
	2009년	5.1	9.9	3.5	11.4	0.8
법정기준	현재	10.0	40.0	10.0	20.0	2.0
	2012년 이후	5.0	20.0	10.0	20.0	0.3

3. 재이용 현황

대전시 하수처리수 재이용은 대부분 장내용수에 한정되어 있으며, 특히 세척수 및 냉각용수가 주를 이루고 있다.

<표 2-36> 대전하수종말처리장 용도별 하수처리수 재이용 현황

구분	계	장내용수							장외용수				
		소계	세척수	냉각용수	청소수	희석용수	식수대살수	기타	소계	하천유지용수	농업용수	공업용수	기타
재이용량 (천톤/년)	4,088	4,087	2,190	1,560	132	0.0	30	175	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0
비율(%)	100.0	99.9	53.5	38.2	3.2	0.0	0.7	4.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1

자료 ; 하수종말처리시설 운영결과보고서, 환경관리공단, 2007

제 3 장

처리장배출수 재활용사례 및 조건 검토

제1절 중수도

제2절 농업용수

제3절 하천유지용수

제4절 재이용 처리시스템 평가

제5절 재이용의 문제점

제3장 처리장배출수 활용사례 및 조건 검토

제1절 중수도 - Reuse, Reclamation

일반적으로 도시의 경우는 물의 용도를 생활용수, 업무용수, 산업용수, 도시기능용수 등으로 나눌 수 있다. 이것을 다시 세분화하면 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 목용용수, 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 처리 정도나 처리공정의 선택에 결정적인 요인으로 작용하므로 여러 가지 영향인자를 고려하여 선정하여야 한다. 미국에서는 개별적인 빌딩에서의 중수도보다는 하수처리수를 재이용하는 경우가 대부분이다.

이에, 하수처리수를 재이용하는데 있어 적정수질을 유지하기 위한 추가적인 처리 기술 및 적용사례를 다음에서와 같이 나타내었다.

1) 반도체 산업의 중수도시설과 재이용에 관한 연구

(1) 제목

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

(2) 대상지 (년도)

타이완 (2001)

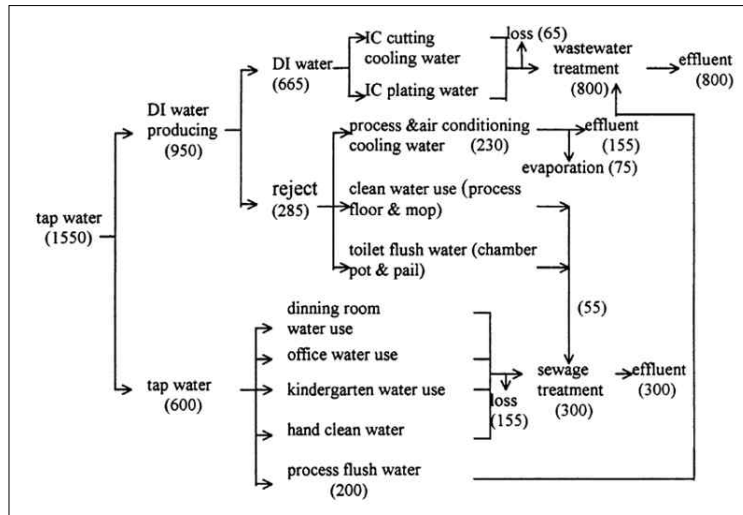
(3) 목적

반도체 공장의 냉각수(cooling water)로 반류수를 재사용할 때의 실효성(효과성)을 평가하기 위한 것이다.

(4) 주요내용

공장에서 사용된 물의 사용처를 분류하기 위하여 냉각수, 수돗물, 반류수의 수질을 평가하였다. 반도체공장에서는 crystal chips의 직접회로를 씻는 초순수가 필요하다. 탈염수 공급방식의 원수로 수돗물을 사용할 때 RO를 거쳐 나온 반류수는 거의 폐기된다.

만약, 물 재순환을 하기 위하여 반도체 공장에서 냉각수의 사용처로 RO 반류수를 적용한다면 많은 양의 폐기물을 절약할 것이다. 특히, RO 반류수는 일부의 일상 수돗물을 대체할 수 있어서 활용빈도가 높다. 이와 같이, 공장의 물순환에 따라 물의 재사용계획을 구성한다면 많은 수자원 절약이 있을 것으로 기대된다.



<그림 3-1> Mass balance of water quantities used in the whole plant.

2) 지중해의 오수 재이용을 위한 MEDAWARE 프로젝트

(1) 제목

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

(2) 대상지 (년도)

키프로스 (2007)

(3) 목적

MEDAWARE 프로젝트(EU의 Europe Aid에 의해 기부되는 프로젝트)는 지속할 수 있는 도시오수처리와 효과적인 기술과 안전한 실험의 장려를 통한 농업 생산에서 재이용의 명백한 문제처리를 목적으로 한다.

(4) 주요내용

- ① 농업에서 오수재사용은 중동과 남아프리카 전체에서 공통적으로 오수의 관개를 위해서 처리, 저장, 운반 그리고 재분배를 위해 특별히 설계된 프로젝트로 계획될 수 있다.
- ② 계획된 재사용의 예는 키프로스, 이스라엘, 튀니지 등에서 발견할 수 있다.
- ③ 오수처리공정이 운영되지 않는 관개수로써 부적당하지만 깨끗한 물을 사용할 다른 원천이 없다면, 오수처리수를 사용하여야 한다.
- ④ MEDAWARE 프로젝트는 오수처리와 재이용에 관련하여 물을 사용할 수 있도록 변화시켜 준다.
- ⑤ 사업의 긍정적 효과는 마을에서 오수의 적절한 관리와 관개를 위함 뿐만 아니라 재충전을 위한 물의 증가된 가능성과 관련된 대중 건강 위험완화를 포함한다.
- ⑥ 또한 이 예는 처리공정이 잘 계획되고 적절하게 운영된다면 적절한 처리가 작은 사회에서 유용한 질 좋은 폐수의 생산을 가능하게 하는 것을 보여준다.
- ⑦ 중동과 북아프리카 지역에서 존재하는 지식, 오수수집의 최대, 존재하는 오수수집의 업그레이드, 영향종을 위한 적절한 기준설립 그리고 방출하는 오수의 질, 건강안전 문제에 대한 농부들의 교육과 priority pollutants xenobiotic의 제거와 증명 등 더 많은 노력이 필요로 된다.

3) 바르셀로나 남부 오수처리계획의 물 재이용에 관한 연구

(1) 제목

Water reuse of south Barcelona's wastewater reclamation plant

(2) 대상지 (년도)

바르셀로나, 스페인 (2007)

(3) 목적

모든 재이용 목적들로 요구되는 질 좋은 물을 얻기 위한 처리는 존재하는 영양소를 제거하는 생물학적 처리로 바꾸는 것이 필요하다. 그리하여 재이용을 위한 고도처리시설의 적용을 알아보고자 하였다.

(4) 주요내용

이 프로젝트는 지중해 연안에서 가장 중요한 물의 재이용 프로젝트로 바닷물 침입에 맞선 장벽이 스페인에서 건설되었다는 것은 처음이다. 이러한 연구는 바닷물의 침범을 막고, 물의 처리와 재이용의 새로운 발전을 위해서 재이용된 물의 유사한 프로젝트 계획에 도움을 줄 것이다.

하수처리장 처리수의 재이용을 위해 MF 및 RO를 적용시켰으며, 이러한 시설 앞뒤에 응집, 여과, UV소독 등은 배출수질의 안정성을 더욱 높여 재사용가능성을 확인해 주었다.

4) 나노여과(nanofiltration)을 활용한 pickling 오수처리

(1) 제목

Pickling wastewater reclamation by means of nanofiltration

(2) 대상지 (년도)

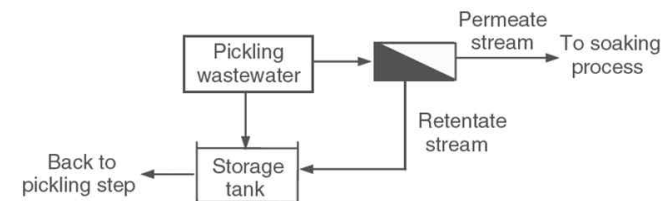
나노여과 공장 (2008)

(3) 목적

근래에 들어 물을 재사용하기 위한 많은 노력이 있어 왔으며, NF의 적용을 그중 하나의 대안이 될 수 있다.

(4) 주요내용

그것은 멤브레인 실험에 대한 유입수 pH의 영향이 연구되었다(유량과 염분 폐기물). 그 결과는 오수처리에 있어서 연속흐름 반응조는 pH에 큰 영향이 없었음을 보여주었다. 가죽제품 폐수를 처리하기 위해서는 연속흐름 반응조에서 NF막을 이용할 경우 재활용에도 문제가 없음을 보여주었다.



<그림 3-2> Proposed pickling wastewater management

제2절 농업용수 - Irrigation

하수처리수의 재이용은 수자원 보전 및 효율증대라는 측면에서 크게 관심을 끄는 대안으로, 수자원의 양적인 측면과 수계에 방류되었을 때 발생할 수 있는 오염 부하 저감측면에서도 관심을 가지게 한다. 특히, 농업용수는 우리나라 전체 용수량의 약 50%를 차지할 정도로 사용량이 많기 때문에 하수처리수는 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 영양 물질이 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 엔겔버그에서 농업 재이용수의 수질기준을 제시하였으며, 작물유형 및 방식별로 수질기준을 제시하여 1989년⁸⁾에 현재의 재이용수 수질기준을 발표하였으며, 추후 2000년⁹⁾에 보완된 수질기준을 발표하였다. 이 기준들은 농업적으로 하수처리수를 사용하는 수질기준 제정 시 기초로 할 수 있는 기준들이지만, 이는 발농사를 목적으로 하는 내용이 주를 이루고 있기 때문에 논외의 관개용수가 요구되는 우리나라에서 직접 적용하기에는 어려운 실정이다.

우리나라의 하수배출수 수질기준은 WHO 수질기준이 논농사에 적용될 경우 소독이나 여과처리 없이도 재이용할 수 있을 것으로 판단되지만, USEPA 수질기준으로는 추가적인 처리가 필요할 것으로 판단된다.

이에, 다음과 같이 농업용수를 적용하는데 있어 부가적인 처리기술 및 농작물과의 관계들을 사례를 들어 나타내었다.

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

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

1) 지방자치체의 농업 오수의 재이용을 위한 선진화된 방법. UV 살균: 기생충제거 그리고 by-Product(부산물) 형성

(1) 제목

Advanced treatment for municipal wastewater reuse in agriculture. UV disinfection: parasite removal and by-product formation

(2) 대상지 (년도)

이탈리아 (2002)

(3) 목적

본 연구는 농업용수를 위한 오수 취급 시설(공장)에서 수행한 pilot-scale (100m³/h)조사로 기생충제거, DBP형성, 그리고 UV소독에 대한 정화 및 정화+여과(F)에 대한 농업용수 적용 가능성을 알아보기 위해 수행하였다.

(4) 주요내용

재이용을 위한 농업 오수량은 이태리 미생물 허용치를 얻기 위해 필요하다 (2CFU/100ml of total coliforms). 이 연구는 람블편모충의 낭포같은 기생충과 *cryptosporidium parvum* 의 접합낭자 둘다 UV방사능과 DBPsUV에 의해 제거되었음을 보여준다.

나아가, UV살균은 viruses에 대해 효과적이라는 것, 다른 DBS의 UV promotion 을 제외한다는 것, 오수의 재오염을 예방할 수 있다는 것을 보여준다.

2) 토양과 사료작물과의 관계에서 오수 농업용수(관개)의 장기적인 영향

(1) 제목

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

(2) 대상지 (년도)

요르단 (2007)

(3) 목적

이 연구는 오수사용 기간(10년, 5년, 2년)에 따른 토양과 식물농축의 화학분석 통해 장기적인 농업용수로의 영향을 평가하기 위해, 중금속의 축적 가능성과 토양비옥도에 대해서 평가함을 목적으로 하였다.

(4) 주요내용

식물의 Cu, Zn, Fe, Mn의 농축농도는 2년 내의 오수를 농업용수로 사용함에 따라 증가했고, 10년의 기간에는 감소하는 경향을 보였다. 식물의 Pb 그리고 Cd은 오수관개와 함께 증가했고, 이는 오수관개의 기간과 비례하였다. 이 연구의 결과는 토양과 식물의 질을 파악하기 위해서는 주기적인 모니터링과 오수 관개의 적절한 관리가 성공적인 오수의 관개(irrigation)를 위해서 필수적임을 보여주고 있다.

<표 3-1> Plant micronutrient and heavy metal contents as affected by duration

Years	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Pb (mg kg ⁻¹)	Cd (mg kg ⁻¹)
10	5.16	17.4	1074.7	56.07	7.64	0.33
5	5.58	12.0	1476.1	49.63	5.71	0.29
2	8.90	32.2	1914.8	93.87	5.89	0.33
0(Control)	6.33	29.8	1503.8	74.23	4.85	0.24
LSD.05	0.66	1.34	82.32	4.49	0.31	0.01

3) 오수처리와 MBR/RO, MF/RO시스템으로의 재이용에 관한 실험연구

(1) 제목

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

(2) 대상지 (년도)

홍콩 (2007)

(3) 목적

본 연구는 MBR/RO또는 MF/RO를 추가 구성한 시스템에서의 유출수질을 평가하기 위해서 수행되었다.

(4) 주요내용

RO의 적용은 특히 미생물에 의해 처리되는 물의 질을 더 향상시켰다. 또한 MBR을 비롯한 UF 및 RO는 유기물, 질소 및 바이러스, E.coli를 제거하는 성과를 가져와 재이용을 높여 줄 수 있는 가능성을 보여주었다.

MBO/RO와 MF/RO기술을 보여주는 실험연구 결과는 재이용되는 물을 처리하기 위해서 미처리하수를 처리하는 것과 두 번째 오수에 각각 사용된다. 연구실험에서 미생물학, 화학, 포괄적인 물질로부터 테스트한 결과는 USEPA와 WHO정책에서 마시는 물의 가능성의 필요조건을 넘어섬을 보여줬다.

4) 농업용수(관개) 재이용을 위한 최대한 물의 질을 좋게 하는 오수처리를 위한 제 3의 처리의 다른 대안에 관한 연구

(1) 제목

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

(2) 대상지(년도)

스페인(2008)

(3) 목적

하수의 고도처리에 의한 적용성을 알아보기 위해서 전형적인 처리시설 및 UF(ultra filtration)를 첨가한 시설을 적용하게 되었다.

(4) 주요내용

침전(with and without chemicals addition), 전통적인 모래 여과, UV소독 그리고 UF(ultrafiltration)는 다른 대안들 안에 포함한 과정이다.

결론은 대부분의 전통적인 대안은 “침전+여과+UV”방사선으로 구성되고, 여과로는 UF(ultrafiltration)가 적용되었다. 그러나, 응고제와 응집제 비용 및 운영 농도 또한 배출 수질을 악화시킬 수 있다.

5) 토양 농작물 및 환경에 영향을 주는 처리장 배출수 : 중국 황토에서의 오수 재사용

(1) 제목

Treated wastewater irrigation effect on soil, crop and environment: Wastewater recycling in the loess area of China

(2) 대상지(년도)

중국(2006)

(3) 목적

중국 Dongzhi의 고원 토양에서 연구는 2차 오수처리 사용의 유용성 있는 테스트를 위해서, 그리고 물의 질이 권고되는 관개 기준에 충족되는지 결정하기 위해서 수행되었다.

(4) 주요내용

토양, 농작물 수확량 그리고 토양 깊이에 따른 침출수의 물리적, 화학적 특성이 측정되었다.

대부분의 경우에서 처리배출수의 사용으로 경작된 농작물의 질은 그렇지 않은 물을 사용하지 않는 것과 다르지 않다. 그러나, 전자의 수확량은 후자보다 훨씬 높았다. 다양한 토양깊이에서 침출수가 분석되었다. 그 결과는 14개월간 처리배출수를 사용하면서 토양에 영향을 주는 결과를 나타낸다고 볼 수 없었으며, 토양의 유기성분이 약간 증가한 것으로 관찰되었다.

6) 지속가능한 농업생산을 위한 고도여과 기술

(1) 제목

Membrane technology for advanced wastewater reclamation for sustainable agriculture production

(2) 대상지 (년도)

이스라엘 (2008)

(3) 목적

하수처리수를 농업용수로 장기간 이용할 경우 농업생산품에서의 건강 및 환경적 위해성을 최소화하기 위하여 보다 개선된 처리 시스템을 제시하고자 하였다.

(4) 주요내용

<표 3-2> Effluent quality, Arad, Israel, 19 April 2005

Location	Coliforms (CFU/100mL)	BOD (mgO ₂ /L)	TSS (mg/L)	Cl (mg/L)	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	N-NH ₄ (mg/L)	PO ₄ (mg/L)
*SEP	2.6×10 ⁵	121	147	348	280	21.4	56.5	37.1	55.3	27.5
UF permeate	0.4×10 ¹	6.6	1	340	250	20.6	49.6	36.2	43.9	24.1
UF brine	3.12×10 ⁵	105	325	343	290	32.0	68.8	40.3	59.4	37.5
RO permeate	0	4.8	0	65.6	43	10.4	6.6	4.4	10.8	1.8
RO brine	1.2×10. ¹	16.5	9	374	290	26.6	60.0	28.9	50.8	56.4
**SER	5.0×10 ¹	13	51	226	185	13.0	60.2	27.7	25.3	18

*SEP - secondary effluent from stabilization ponds

**SER - secondary effluent from reservoir

지속가능한 농업생산을 위해 질 높은 배출수 유지의 중요성을 보여준다. UF는 유기물을 제거하는데 RO는 염분을 제거하는데 효율적이다. 하수처리장의 2차침전지 배출수를 농업용수로 사용하기에는 장기적으로 적합하지 않을 수 있다. 이에, 한 예로써 UF 및 RO를 활용한 수질개선으로 농업용수 적용성을 할 수 있을 것으로 판단된다.

제3절 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 하천유지용량을 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 이용방안을 제시하고자 하였다.

1) 생활하수의 하천유지용수 재이용

(1) 제목

생활하수의 하천유지용수 재이용 방안 검토(한강유역을 중심으로)

(2) 대상지 (년도)

대한민국 한강 (2003)

(3) 목적

하수처리장의 방류수를 적절히 처리한 후 하천유지용수로 재이용함으로써 하수처리공법의 개선 및 개발, 과도한 처리에 따른 비용절감 노력이 필요한 상황에서, 한강유역 하수처리장 처리수를 하천유지용수로 공급하는데 적합한 이용방안을 검토하는데 목적이 있다.

(4) 주요내용

하수처리장 처리수를 하천유지용수로 재이용하기 위해서는 하천 특성에 따른 수질, 경관, 생태, 하천환경 등을 고려한 유지용수 산정기준과 방법이 고려되어야 한다.

<표 3-3> 유지용수 재이용 수질기준

구분	pH	DO (mg/L)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)	소독 및 살균
A등급	6.5-8.5	5 >	25 <	10 <	20 <	8 <	
B등급	6.5-8.5	5 >	10 <	6 <	10 <	0.5 <	
C등급	6.5-8.5	5 >	10 <	3 <	5 <	0.3 <	○

주) A등급 : 수질오염 심화 하천 등의 건천화 방지 및 하천기능 유지(2차처리수 방류수 사용)

B등급 : 오염도가 낮은 하천 등의 건천화 방지 및 하천기능 유지

C등급 : 청정하천 및 경미한 오염정도의 하천 등의 건천화 방지, 하천기능 유지

2) 하수처리수의 하천유지용수 이요

(1) 제목

하수처리수의 하천유지용수 이용에 따른 모니터링 결과

(2) 대상지 (년도)

대한민국 안양천 (2004)

(3) 목적

하수처리수의 하천 내 방류는 이론적으로 적합한 것으로 나타났으나, 실용화 이후 하천 내 영향평가에 대해서는 전무한 상태이다. 이에 안양천에 유지용수를 공급한 이후 모니터링을 통해 하수처리수가 미치는 영향에 평가를 하고 적정 수질을 제시해 보고자 한다.

(4) 주요내용

안양천은 어류상이 2001년 5종류에서 2003년에는 15종류가 발견되었고, 학의천은 2001년 6종류에서 2003년 8종류가 발견되어 생태계적인 측면에서 다소 양호해졌다고 판단할 수 있었다.

<표 3-4> 안양천의 적정수질 및 유량

구분	수질등급	공급유량 (m ³ /sec)	pH	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	DO (mg/L)	대장균군 (MPN/100mL)
천수환경 고려	I등급	0.493	6.5-8.5	0.6	35	9.8	불가능
	II등급	0.493	6.5-8.5	3.4	35	6.3	불가능
	III등급	0.493	6.5-8.5	7.5	35	6.3	55,189
생태계 고려	I등급	0.149	6.5-8.5	불가능	56	15.2	불가능
	II등급	0.149	6.5-8.5	4.2	56	9.4	불가능
	III등급	0.149	6.5-8.5	11.1	56	9.4	67,143

제4절 재이용 처리시스템 평가

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.

중수처리공정은 사용목적에 따른 처리공정을 선정하여야 하며 <표 3-5>는 제거 대상 항목과 처리방법을 나타낸 것이다.

<표 3-5> 중수도 제거대상 항목 및 처리방법

처리대상물질	처리방법	
부유성 유기물	응집침전법	
	여과법	모래여과법 마이클로스크린법
	막처리법	
생존성 유기물 (색도, 약취물질 포함)	생물학적 처리법	활성슬러지법, 접촉산화법 회전원판접촉법(RBC)
	활성탄흡착법, 막처리법	
	오존처리법	
세균, 소독	오존살균법, 자외선살균 염소살균법	

제시된 중수처리기술에서 어떤 방법을 사용할 것인지에 대한 결정은 재이용수의 목표수질을 설정한 다음 여러 관점에서 처리기술에 대한 성능을 분석·판단하는 것이다. 중수처리시스템을 결정할 때 고려하여야 하는 평가사항은 다음과 같다.

- 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. 처리시스템의 평가

어떠한 기술이든지 장단점이 있기 때문에 어느 처리기술이 우수하다고 결정하기는 어렵다. 하나의 처리방법을 사용하든지, 조합해서 사용하든지 처리방법의 선택은 위에 제시된 5개의 평가항목 중 어느 것을 우선 순위로 두는지에 따라 결정되며 또 바뀌게 된다. 처리성능의 안정성을 최우선으로 하는 경우 경제성은 그 다음이 될 것이며 그 반대로 경제성을 우선적으로 할 경우에는 안정성이 저하되게 된다. 또한 부지가 제한될 경우에는 처리기술이 자동적으로 정해지는 경우도 있다.

1998년 현재 가동 중에 있는 중수도처리시스템을 평가하기 위해 각 처리기술에 대해 기존에 연구되어 있는 문헌을 조사하여 크게 유기물 제거기술, 질소·인 제거기술, 미량성분 제거기술로 나누어 각 평가표를 작성하였다. 중수처리법으로 생물학적 처리외에 화학적처리법도 이용되고 있으나 화학적처리법에 대한 자료가 충분하지 않고 국내에 중수도처리시스템으로 대부분이 생물학적처리법을 기본처리법으로 하고 있으므로 본 중수도처리시스템평가에서는 기본적으로 생물학적처리가 된 2차처리수의 재처리에 적용될 수 있는 처리법에 대해 적합성에 대해 평가하는 것으로 하였다.

1) 유기물 제거기술

각 유기물 제거기술에 대해 처리성능, 조작성, 슬러지발생량, 운전비용, 시설부지 등 5개 항목을 비교·검토하여 나타내면 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> 유기물 제거 기술표

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

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

주로 부유성 유기물을 제거하는 방법으로, 급속모래여과법, 응집침전법, 생물막여과법(호기성여상법), 한외여과법을 들 수 있으며 이 방법들은 모두 SS와 BOD 제거 성능이 안정되어 있다.

급속모래여과법은 조작성도 뛰어나 고도처리의 가장 기본적인 프로세스이다. 어떠한 처리규모에도 적용이 가능하고 단독으로 또는 다른 프로세스와의 조합으로도 많이 사용되고 있다. 오존산화법과 활성탄 흡착법의 전처리, 응집침전법의 보완목적 등이 조합프로세스의 예이다.

응집침전법은 응집플러키 많은 양은 아니지만 유출하는 것이 있으므로(특히 플러키 형성이 불충분할 때), 급속모래여과법과 조합시킨 방법이 효과적이다. 최근에는 유기물 제거기술보다 인제거기술로서의 성향을 많이 띄고 있으며, 역침투막 분리법의 전처리로도 응용되고 있다. 완속교반과 침전공정을 생략하고 급속교반만으로 모래여과조 중에서 응집시키는 응집여과법도 있지만, 대상수질, 수량, 이용가능한 모래여과설비 등 제약이 따른다.

생물막법의 하나인 생물막여과법은 통기설비가 첨가되는 것일 뿐 시설구조는 기본적으로 급속모래여과법과 동일하다. SS의 처리성능은 급속모래여과와 비슷한 수준이며 약간이기는 하지만 용해성 유기물이 제거된다. 따라서 오존산화법과 활성탄 흡착법을 조합시킨 경우, 모래여과법에 비해 시설로의 부하가 경감되었다. 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 처리성능면에서는 가장 뛰어나다. 그러나 현재로서는 운전비용이 다른 법보다 훨씬 비싸며, 2차처리수 전량을 처리시에는 농축수처리의 문제도 있다. 따라서 2차처리수 중 일부를 이용하는 경우 등으로 한정되어야 할 것이다.

활성탄 흡착법, 오존산화법은 둘다 제거성능에 한계가 있으며, 운전비용이 약간 비싸기는 하지만 실용적인 용해성 유기물 처리방법이다. 활성탄 흡착법의 COD제거율은 처음 통수할 때는 70~100%이지만, 계속 통수하게 되면 서서히 제거율이 감소하게 된다. 감소하기는 하지만, 통수배율 1만배이상에서 20~40%의 COD제거율을 유지한다. 따라서 활성탄 흡착법은 기대 제거율에 따라 재생빈도, 신활성탄의 보급량이 다르고, 운전비용에는 영향을 미친다. 탈색, 탈취효과도 기대할 수 있다. 보통 모래여과 등의 전처리시설을 설치해 탁도성분을 제거하고 있다. 한편 오존산화법의 COD제거율은 30~40% 정도이며, 오존첨가량을 증가시켜도 제거율은 높아지지 않지만 색도와 냄새의 감소, 살균이라는 부차적인 효과가 있다. 접촉산화법은 고도처리에 적용한 보고사례가 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) 질소·인 제거기술

질소·인의 영양염류의 제거기술에 대한 평가표는 <표 4-30>에 나타내었다.

(1) 인 제거기술

2차처리수를 대상으로 물리화학적 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 혐기조와 호기조를 구분하고 혐기조에 수중교반기를 설치하는 등 약간의 개조를 하면 기존 시설에서도 충분히 사용할 수 있다. 유기물의 제거성능도 표준활성슬러지법과 비슷하다. 유입하수의 성상과 변동 등으로 인제거성능이 불안정한 경우는 응집제를 첨가하여 보완한다. 슬러지 처리공정에서 인이 재용출하여 수처리계로 반류하지 않도록 슬러지처리에 주의를 기울여야 하며 특히 슬러지를 자체 처리장에서 처리하지 않고 다른 장소로 운송하는 하수처리장에서는 슬러지 저류시에 인이 용출되지 않도록 하여야 한다.

포스트립법은 같은 생물적인 원리를 따르기는 하지만, 슬러지의 인분리조, 응집침전조등의 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.

(2) 질소 제거기술

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

물리화학적방법은 각 처리법마다 문제점이 있는 것으로 알려져 있다. 이를테면 암모니아 스트립핑법은 처리성능이 불안정한 데다가 환경에 미치는 영향도 크며 불연속점 염소처리법은 처리수 내의 질소의 대부분이 암모니아성 질소라면 가장 높은 효율의 질소제거가 가능하지만 약품비가 비싸며 선택적 이온교환법은 흡착제의 재생 등의 문제가 있다. 현재 실제로 가동중인 것은 생물학적 방법뿐이다. 생물학적 질소제거방법의 기본적인 프로세스는 순환식 질산화-탈질법(활성슬러지순환변형법)이며 산화구법, 회분식활성슬러지법, 회전원판접촉법 등이라도 운전방법을 적당히 선택하면 가능하다.

생물학적 질소제거법의 문제점중의 하나는, 질산화-탈질에 필요한 시간이 길고, 표준활성슬러지법보다 큰 시설용량과 넓은 부지가 필요하다는 것이고, 또 하나는 확정된 질산화속도, 탈질속도값이 없다는 점이다. 어느 정도의 속도로 하느냐에 따라 반응조의 크기가 달라지므로 너무 크게 하거나 너무 작아질 우려가 있다. 또 생물반응이므로 당연히 수온의 영향을 받는다. 따라서 안정되고 높은 제거율을 유지하기 위해서는 정확한 시설설계와 운전관리가 요구된다.

(3) 질소-인 동시 제거기술

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 3-7> 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	○	△	○	○

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

3) 미량성분의 제거기술

미량성분으로는 용해성염류, 탁도와 색도 등에서 나타는 성분, 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, 한외여과막보다 입경이 크다), 한외여과막(UF), 역침투막(RO)과 분리성능이 다르므로 제거물질에 맞는 막분리법을 선정하면 된다. MF와 UF는 부유물질과 세균류 제거에 효과적이며, RO는 용해성 염류도 거의 완전히 제거된다. 막분리법에서는 막이 막모듈로 콤팩트화되어 있어서 소요공간은 좁아지지만 현재로서는 처리비용이 비싼 것이 단점이다. 그러나 재이용 용도에 따라서는 특히 위생학적으로 다른 처리기술보다 우수하므로 비용절감과 막 특성에 적합한 이용방법의 개발이 시급하다. 대장균군 소독은 어떤 소독법으로도 가능하다. 염소가 생태계에 영향을 미칠 우려가 있는 경우는 자외선 조사와 오존주입으로 소독하면 된다. 또 활성슬러지의 플러같은 부유물이 처리수에 남아 있게 되면 소독효과가 떨어지게 되므로 특히 세균수를 줄이고자 한다면 응집침전 및 모래여과 등으로 부유물을 제거한 후에 소독하는 편이 좋다.

이상과 같이 중수도처리시스템에서 고려될 수 있는 각 제거대상항목별 처리방법과 처리성능에 대해 종합적으로 나타내면 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 제거대상항목과 처리성능

처리방법	수질항목 대상수	SS	탁도	색도	냄새	BO D	CO D	발포원인물질	T- P	T- N	NH 3- N	대장균 수	응해성 부기물
급속 모래여과	2차처리수	○ ○	○ △	-	-	○ △	△ X	-	-	-	-	○ X	-
활성탄 흡착법	2차처리수의 모래여과수	-	△ X	○ △	○ △	○ △	○ △	○ △	-	-	-	-	-
오존 처리법	2차처리수의 모래여과수	-	○ △	○ △	○ △	○ △	○ △	○ △	-	-	-	○	-
생물막 여과법	2차처리수	○ ○	○ △	△ X	△ X	○ △	△ △	△ X	-	-	○ △	○ ○	-
응집 침전법 ¹⁾	2차처리수	○ ○	○ ○	○ △	△ X	○ △	○ △	△ X	○ △	-	-	○ ○	-
선택적 이온교환법	2차처리수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	○ ○	-	-
생물학적 인·질소 동시제거법	2차처리수	-	-	-	-	-	-	-	○ △	○ ○	○ ○	-	-
한외 여과법	2차처리수	○	○	△	-	○ ○	○ △	○ △	-	-	-	○	-
역침투법	2차처리수 응집모래여과수	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

◎ : 제거효과가 높다(제거율 약 70%이상) ○ : 제거효과가 중간(제거율 약 50%전후)
 △ : 제거효과가 낮다(제거율 약 10~30%정도) X : 기대하지 않는 편이 좋다
 - : 제거대상이 아닌 항목, : 제거범위, ↓ : 시간경과
 주1) 모래여과후

4) 처리시스템 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 3-9>와 같다.

<표 3-9> 제거대상물질별 적용가능한 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 · 혐기호기활성슬러지법+급속모래여과
질소제거 (T-N 60~80% 제거)	· 활성슬러지순환변형법+급속모래여과 · 회분식활성슬러지법+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

<표 3-10> 제거대상 오염물질에 따라 적용이 가능한 처리방법

오염물질	용해성 물질	유기 물질	COD(TOC) : 활성탄흡착, 생물학적산화, 화학적산화, 이온교환, 역침투 계면활성제 : 활성탄흡착, 생물학적산화, 역침투 색도 : 화학적산화, 활성탄흡착, 생물학적산화
		무기 물질	유해물질 : 화학적산화, 활성탄흡착 NO ₃ ⁻ : 생물학적탈질, 이온교환, 역침투, 전기투석 NH ₄ ⁺ : 스트리핑, 생물학적산화, 화학적산화, 이온교환, 역침투, 전기투석 PO ₄ ³⁻ : 응집침전, 생물학적탈인 용해성물질 : 이온교환, 역침투, 전기투석
			무기 물질
	부유성 물질	유기 물질	COD : 응집부상-침전, 여과, 생물학적환원처리(질소, 인,탄소) 병원미생물 : 응집부상-침전, 여과, 화학적산화
		무기 물질	광물질: 응집부상-침전, 여과
		무기 물질	금속 : 화학적산화, 응집침전, 여과

<표 3-11> 우리나라의 중수도에 적용된 처리공정 현황

중수도 원수	처리공법	용도
폐수처리수, 공정폐수	· 화학침전→모래여과 · 화학침전→막처리 · 화학침전→전기투석 · 화학침전→이온교환	공정용수, 냉각수, 확장실세정수, 세차용수
오수처리수	· 모래여과→활성탄 · 활성슬러지→모래여과→활성탄 · 화학침전→모래여과→활성탄 · 화학응집→활성탄 · 화학침전→모래여과→막처리 · 가압부상→활성탄	확장실세정수, 청소용수, 조경용수, 공정용수
생활오수	· 미생물첨가법→회전원판접촉법→모래여과→활성탄 · 탈인·탈질소처리→오존산화→모래여과→활성탄 · 막처리→활성탄 · 미생물첨가법→화학응집→모래여과→활성탄 · 활성슬러지→막처리	확장실세정수, 제설용수, 조경용수, 청소용수, 살수용수
세면수, 목욕수, 청소수	· 단계(분주)포기법→모래여과→활성탄 · 회전원판접촉법→화학침전→모래여과→활성탄 · 활성슬러지→막처리 · 화학침전→오존산화→단층여과 · 응집침전→모래여과→활성탄 · 접촉산화→모래여과→활성탄 · 오존산화→화학침전→모래여과→활성탄	청소용수, 조경용수, 확장실세정수, 냉각수

제5절 재이용의 문제점

1. 하수처리장 배출수 관련 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

인천시의 주요 하수처리장별 재이용율은 16.6%~1.5%로 차이가 크게 나타났으며, 가좌 하수처리장을 제외하고는 장내재이용이 주를 이루었으며, 효과적인 하수처리수의 재이용을 위해서는 적절한 수요처를 확보할 필요가 있다.¹⁰⁾

<표 3-12> 하수처리장별 장내·외 재이용현황 (인천시)

하수처리장		장내 재이용	장의 재이용
가좌 하수처리장	천톤/년	11,144	5,813
	%	65.72	34.28
승기 하수처리장	천톤/년	1172.8	4.3
	%	99.63	0.37
공촌 하수처리장	천톤/년	218	243
	%	47.29	52.71
운북 하수처리장	천톤/년	112	0
	%	100	0
강화 하수처리장	천톤/년	32.16	80.62
	%	28.52	71.48
만수 하수처리장	천톤/년	164.4	733.8
	%	18.30327	81.70
송도 하수처리장	천톤/년	154.3	3
	%	98.10	1.90

10) 인천 공공 하수처리수 재이용 증대 방안, 인천발전연구원, 2009

경제자유구역의 일부 지역을 제외하고는 주택단지에서 재이용수의 이용이 매우 낮은 편이며, 공업용수 공급에 있어서도 몇몇 업체에 개별적으로 공급하고 있는 것이 인천시의 낮은 하수재이용율의 원인 중 하나로 파악된다.

인천의 대부분 하수처리장에서 방류하고 있는 방류수의 수질은 나쁘지 않은 것으로 조사되었으나, 재이용수를 사용하고자 하는 목적에 따라 그에 적합한 수질을 만족하지 못하는 경우가 발생하고 있으므로 이에 대한 대책이 마련되어야 한다. 특히 강화와 만수 하수처리장을 제외하고는 하수처리수가 BOD, COD, TN 등 일부 항목에 하천유지용수 권고수질을 초과하고 있으므로 재처리시설의 설치가 필요하며 하천 부영양화에 대한 검토가 필요한 것으로 판단된다.

연안 지역근처의 가좌, 학익, 송도 하수처리장에서는 염분농도 발생으로 인하여 재이용에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다. 학익 하수처리장의 경우 해안지역 매립지인데다가 주변에 해수 이용 영업점 등이 있는 처리구역의 특성상 염분농도의 영향이 있을 것으로 파악된다. 생태학습장이나 하천유지용수, 농업용수 등으로 재이용을 확대하기 위해서는 이용계획에 영향을 줄 수 있는 염분 농도 문제 해결이 필요하며, 특히 특정한 농작물을 재배할 때 이용되는 농업용수의 경우 농작물이 염분에 크게 영향을 받을 수 있기 때문에 이에 대한 대책이 필요한 것으로 판단된다. 가좌의 경우도 염분에 의한 영향으로 조경용수로 사용할 때 식물이 염분에 의해 고사하는 경우가 종종 발생하고 있어 염분에 대한 대비책이 마련되어야 할 것이다.

농업용수로 재이용을 하고 있는 강화, 만수 하수처리장의 경우, 농번기와 농한기의 재이용 수요에 대한 계절적 영향이 크기 때문에 농업용수가 필요하지 않은 농한기의 경우 별도의 이용용도 없이 방류하고 있는 것으로 조사되었다.

다음 <표 3-13>은 하수처리장별 재이용 관련 문제점 또는 저해요인을 나타내고 있다.

<표 3-13> 하수처리장별 처리수질 및 재이용관련 문제점 및 저해요인 (인천시)

하수처리장	현재 처리공법	고도처리	방류수 수질	문제점 또는 저해 요인
가좌	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
승기	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
학익	BNR공법 (Bio-SAC 조)	BNR공법	BOD 2.3 / COD 9.6, SS 5.5 / T-N 8.5, T-P 1.1 / 대장균군수 800	· 처리수질 양호 · 염분 포함
공촌	표준활성슬러지법	-	BOD 9.4 / COD 12.1, SS 6.2 / T-N 23.2, T-P 1.1 / 대장균군수 785	· TN으로 인한 부영양화 위험
운북	헴기·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
강화	산화구공법(MLE) +UV소독조	산화구공법 (MLE)	BOD 2.2 / COD 6.4, SS 4.2 / T-N 6.48, T-P 0.5 / 대장균군수 83	· 처리수질 양호
만수	생물학적처리 (Azenit-p공법)	Azenit-p공법	BOD 5.2 / COD 8.7, SS 3.7 / T-N 5.4, T-P 0.6 / 대장균군수 302	· 처리수질 양호
송도	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

※ 미국의 재이용수 수질

용도	pH	BOD	SS	탁도	대장균	잔류염소
위락용수(인체접촉 가능)	6-9	≤10mg/L		≤2NTU	불검출	≥1mg/L
조경용수(인체접촉 없음)		≤30mg/L	≤30mg/L		≤200/100mL	≥1mg/L

2. 법규, 제도 및 시책 관련 문제점

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.¹¹⁾

<표 3-14> 국내의 하수재활용 용도 비교

국외용도	국내용도	비고
농업용 관개 : 농작물관개, 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	

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 상이하야 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.

11) 물순환 이용체계 개선에 관한 연구, 한국물환경학회 · 대한상하수도학회 · 한국수도경영연구소, 2006

3. 하수처리장 처리유출수의 용도 및 제한조건

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

<표 3-15> 처리유출수의 용도 및 제한조건

구분	대표적 용도	제한조건
도시 재이용수	-주거지역 건물외부 청소 -도로세척 및 살수 -화장실 세척용수 -건물내부 비음용 세척용수	-일반적 오물, 협잡물의 청소용도로 사용하며, 다량의 사용으로 건강상 위해성이 없는 경우 -비데 등의 인체 접촉시와 건물내 비음용 세척시에는 잔류물에 의한 문제 없도록 처리
조경용수	-도시가로수 등 관개용수 -골프장, 체육시설의 관개	-주거지역 녹지에 대한 관개용수로 공급할 경우로, 식물의 생육에 위해를 주지 않는 수준
친수용수	-도시주거 친수지역 수량공급 -수변식물의 성장촉진 -하천수질 향상을 위한 보충	-친수 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 자정용량을 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

제 4 장

재활용 확대를 위한 조건

- 제1절 하수처리수의 수요처 개발
 - 제2절 배추수질 개선 및 기술공급
 - 제3절 공급체계의 구축
 - 제4절 검토사항
-

제4장 재이용 확대를 위한 조건

하수종말처리장 처리수를 재이용하는데 있어서, 최근에는 국내외적으로 재이용기술 및 적용방안에 대해서 많은 사례 및 연구가 진행중에 있다. 미국에서는 하수처리장 재이용의 목적을 수자원 보호, 용수의 효과적 이용, 새로운 수자원 확보 등을 두고 적용하고 있다. 지역별로 재이용율에 있어서는 크게 차이가 있지만, 재이용율이 높은 플로리다의 경우 하수재이용량이 273 L/일에 달하며, 캘리포니아는 농작물재배, 관개용수, 냉각수, 공업용수 등으로 다양하게 활용하여, 이를 위한 권고기준, 정책, 제도를 수립하는 등의 노력이 이루어지고 있다.

호주의 경우는 하수처리수 재이용 프로그램을 공동체 선호도와 비용, 잠재적 영향 그리고 지역 환경에 따라 적용하고 있다. 또한, 하수처리수에서 일반적으로 나타나는 문제점인 다량의 염분함유의 해결을 위해 빗물과 함께 방류하거나, 수요 증대를 위해 주거단지 및 상업단지 등의 설계단계 부터의 재이용 인프라 구축 등의 노력을 하고 있다.

이처럼 미국이나 호주 등에서는 골프장, 공원, 학교 등의 재이용 및 관개용수, 농작물재배용수 등이 일반화되어 있으며, 이의 지역적 적용이 가능하도록 지역별 가이드라인을 제시하여 재이용율을 높이고 있다.

대전시의 경우, 하수처리장 처리수의 재이용과 관련하여 용도가 다양하지 못하여 대부분 장내 재이용에 의존하고 있는 등 수요처가 명확하지 못하며, 건물 재이용 및 농업용수 활용을 수질기준 및 기술이 정립되어있지 못하고, 재이용수 공급을 위한 인프라 또한 구축되지 못한 문제점이 있다. 이에, 하수처리장 주변의 수요처 조사를 통한 재이용 용도 다양화, 재이용을 위한 인프라 구축에 힘써야 할 필요가 있다. 또한, 재이용수 요구 수질은 지금까지의 국내외 용도별 기준 및 처리기술을 최대한 고려하여 공급할 수 있도록 하여야 한다.

제1절 하수처리수의 수요 개발

전국의 하수처리장의 하수처리장 처리수의 재이용율은 2008년 기준으로 24~1.7%로 크게 차이가 나며 대전시의 경우 2.2%로 전국평균에 비하여 매우 낮은 수준을 가지고 있다. 특히 재이용은 장내재이용으로 대부분 한정되어 장외재이용율을 활성화 할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

장외 재이용율을 높이기 위하여 필요한 수요처와 재이용시 문제가 되는 사항을 개선하기 위하여 현장 조사, 관련 전문가의 자문을 실시한 결과 대전하수처리장의 재이용 증대를 위하여 다음의 내용이 제시되었다.

1) 하수처리수 이용 가능 수요처 확보

산업단지 내 냉각수와 같은 공업용수로의 이용이 수월한 상황이지만, 이외의 다른 사업장의 수요조사를 통하여 공업용수 공급수량을 증가시키려는 적극적인 대책이 필요하며 앞으로는 인근 국가 산업단지에 전반적으로 공급하는 시스템과 수요처 시설투자에 대한 지원방안이 요구된다.

2) 하수처리장 위치에 따른 재이용수 수요처 개발

대전하수종말처리장은 인근지역에 전민동 공동주택단지, 대덕특구과학단지 및 농업지역이 입지하여 있다. 공동주택단지의 경우 중수도, 근린공원, 레저시설의 조경용수 등으로의 사용이 가능할 것으로 판단된다.

3) 간접 이용수로 하천유지용수 및 농업용수 한계 극복

대전하수종말처리장은 겨울철에 건천화가 되는 하천의 유지용수로 사용이 가능할 것으로 조사되었다. 또한, 비닐하우스 단지를 비롯한 농업지역에 강수상황에 구애받지 않는 안정적인 용수의 공급이 가능하다.

제2절 배출수질 개선 및 기술공급

물재이용 활성화를 위하여 방류수 처리수준을 적용할 것인지 배출수 기준을 적용할 것인지를 문제는 아주 중요하다. 일반적으로 하수가 유입되면 고도처리를 하고 처리수를 내보내지만 재이용하기 위해서는 함유물질을 없애기 위한 재처리를 한번 더 해야 하는데 이는 용도를 감안하지 않은 막연한 것이라 할 수 있다.

용도에 의해 처리방법이나 수질기준이 달라져야 한다는 내용은 여러 해 동안 제기된 문제점이다. 물 순환과 관련된 물의 재이용을 심각하게 받아들이고, 장기적인 관점에서 하수처리부터 최종배출까지 전체적인 계획을 다시 정립하여야 할 필요가 있다.

재이용수를 위한 요구수질은 하수처리장별 처리수준을 고려하여 수요처에서 직접설비투자하여 이용하는 것이 빠른 시일내에 효과적으로 공급될 수 있을 것이나, 개인 수요자의 경우 비용적인 측면과 기술적인 측면에서 한계가 발생할 수 있다. 특히 농업용수의 경우 용수를 원하는 수요처에 따라 요구하는 수질이 다르기 때문에, 각 하수처리장에서 요구하는 수질기준으로 처리하여 공급하는 것 보다, 수요처에서 시설투자를 통하여 원하는 수질을 얻는 것이 효과적인 방법이라 판단된다. 또한, 하수처리수에 포함된 염분으로 인하여 재이용시 문제가 발생할 수도 있으므로, 호주의 시드니 올림픽공원 하수처리시설과 같이 빗물을 이용한 하수처리수 희석으로 염분의 농도를 감소시키는 방안 도입을 활용할 필요도 있다.

하천 유지용수는 하천의 수질을 저해하거나, 영양염류의 농도가 높을 경우 부영양화의 우려가 있기 때문에 이를 충분히 고려하여 적용하여야 한다. 대전하수종말처리장의 경우도 질소와 인과 같은 영양염류 농도가 높기 때문에 재이용을 위한 시설의 입지가 반드시 필요한 것으로 판단된다. 또한 재이용수 수질 이하로 영양염류가 배출되어도 기타 조건에 따라서는 하천의 부영양화 가능성이 있기 때문에 하천 내에서의 자정작용을 극대화 할 수 있는 방안의 적용이 필요하다고 판단된다.

제3절 공급체계의 구축

호주의 최근 경향은 빗물과 함께 방류하거나 수요 증대를 위한 주거단지 및 상업단지 등의 설계단계에서부터 재이용을 위한 인프라를 구축하는 것이다. 국내 현황은 관망 노후화로 인한 누수 발생 및 시설 부족 등으로 공급체계에 개선이 필요하지만 지자체의 열악한 재정 기반으로 투자가 곤란한 상황이기 때문에 현 정부에서 추진중인 녹색 뉴딜사업으로 민간 자본 투자를 통하여 노후된 공급체계 개선사업이 이루어질 전망이다. 이를 통하여 투자에 참여한 민간업체는 20년간 시설 임대료를 통해 투자비를 상환받을 전망이며, 상수관망 정비는 취, 정수장, 배수지, 간이상수도도를 포함한 인프라 투자로 이루어 질 것으로 계획되고 있다.

재이용수를 이용률을 증대시키기 위해서는 먼저 재이용수를 이용하기 위한 중수도 설비 등이 갖추어져야 하는데 대전시는 거의 대부분 지역에서 재이용수를 이용할 수 있는 인프라 구축이 되어있지 않다. 따라서 현재 신도시 개발 및 도시 재생 과정에서 중수도 시설을 포함한 물재이용시설을 갖추도록 유도할 필요가 있다.

활용시설은 여건에 따라 달라지겠지만 대체로 농업용 수로와 배출구를 연결하거나 인공저수지로 유입하는 형태를 구축할 수 있다. 농업용수 공급 하수처리장으로 알려진 태안하수처리장은 직접적으로 농업용 수로에 배출구를 연결하고, 잉여의 물을 하천수로 재이용하고 있다.

제4절 검토사항

1) 수요조사 등 사전조사

(1) 수요처 및 수요량 조사의 적정성 검토

- 하수처리장 주변 지역여건(도심, 하천, 산업단지, 농경지등)을 고려하여 처리장 인근지역에서 재이용 할 수 있는 적정 수요처 및 수요량 사전 조사
- 장래 도시개발계획, 하수도정비계획, 수도정비기본계획, 하천정비 계획, 오염총량관리계획 등 관련계획 종합검토

(2) 기존 처리시설 운영현황 검토

- 하수처리장 시설용량 및 하수처리량, 유입 및 방류수질, 하수처리 방식(공법) 등 검토

2) 계획수량 및 수질의 결정

(1) 공업용수 및 생활용수의 경우

- 계획수량
수요처의 요구량에 맞추어 계획하는 것이 원칙이나, 가까운 장래에 확정된 추가 요구량이 있을시 공급배관은 장래 요구량까지 계획하여 설치하고 기타의 시설(재처리시설 및 공급펌프 등)은 필요한 시기에 설치되도록 계획되어야 한다. 다만, 계열화 설치가 불가능할 경우에는 예외로 한다.
- 계획수질

수요처의 요구수질이 다양할 경우 원칙적으로 공급자는 공통으로 요구되는 수질에 맞추어 처리하여 공급하고 그 이상의 수질은 개별 수요처에서 재처리할 수 있도록 계획됨이 바람직하다. 다만, 공동으로 재처리설비를 설치할 경우 경제적 효과가 높고 수요처의 요구가 있을 시에는 그러하지 않을 수 있다.

(2) 하천유지용수의 경우

- 계획수량
재이용수 공급하천의 특성 및 유황분석을 통해 갈수량, 하천하상의 손실량, 증발산량을 반영하여 재이용수량을 산정하여야 하며, 공급량 계획은 하수처리수의 평소 유량을 초과할 수 없다. 또한 재이용 목적(생태계, 경관, 친수활동)을 명확히 설정 후 수면폭, 유속, 수심 등의 3요소를 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.
- 계획수질
하천의 수질을 사전에 조사하여 하수처리수 공급수질이 하수처리수의 용도별 수질권고기준(부록1 참조)을 만족하여야 하며, 특히 조류의 발생 등을 고려하여 공급수의 수질이 계획되어야 한다.

(3) 농업용수의 경우

- 계획수량
농업용수 공급하천의 특성, 유황분석 및 토지이용현황 등을 조사.분석하여 갈수량에 대한 재이용수량을 산정하는 것이 바람직하다.
- 계획수질
공급수질은 하수처리수의 농업용수 수질권고기준을 만족하여야 하며, 특히 갈수

기와 관개용수의 유량 보충시의 경우 경작자와 협의하여 재배 농작물의 생육 및 수확량에 악영향이 없도록 계획하여야 한다.

3) 재이용시설의 위치 및 규모

재이용시설의 설치 위치는 원칙적으로 공공하수처리시설 부지내에 설치함을 원칙으로 한다. 다만, 처리장 부지가 협소할 경우와 공공하수처리시설 부지내에 설치할 경우 공급관로의 길이가 길어져 시설 설치비가 증가될 경우 경제성분석을 통해 부지 외에 설치할 수 있다.

- 일반적으로 처리시설 부지내 설치시 부지매입비 및 관로연장에 따른 시설설치비를 절감할 수 있으며, 공공하수처리시설과 통합 운전시 운전경비 절감 및 운영의 효율성을 도모할 수 있다.
- 민간사업자가 공공하수처리시설 부지내 재이용시설을 설치할 경우 하수도법 제24조(점용허가) 및 지방자치단체의 하수도조례기준에 따라야 한다. 다만 공공하수도관리청장은 특별한 사유 없는 한 점용허가를 하여야 한다.
- 재이용시설의 규모는 시설설치비, 운영관리비 등의 경제성과 수처리의 효율성, 공급수의 수질 변동성 등을 종합적으로 고려하여 합리적으로 결정하여야 한다.
- 특히, 재이용시설의 감시제어실과 사무실의 설치는 공공하수처리시설 유지관리 건축물을 활용할 수 있도록 우선적으로 고려하여야 한다.

4) 오염방지 대책

- 재이용수 배관은 상·하수관망과의 오접(誤接)을 피하고 타 용도의 배관 등과 구별될 수 있도록 보라색 계통의 색상으로 표기하여야 하며, 매 30m 거리마다 별도로 “재이용수배관”이란 문구를 흑색으로 표기하여야 한다.

5) 발생폐수의 처리대책

- 재이용시설을 공공하수처리시설 부지내에 설치할 경우에는 재이용시설에서 발생하는 공정폐수는 공공하수처리시설로 반류시켜 재처리하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 공공하수처리시설의 정상운전에 지장을 초래할 수 있는 정도의 부하량(농도, 유량, C/N비 등)을 보낼 경우에는 추가적인 처리대책을 강구하여야 한다.
- 민간사업자가 재이용시설을 공공하수처리시설 부지외에 설치할 경우에는 재이용시설에서 발생하는 공정폐수는 수질및수생태계보전법에 따른 방지시설을 설치하고, 폐수배출허용기준 이하로 유지되도록 계획되어야 한다. 다만, 공공하수도관리청과 협의하여 공공하수처리시설로 연계처리되는 경우에는 그러하지 않을 수 있다.

6) 용도별 고려사항

(1) 공업 및 생활용수

- 경제성 분석, 수질총량오염부하 삭감량 등 장·단점 비교분석, 수요처와 협약 완료 후 사업시행을 하여야 하며, 단순 냉각용수일 경우 지나친 재처리시설 설치를 지양하여야 한다.
- 하수처리수 재이용사업자(지방자치단체장, 공공사업자, 민간사업자)는 수요처의 요구 수질 및 수량에 맞추어 공급함을 원칙으로 하되 불가피하게 공급하지 못하는 상황에 대비하여 기존의 용수공급라인을 비상용으로 확보할 수 있도록 계획하여야 한다.
- 이용설비에 “하수처리수 재이용수 사용”이라는 표지를 할 것.
- 생활용수의 용도는 수세식화장실용수, 살수용수, 조경용수, 세차·청소용수 등으로 사용하며, 음용 및 인체에 직접 접촉하는 경우는 제외한다.

(2) 하천유지용수

- 친수공간이 부족한 도심지역, 건전화된 하천의 유지용수가 필요한 지역에 계획되어야 하며, 자연형하천정화사업 및 주민친화공간(공원화 및 체육시설 조성) 제공시 사업의 효과가 극대화될 수 있으므로 가능한 병행 추진함이 바람직하다.
- 재이용수 공급하천에 냄새, 거품 및 조류의 발생으로 사업의 효과가 반감될 가능성에 대비하여 이에 대한 사전검토를 실시하여야 한다.

(3) 농업용수

- 상습적인 농업용수 부족지역을 우선적으로 고려되어야 하며, 경작지 농민의 사전 동의가 필요하다.
- 논 농사, 밭 농사, 화훼농사 등에 적용 가능하나, 가까운 곳에 수원이 없거나 부족하여 부득이하게 날로 먹는 농산물(딸기, 채소류 등)에 공급할 경우에는 인체 위해성이 없도록 수질관리를 철저히 하여야 한다.

- 재이용사업의 효율적인 운영, 비상시 관리 및 이해관계의 조정 등을 위해 공공하수도관리청은 수요자측의 선임대표, 공공하수처리시설 운영 대표, 재이용사업권자를 포함하는 재이용사업운영위원회를 설치·운영할 수 있다.

7) 공급 및 관리체계**(1) 재이용 원수(하수처리수)의 공급**

- 민간사업자가 하수처리수 재이용을 업으로 하고자 할 경우 특별한 사유가 없는 한 공공하수도관리청은 하수처리수를 공급하여야 한다.

(2) 관리체계

- 동일사업자가 공공하수처리시설의 운영과 재이용사업을 함께 운영할 할 경우 운영효율의 시너지 효과를 기대(유지관리비 절감, 처리수질의 안정성 확보, 민원발생 사전 예방 등)할 수 있으므로 공공하수처리시설, 관거시설의 관리를 위탁 받은 자가 재이용사업을 같이 하고자 하는 경우 지방자치단체가 정하는 바에 따라 가점을 부여할 수 있다.

제 5 장

결론 및 정책제언

제1절 결 론

제2절 정책제언

제5장 결론 및 정책제언

제1절 결론

본 연구는 대전하수종말처리장의 처리유출수 재이용 방안을 알아보고자, 처리장 하수처리수의 현황분석, 국내외 사례조사 및 관련 기술분석을 통하여 이용 방안을 도출하고자 하였다.

- 대전하수종말처리장 배출수질은 2009년 기준으로 BOD 5.1 mg/L, COD 9.9 mg/L, SS 3.5 mg/L, T-N 11.4 mg/L, T-P 0.8 mg/L로 나타났으며, 보건상 필요한 일반세균 및 대장균의 데이터 구축이 향후 지속되어야 할 필요가 있었다.
- 국내 중수도 수질기준에 의하면 수세식 화장실용수, 살수용수, 조경용수 및 세차·청소용수가 있으며, 이의 항목별(대장균군수, 잔류염소, 외관, 탁도, BOD, 냄새, pH, 색도, COD)로 수질기준이 있으므로, 처리수의 재이용에 앞서 수질 데이터의 축적 및 개선방안이 필요하다.
- 대전하수종말처리장 처리수를 재이용할 경우에는 국내 하수도법 및 USEPA의 기준에는 용도별로 적합한 수질이 확보되지만, 일부 수질기준을 비교하기 위한 데이터가 미확보되어 있으며 WHO의 이용기준을 만족하기에는 아직 미흡한 점이 있는 것으로 판단된다.
- 현재 대전하수종말처리장의 재이용율은 2.2%로 전국 평균에도 미치지 못하여 재이용방안을 구축할 필요가 있었다.

제2절 정책제언

- 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.
- 대전시는 필요시에, 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률, 수도법, 환경개선비용부담법 등 중수도 설치자에 대한 지원제도를 바탕으로 “(가칭)대전시재이용수급수조례”를 제정하여 하수종말처리장 처리수의 활용을 높일 수 있는 방안을 구축할 필요가 있다.
- 대전시는 향후 대전하수종말처리장의 시설개선을 할 경우에는 하수도법의 “용도별 하수처리수 재이용 수질권고기준”, “국내 중수도의 용도별 수질기준”, USEPA의 “처리수 재이용 가이드라인” 및 WHO의 “처리수 재이용 가이드라인” 등을 고려하여, 재이용 용도별로 필요한 수질기준을 만족하기 위한 처리기술을 적용할 수 있도록 계획하여야 한다.

부 록

물의 재이용 촉진 및 지원에 관한 법률

[시행 2011. 6. 9] [법률 제10359호, 2010. 6. 8, 제정]

환경부(생활하수과) 02-2110-6882

제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 물의 재이용을 촉진하여 물 자원을 효율적으로 활용하고 수질에 미치는 해로운 영향을 줄임으로써 물 자원의 지속 가능한 이용을 도모하고 국민의 삶의 질을 높이는 것을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. “물의 재이용”이란 빗물, 오수(汚水), 하수처리수 및 폐수처리수를 물 재이용시설을 이용하여 처리하고, 그 처리된 물(이하 “처리수”라 한다)을 생활, 공업, 농업, 조경, 하천 유지 등의 용도로 이용하는 것을 말한다.
2. “물 재이용시설”이란 빗물이용시설, 중수도 및 하·폐수처리수 재이용시설을 말한다.
3. “빗물이용시설”이란 건축물의 지붕면 등에 내린 빗물을 모아 이용할 수 있도록 처리하는 시설을 말한다.
4. “중수도”란 개별 시설물이나 개발사업 등으로 조성되는 지역에서 발생하는 오수를 공공하수도로 배출하지 아니하고 재이용할 수 있도록 개별적 또는 지역적으로 처리하는 시설을 말한다.
5. “하수처리수”란 「하수도법」 제2조제9호에 따른 공공하수처리시설에서 처리된 물을 말한다.
6. “폐수처리수”란 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제48조제1항에 따른 폐수종말처리시설에서 처리된 물을 말한다.
7. “하·폐수처리수 재이용시설”이란 하수처리수 또는 폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하는 시설 및 그 부속시설, 공급관로(管路)를 말한다.
8. “하·폐수처리수 재이용사업”이란 하·폐수처리수 재이용시설을 이용하여 하수처리수나 폐수처리수를 재이용할 수 있도록 처리하고, 처리된 물(이하 “하·폐수처리수 재

처리수”라 한다)을 공급하는 사업(제10조에 따라 공공하수도관리청이 하·폐수처리수 재처리수를 공급하는 경우는 제외한다)을 말한다.

제3조(국가 및 지방자치단체 등의 책무) ① 국가는 물의 재이용을 촉진하기 위한 계획을 수립하고 합리적인 시책을 마련하며, 지방자치단체 및 물 재이용시설을 설치·운영하는 자에게 필요한 기술 및 재정 지원을 하기 위하여 노력하여야 한다.

② 지방자치단체는 관할 지역에서 물의 재이용을 촉진하기 위한 시책을 수립·시행하고, 관련 시설의 설치·관리 등을 위하여 노력하여야 한다.

③ 국민은 국가와 지방자치단체가 추진하는 물의 재이용과 관련된 시책에 협력하여야 한다.

제4조(다른 법률과의 관계) 물의 재이용에 관하여 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 이 법에서 정하는 바에 따른다.

제2장 물의 재이용계획

제5조(물 재이용 기본계획의 수립) ① 환경부장관은 물의 재이용을 촉진하고 관련 기술의 체계적 발전을 위하여 10년마다 제7조에 따른 물 재이용 정책위원회의 심의를 거쳐 물의 재이용 촉진에 관한 종합적인 기본계획(이하 “물 재이용 기본계획”이라 한다)을 수립·시행하여야 한다.

② 환경부장관은 물 재이용 기본계획을 수립하거나 변경(환경부령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우는 제외한다)할 때에는 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)의 의견을 들은 후 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여야 한다.

③ 환경부장관은 제2항에 따라 물 재이용 기본계획을 수립하거나 변경한 경우에는 관계 중앙행정기관의 장 및 시·도지사에게 통보하여야 한다.

④ 환경부장관은 물 재이용 기본계획을 수립할 때에는 「수도법」 제5조에 따른 전국수도종합계획 및 「하수도법」 제4조에 따른 국가하수도종합계획과 연계되도록 하여야 한다.

⑤ 물 재이용 기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 물의 재이용 여건에 관한 사항
2. 처리수의 수요 전망 및 공급 목표에 관한 사항
3. 물의 재이용 시책의 기본방향 및 추진전략 등에 관한 사항

4. 물의 재이용 관련 기술의 개발 및 보급계획
5. 물의 재이용 사업에 드는 비용의 산정 및 재원조달계획에 관한 사항
6. 그 밖에 물의 재이용 촉진에 관한 사항으로서 대통령령으로 정하는 사항
 - ⑥ 환경부장관은 물 재이용 기본계획이 수립된 날부터 5년이 지나면 그 타당성을 다시 검토하고 필요하면 이를 변경하여야 한다.
 - ⑦ 환경부장관은 물 재이용 기본계획의 수립을 위하여 필요하면 관계 중앙행정기관의 장, 시·도지사, 시장·군수 또는 관계 기관의 장에게 계획 수립에 필요한 자료의 제출을 요청할 수 있다.

제6조(물 재이용 관리계획의 수립) ① 특별시장·광역시장·특별자치도지사 및 시장·군수(광역시의 군수는 제외한다. 이하 같다)는 물 재이용 기본계획에 따라 관할 지역에서의 물의 재이용 촉진에 관한 계획(이하 “물 재이용 관리계획”이라 한다)을 수립하여 환경부장관의 승인을 받아야 한다. 대통령령으로 정하는 중요한 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다.

② 하수도가 둘 이상의 특별시·광역시·도·특별자치도 또는 시·군(광역시의 군은 제외한다. 이하 같다)의 관할 지역에 걸쳐 있는 경우에는 대통령령으로 정하는 시·도지사 또는 시장·군수가 물 재이용 관리계획을 수립한다.

③ 특별시장·광역시장·특별자치도지사 및 시장·군수는 물 재이용 관리계획을 수립할 때에는 「수도법」 제4조에 따른 수도정비기본계획, 「하수도법」 제5조에 따른 하수도정비기본계획 및 「수질 및 수생태계 보전에 관한 법률」 제49조에 따른 종말처리시설 기본계획과 연계되도록 하여야 한다.

④ 환경부장관은 물 재이용 관리계획을 승인하거나 변경승인하려는 경우에는 관계 중앙행정기관의 장과 미리 협의하여야 한다.

⑤ 특별시장·광역시장·특별자치도지사 및 시장·군수는 제1항에 따른 승인을 받은 후에는 5년마다 물 재이용 관리계획의 타당성을 다시 검토하고 필요하면 이를 변경하여야 한다.

⑥ 특별시장·광역시장·특별자치도지사 및 시장·군수는 물 재이용 관리계획을 수립하는 경우 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제18조에 따른 도시기본계획을 기본으로 하여야 한다.

제7조(물 재이용 정책위원회의 설치 등) ① 물의 재이용에 관한 중요 사항을 심의하기 위하여 환경부에 물 재이용 정책위원회(이하 “위원회”라 한다)를 둔다.

② 위원회는 다음 각 호의 사항을 심의한다.

1. 물 재이용 기본계획의 수립 및 변경에 관한 사항
2. 물의 재이용과 관련된 제도 개선에 관한 사항
3. 물의 재이용 관련 기술 개발 및 이용·보급에 관한 사항
4. 그 밖에 물의 재이용에 관한 사항으로서 위원장이 심의에 부치는 사항
 - ③ 위원회는 위원장을 포함한 20명 이내의 위원으로 구성하며, 위원은 관계 중앙행정기관의 공무원 및 물의 재이용에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람 중에서 환경부장관이 임명·위촉한다.
 - ④ 위원장은 환경부차관이 된다.
 - ⑤ 위원회에서 심의할 사항을 사전에 조사·검토하기 위하여 위원회에 실무위원회를 둘 수 있다.
 - ⑥ 위원회 및 실무위원회의 구성·운영 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제3장 물 재이용시설의 설치·관리

제8조(빗물이용시설의 설치·관리) ① 대통령령으로 정하는 종합운동장, 실내체육관 및 공공청사를 신축(대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다)하려는 자는 빗물이용시설을 설치·운영하여야 하며, 환경부령으로 정하는 바에 따라 설치 결과를 특별자치도지사·시장·군수·구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다)에게 신고하여야 한다.

② 빗물이용시설의 시설·관리기준 및 그 밖에 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

③ 빗물이용시설의 소유자 또는 관리자는 제2항에 따른 시설·관리기준 등을 준수하여야 한다.

④ 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 제1항에 따라 시설물을 신축하려는 자가 빗물이용시설을 설치·운영하지 아니하는 경우에는 그 이행을 명할 수 있다.

⑤ 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 빗물이용시설의 소유자 또는 관리자가 제2항에 따른 시설·관리기준 등을 위반한 경우에는 시설의 개수·보수 등 필요한 조치를 할 것을 명할 수 있다.

제9조(중수도의 설치·관리) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 시설물을 신축(대통령령으로 정하는 규모 이상으로 증축·개축 또는 재축하는 경우를 포함한다. 이하 이 조에서 같다)하거나 개발사업을 시행하려는 자는 환경부령으로 정하는 바에 따라 단독 또는 공동으로 물 사용량의 10퍼센트 이상을 재이용할 수 있도록 중수도를 설치

· 운영하여야 하며, 중수도의 설치 결과를 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 신고하여야 한다. 다만, 물 사용량의 10퍼센트 이상을 하·폐수처리수 재처리수로 공급받는 자의 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 「공중위생관리법」 제2조제1항제2호에 따른 숙박업 또는 같은 항 제3호에 따른 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만제곱미터 이상인 시설물
2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제2조제1호에 따른 공장으로서 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설물
3. 「관광진흥법」 제2조제7호에 따른 관광단지의 개발사업
4. 「도시개발법」 제2조제1항제2호에 따른 도시개발사업
5. 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 산업단지개발사업
6. 「택지개발촉진법」에 따른 택지개발사업
7. 그 밖에 대통령령으로 정하는 종류 및 규모 이상의 시설물 또는 개발사업

② 제1항에도 불구하고 같은 항 제3호부터 제7호까지의 개발사업은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 시행하는 경우에만 적용한다.

1. 국가 또는 지방자치단체
2. 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제5조에 따른 공기업
3. 「지방공기업법」 제3조에 따른 지방공기업

③ 중수도의 시설·관리기준 및 수질기준에 관한 사항, 제1항 각 호 외의 부분 본문에 따른 물 사용량의 산정기준, 같은 항 제1호 및 제2호에 따른 건축 연면적 및 폐수 배출량의 산정기준 등에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

④ 중수도의 소유자 또는 관리자는 제3항에 따른 시설·관리기준 등을 준수하여야 한다.

⑤ 중수도를 설치하려는 자는 제18조에 따라 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업 등록을 한 자(이하 “하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자”라 한다)에게 설계·시공하도록 하여야 하며, 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 해당 시설의 관리를 위탁할 수 있다.

⑥ 중수도의 소유자 또는 관리자는 환경부령으로 정하는 바에 따라 중수도의 안전성 및 수질 등을 분기별로 검사하고 그 결과를 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다.

⑦ 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 제1항에 따른 시설물을 신축하거나 개발 사업을 시행하는 자가 중수도를 설치·운영하지 아니하는 경우에는 그 이행을 명할

수 있다.

⑧ 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 중수도의 소유자 또는 관리자가 제3항에 따른 시설·관리기준 등을 위반한 경우에는 시설의 개수·보수 등 필요한 조치를 할 것을 명할 수 있다.

제10조(공공하수도관리청의 하·폐수처리수 재처리수 공급) ① 「하수도법」 제18조에 따른 공공하수도관리청(이하 “공공하수도관리청”이라 한다)은 하·폐수처리수 재처리수(하수처리수를 처리한 것만 해당한다. 이하 이 조에서 같다)를 재이용하거나 이를 필요로 하는 자에게 공급하여야 한다. 다만, 하수처리수가 제14조에 따른 용도별 수질기준을 충족하는 경우에는 바로 재이용하거나 공급할 수 있다.

② 공공하수도관리청이 제1항에 따라 하·폐수처리수 재처리수를 재이용하거나 공급하기 위하여 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하려면 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관의 설치승인을 받아야 한다.

③ 제1항에 따라 하·폐수처리수 재처리수를 재이용하거나 공급하여야 하는 대상 시설의 범위 및 하·폐수처리수 재처리수로 처리하여야 하는 하수처리수의 양에 관한 기준 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제11조(하·폐수처리수 재이용사업의 인가) ① 공공하수도관리청 외에 하·폐수처리수 재이용사업을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 사업계획을 수립하여 환경부장관의 인가를 받아야 한다. 인가받은 사항을 변경(환경부령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우는 제외한다)하려는 경우에도 또한 같다.

② 환경부장관은 제1항에 따라 인가(변경인가를 포함한다. 이하 같다)한 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 고시하여야 한다.

③ 제1항에 따른 인가의 기준은 대통령령으로 정한다.

제12조(다른 법률에 따른 허가 등의 의제) ① 제10조에 따라 공공하수도관리청이 설치승인을 받은 경우 또는 제11조에 따라 하·폐수처리수 재이용사업을 하려는 자가 인가를 받은 경우에는 다음 각 호의 허가·면허·승인·해제·심사를 받거나 협의·신고한 것으로 본다.

1. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조에 따른 공유수면의 점용·사용허가, 같은 법 제17조에 따른 공유수면 점용·사용 실시계획의 승인 또는 신고, 같은 법 제28조에 따른 공유수면 매립면허, 같은 법 제38조에 따른 공유수면매립실시계획의 승인 및 같은 법 제35조에 따른 공유수면의 매립에 관한 협의 또는 승인
2. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제56조제1항에 따른 개발행위의 허가

3. 「농지법」 제34조에 따른 농지의 전용허가 또는 협의
4. 「도로법」 제34조에 따른 도로공사 시행의 허가 및 같은 법 제38조에 따른 도로의 점용허가
5. 「사도법」 제4조에 따른 사도의 개설허가
6. 「사방사업법」 제14조에 따른 사방지 안에서의 행위 허가 및 같은 법 제20조에 따른 사방지의 지정해제
7. 「산지관리법」 제14조에 따른 산지전용허가
8. 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제36조에 따른 입목벌채 등의 허가 또는 신고
9. 「장사 등에 관한 법률」 제27조제1항에 따른 분묘의 처리허가
10. 「초지법」 제23조에 따른 초지의 전용허가
11. 「하천법」 제30조에 따른 하천공사 허가 및 같은 법 제33조제1항에 따른 하천의 점용허가

② 제1항에 따른 허가 등의 의제(擬制)를 받으려는 자는 설치승인 또는 하·폐수처리수 재이용사업의 인가를 신청할 때 해당 법률에서 정하는 관련 서류를 함께 제출하여야 한다.

③ 환경부장관은 설치승인 또는 하·폐수처리수 재이용사업의 인가를 할 때 그 사업계획에 제1항 각 호의 사항이 포함되어 있으면 미리 관계 행정기관의 장과 협의하여야 하며, 관계 행정기관의 장은 협의를 요청받은 날부터 대통령령으로 정하는 기간 내에 의견을 제출하여야 한다.

제13조(하·폐수처리수 재이용시설의 설치기준 등) ① 제10조에 따라 공공하수도관리청이 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하거나 제11조에 따라 하·폐수처리수 재이용사업의 인가를 받은 자(이하 “하·폐수처리수 재이용사업자”라 한다)가 하·폐수처리수 재이용시설을 설치할 때에는 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 설계·시공하도록 하여야 한다.

② 하·폐수처리수 재이용시설을 설치할 때에는 시설 규모 및 위치 등 대통령령으로 정하는 기준에 맞도록 하여야 한다.

③ 하·폐수처리수 재이용시설의 설치에 사용되는 기자재는 대통령령으로 정하는 기준에 맞는 것을 사용하여야 한다.

제14조(하·폐수처리수 재처리수의 수질) ① 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 하·폐수처리수 재이용시설이 완공된 후 대통령령으로 정하는 바에 따라

하·폐수처리수 재처리수의 수질검사를 하고 그 결과를 환경부장관에게 보고하여야 한다.

② 하·폐수처리수 재처리수의 용도별 수질기준 및 수질관리 등에 관한 사항은 환경부령으로 정한다.

③ 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 제2항에 따른 용도별 수질기준에 맞게 하·폐수처리수 재처리수를 공급하여야 한다.

제15조(하·폐수처리수 재이용시설의 관리) ① 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 기술관리인을 두어 하·폐수처리수 재이용시설을 유지·관리하여야 한다. 다만, 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 하·폐수처리수 재이용시설의 관리업무를 위탁하는 경우에는 그러하지 아니하다.

② 제1항에 따른 기술관리인의 자격기준 및 준수사항 등에 관하여 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

제16조(하·폐수처리수 재이용시설의 보호) 누구든지 공공하수도관리청이나 하·폐수처리수 재이용사업자의 사전 동의 없이 하·폐수처리수 재처리수 관로로부터 분기(分岐)하여 하·폐수처리수 재처리수를 이용하거나 하·폐수처리수 재이용시설을 변조(變造) 또는 파손하여서는 아니 된다.

제17조(인가의 취소 등) 환경부장관은 하·폐수처리수 재이용사업자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 제11조에 따른 인가를 취소할 수 있다. 다만, 제1호 또는 제2호에 해당하는 경우에는 인가를 취소하여야 한다.

1. 인가를 받은 하·폐수처리수 재이용사업의 하·폐수처리수 재처리수 공급 개시 예정일부터 6개월이 지나도 하·폐수처리수 재처리수를 공급하지 아니한 경우
2. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 인가 또는 변경인가를 받은 경우
3. 인가를 받은 하·폐수처리수 재이용사업의 하·폐수처리수 재이용시설 설치 공사 착수 예정일부터 1년이 지나도 공사에 착수하지 아니하거나 공사완공 예정일부터 1년이 지나도 공사를 완공하지 아니한 경우

제18조(하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업의 등록) ① 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업을 하려는 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 특별자치도지사·시장·군수·구청장에게 등록하여야 한다. 등록된 사항을 변경(환경부령으로 정하는 경미한 사항을 변경하는 경우는 제외한다)하려는 경우에도 또한 같다.

② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 제1항에 따른 등록을 한 것으로 본다.

1. 「건설산업기본법」 제9조제1항에 따른 건설업 중 대통령령으로 정하는 업종에 등

록을 한 자

2. 「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」 제15조제1항에 따라 수질분야 방지시설업 등록을 한 자

③ 제1항에 따른 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업의 등록기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

제19조(하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자의 준수사항) 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 다른 자에게 자기의 상호 또는 성명을 사용하여 중수도 또는 하·폐수처리수 재이용시설을 설계·시공하게 하거나 등록증을 빌려 주지 말 것
2. 제13조제2항 및 제3항에 따른 기준에 맞게 설계·시공할 것
3. 도급받은 공사를 일괄하여 하도급하지 말 것
4. 하·폐수처리수 재이용시설의 설계·시공 등 영업에 관련된 도면 및 서류를 5년 이상 보관할 것

제20조(등록의 취소 등) ① 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 그 등록을 취소하거나 6개월 이내의 기간을 정하여 그 영업의 전부 또는 일부의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호 또는 제2호에 해당하는 경우에는 등록을 취소하여야 한다.

1. 거짓이나 그 밖의 부정한 방법으로 등록 또는 변경등록을 한 경우
2. 영업정지 기간에 신규계약을 체결하거나 영업을 한 경우
3. 변경등록을 하지 아니하고 영업을 한 경우
4. 제19조의 준수사항을 위반한 경우

② 제1항에 따른 행정처분의 세부기준은 환경부령으로 정한다.

제4장 보칙

제21조(하·폐수처리수 재처리수의 요금) 하·폐수처리수 재처리수를 공급하는 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자는 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에게 환경부령으로 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있다. 다만, 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자가 지방자치단체인 경우에는 해당 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따라 요금을 받을 수 있다.

제22조(연구·개발 촉진 등) ① 환경부장관은 물의 재이용에 관한 기술개발을 촉진하기

위하여 관계 전문연구기관으로 하여금 연구·개발을 추진하도록 하고 그에 필요한 비용 등을 지원할 수 있다.

② 환경부장관은 물의 재이용에 관한 기술 개발 및 이용·보급을 촉진하기 위하여 다음 각 호의 사업을 할 수 있다.

1. 관련 신기술의 개발사업 및 시범적용사업
2. 물의 재이용 보급 촉진사업
3. 물의 재이용 교육·홍보사업
4. 그 밖에 물의 재이용 보급 촉진을 위하여 환경부장관이 정하는 사업

제23조(재정지원 등) ① 국가 및 지방자치단체는 빗물이용시설, 중수도, 하·폐수처리수 재이용시설을 설치하는 자에게 설치에 필요한 비용의 일부를 보조하거나 융자할 수 있다.

② 지방자치단체는 빗물이용시설 또는 중수도를 설치한 시설물의 소유자 또는 관리자나 하·폐수처리수 재처리수를 공급받는 자에 대하여 조례로 정하는 바에 따라 수도요금 또는 하수도사용료를 감할 수 있다.

제24조(보고 및 검사) ① 환경부장관 또는 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 다음 각 호의 사항을 확인하기 위하여 필요하다고 인정하면 빗물이용시설·중수도의 소유자 및 관리자, 공공하수도관리청 및 하·폐수처리수 재이용사업자, 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업자에게 필요한 보고 또는 자료 제출을 하게 할 수 있으며, 관계 공무원에게 해당 시설 등에 출입하여 관련 서류·시설·장비 등을 검사하도록 할 수 있다.

1. 제8조제3항에 따른 시설·관리기준 등의 준수 여부
2. 제9조제4항에 따른 시설·관리기준 등의 준수 여부
3. 제13조제2항 및 제3항에 따른 설치기준 등의 준수 여부
4. 제14조제3항에 따른 수질기준의 준수 여부
5. 제19조에 따른 준수사항 이행 여부

② 제1항에 따라 출입·검사를 하는 공무원은 권한을 표시하는 증표를 지니고 이를 관계인에게 보여주어야 한다.

제25조(청문) 환경부장관 또는 특별자치도지사·시장·군수·구청장은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 처분을 하려면 청문을 하여야 한다.

1. 제17조에 따른 하·폐수처리수 재이용사업 인가의 취소
2. 제20조에 따른 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업 등록의 취소

- 제26조**(권한의 위임·위탁) ① 이 법에 따른 환경부장관의 권한은 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 시·도지사 또는 지방환경관서의 장에게 위임할 수 있다.
- ② 이 법에 따른 환경부장관의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 그 일부를 관계 전문기관에 위탁할 수 있다.

제5장 벌칙

제27조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 2년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다.

1. 제11조에 따른 인가 또는 변경인가를 받지 아니하고 하·폐수처리수 재이용사업을 하거나 거짓이나 부정한 방법으로 인가 또는 변경인가를 받은 자
2. 제18조에 따른 등록 또는 변경등록을 하지 아니하고 하·폐수처리수 재이용시설 설계·시공업을 하거나 거짓이나 부정한 방법으로 등록 또는 변경등록을 한 자

제28조(과태료) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 1천만원 이하의 과태료를 부과한다.

1. 제8조제4항을 위반하여 빗물이용시설 설치·운영에 관한 이행명령을 따르지 아니한 자
2. 제9조제7항을 위반하여 중수도 설치·운영에 관한 이행명령을 따르지 아니한 자
3. 제13조에 따른 설치기준 등을 위반하여 하·폐수처리수 재이용시설을 설치한 공공하수도관리청 또는 하·폐수처리수 재이용사업자
4. 제24조제1항에 따른 보고 또는 자료 제출을 하지 아니한 자 또는 거짓으로 보고하거나 거짓 자료를 제출한 자
5. 제24조제1항에 따른 출입·검사를 거부·방해 또는 기피한 자

② 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 500만원 이하의 과태료를 부과한다.

1. 제8조제1항을 위반하여 빗물이용시설을 설치하지 아니한 자
2. 제9조제1항을 위반하여 중수도를 설치하지 아니한 자
3. 제14조제2항에 따른 하·폐수처리수 재처리수의 용도별 수질기준 및 수질관리 등에 관한 사항을 위반한 자

③ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 300만원 이하의 과태료를 부과한다.

1. 제8조제1항에 따른 빗물이용시설을 운영하지 아니한 자
2. 제8조제2항에 따른 빗물이용시설의 시설기준 등을 위반한 자

3. 제8조제4항을 위반하여 빗물이용시설의 관리에 관한 조치명령을 이행하지 아니한 자
 4. 제9조제1항을 위반하여 중수도를 운영하지 아니한 자
 5. 제9조제3항에 따른 시설·관리기준 등을 위반한 자
 6. 제9조제6항에 따른 중수도의 안전성 및 수질 등의 검사 결과를 통보하지 아니하거나 거짓으로 통보한 자
 7. 제9조제8항에 따른 조치명령을 이행하지 아니한 자
 8. 제14조제1항에 따른 수질검사 결과를 보고하지 아니한 공공하수도관리청 또는 하·폐수처리수 재이용사업자
- ④ 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 100만원 이하의 과태료를 부과한다.
1. 제8조제1항을 위반하여 빗물이용시설의 설치 결과를 신고하지 아니한 자
 2. 제9조제1항을 위반하여 중수도의 설치 결과를 신고하지 아니한 자
 3. 제15조제1항을 위반하여 기술관리인을 두지 아니한 자
- ⑤ 제1항부터 제4항까지의 규정에 따른 과태료는 대통령령으로 정하는 바에 따라 환경부장관, 특별자치도지사·시장·군수·구청장이 부과·징수한다.

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, 한국환경정책·평가연구원, 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?한국수도경영연구소, 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 2010-17

물 순환형 도시를 위한 하수처리장 배출수
재활용방안 기초연구

발행인 이 창 기

발행일 2010년 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.