

중수도시설 도입에 따른 문제점과 제도개선방안

(Problem & Institution Improvement plan by Water
Reclamation and Using System Supply Introduction)

발표자 : 이 성 호 공학박사
국회 환경포럼 정책자문위원
세명대학교 환경공학과 교수

목 차

1. 서 론

1.1 목적 및 필요성	8
1.2 중수도의 효과	9
1.2.1 물부족에 대한 대응	9
1.2.2 수질오염의 방지 효과	9
1.2.3 경제적 효과	10
1.2.4 절수 효과	10
1.3 중수도 도입의 문제	11
1.3.1 경제적인 문제	11
1.3.2 기술적인 문제	11
1.3.3 위생상의 문제	11
1.3.4 관리상의 문제	12
1.3.5 법령상의 문제	12
1.3.6 활용상의 문제	12
1.4 중수도 적용계획	13
1.4.1 중수도 이용의 기본 계획	13
가) 적용범위	13
나) 기본요건	13
1.5 재이용 용도	13

2. 우리나라 수자원 현황

2.1 수자원 특성	17
2.2 수자원 이용현황	17
2.3 수자원 현황 및 전망	17
2.3.1 인구변화 전망	18
2.3.2 물수급 현황	19
2.3.3 물수요 전망	19
2.3.4 물수급 전망	20
2.3.5 상수 대체 가능량	20

3. 상수도 일반사항

3.1 시설현황	22
3.2 수도별 취수량	22
3.3 상수도 수요량 감축방안 추진	22
3.3.1 상수도 유수율 향상	22
3.3.2 절수용 수도용구의 개발	23

4. 중수도 시스템 설계

4.1 중수도 원수	24
4.2 수질특성	24
4.2.1 공동주택 및 빌딩에 있어서 단위 원수의 수질특성	24
4.3 수량특성	28
4.3.1 용도별 사용수량 비율	28
4.3.2 급수량과 하수량의 물수지	29
4.4 중수도의 용도별 목표수질	29
4.4.1 생활용수	31
4.4.1 공업용수	31
4.4.3 농업용수	32
4.4.4 환경용수(유지용수)	33

5. 중수도 처리기술

5.1 응집침전	37
5.2 급속모래 여과법	37
5.3 활성탄 흡착	39
5.4 오존산화	40
5.5 회전원판 접촉법	41
5.6 이온 교환법	42
5.7 질소, 인 동시 제거법	42
5.8 막처리법	43
5.9 전기투석법	46
5.10 재이용수량	46

6. 중수도 제도 도입

6.1 중수도 도입 배경	55
---------------------	----

6.2 중수도 이용용도 및 수질기준	55
6.2.1 중수도 이용용도	55
6.2.2 중수도 수질기준	56
가) 우리나라 중수도 수질기준	56
나) 일본의 중수도 수질기준	58
다) 미국의 중수도 수질기준	59
라) 위생적 측면의 기준항목	61
마) 불쾌감 및 심미성 측면의 기준항목	62
바) 시설의 기능성 측면의 기준항목	63
6.3 중수도법	64
6.3.1 중수도 관련법	64
가) 계획 수립에 관한규정	65
나) 시설에 관한규정	65

7. 중수도의 처리비용 및 이용상 문제점

7.1 중수처리 비용	67
7.1.1 중수 생산비용의 구성	67
7.1.2 비용절감법	68
가) 사용 용도에 적합한 처리과정 선정	68
나) 처리시설의 구조와 설비장소	68
다) 운전시간	68
7.2 중수도 이용의 문제점	69
7.2.1 중수도 이용 필요성 인식 부족	69
7.2.2 중수도 기술상의 문제점	69
7.2.3 위생상의 문제점	69
7.2.4 관리상의 문제점	70
7.2.5 비용의 문제점	70
7.2.6 법규상의 문제점	70
7.2.7 제도적 문제점	70
7.2.8 정서적 문제점	71
7.3 중수도 이용의 효과 및 경제성 분석	73
7.3.1 수자원부족에 대한 대응	73
7.3.2 수질오염 방지 효과	73
7.3.3 경제적 효과	73
7.3.4 절수 효과	73
7.3.5 중수도의 경제성 평가	74

가) 중수도 도입의 평가	74
나) 중수도의 경제성 분석방법	74
7.3.6 개별 중수도 경제성 분석	75
가) 경제성 분석요인	75
나) 편익요인	75
다) 경제성 분석 요인 추정	76
7.3.7 경제성 분석 결과	77

8. 중수도 보급확대 및 제도 개선방안

8.1 중수도의 추진 상황	78
8.1.1 중수도법 제도	78
8.1.2 세제지원	79
8.1.3 수도요금 감면	80
8.1.4 주요설비에 대한 적극적 권장	80
8.2 지속적인 시범사업 전개(중수도 적용 활용사례)	81
8.2.1 전국의 중수시설 현황	81
8.2.2 롯데월드의 중수도 활용(생활용수)	81
8.2.3 산본 주공아파트(생활용수)	83
8.2.4 광주시 하수처리수의 재이용(환경용수, 하천유지용수)	84
8.2.5 안양 골프장(환경용수)	85
8.2.6 천안시의 농업용수 공급(농업용수)	85
8.2.7 영종도 신국제공항(환경용수)	86
8.2.8 하수처리장 방류수 재이용 사례	87
가) 국내사례	87
나) 미국의 하수처리 방류수 재이용 현황	89
8.3 주요설비에 대한 설치 권장	90
8.3.1 중수도 이용의 적용범위 확대	90
가) 개별 중수도의 활용방안	90
나) 개별 중수도의 활용현황	91
다) 옥상정원 및 실내정원 조성	91
라) 친수형 공원조성	92
8.4 중수도 개발의 경제성 효과	92
8.5 중수법 제도 개선	93
8.5.1 중수도 관련 현행 법규	93
가) 수도법	93
나) 중수 설치자에 대한 경제적 지원제도	94
8.6 중수도 시설의 보급 활성화 방안	95

8.6.1 중수도 의무화 대상 건축물	97
8.6.2 비의무화 대상 건축물	98
8.7 하수처리수의 재이용 확대	99
9. 결 론	99

【참고문헌】

【도표차례】

<표1-1> 도시에서 용수사용 용도분류	14
<표1-2> 접촉 가능성에 의한 급수용도 구분	14
<표1-3> 접촉 가능성에 의한 적용할 수 있는 중수도 구분	15
<표1-4> 미국의 하수처리수에 의한 중수도 용도와 제한인자 ..	16
<표2-1> 한국과 세계 강수량 비교	17
<표2-2> 용수수급의 현황 및 전망	17
<표2-3> 가정용수와 영업용수의 용도별 사용수량 비율	21
<표3-1> 수원별 현황	22
<표3-2> 수도 생산량 분석치의 차이	23
<표4-1> 세면오수 수질특성	25
<표4-2> 일본에서의 목욕오수의 수질특성	25
<표4-3> 냉각수의 수질특성(여름)	26
<표4-4> 주방오수의 수질특성	26
<표4-5> 수세식 화장실 세정수의 수질특성	27
<표4-6> 혼합 오수의 수질특성	28
<표4-7> 공동주택 및 빌딩의 용도별 사용수량 비율	28
<표4-8> 중수도의 용도별 요구조건	30
<표4-9> 냉각시스템 보급수에 대한 요구 수질기준	32
<표4-10> 일본 농림수산성에서 설정한 농업용수 수질기준	32
<표5-1> 제거대상 오염물질에 따라 적용이 가능한 처리방법 ..	35
<표5-2> 우리나라의 중수도에 적용된 처리공정현황	36
<표5-3> 일본 LDHCL 아이 처리장 여과시설의 처리실적	38
<표5-4> 일본 미나미스 나마치 실험에 있어서 성적	39

<표5-5> 오존처리에 의한 COD, TOC제거율	40
<표5-6> 오존처리의 효과와 한계	41
<표5-7> 한외 여과막(튜브라형)에 의한 처리 성적	43
<표5-8> 역삼투막의 분리성능	44
<표5-9> 역삼투법과 한외여과법의 비교	45
<표5-10> 유기물, 영양염류의 제거율	46
<표5-11> 각시설의 설계대상 수량	47
<표5-12> 중수도시설의 장.단점 비교	53
<표5-13> 중수도 시설 기준	54
<표6-1> 우리나라 용도별 수질기준	57
<표6-2> 일본의 여러기관에서 제시하고 있는 수질기준	58
<표6-3> 중수도에 관련된 각종 법규 및 내용	64
<표6-4> 수자원공사 수돗물공급규정에 대한 중수도요금내역	67
<표7-1> 중수도 의무화 시설물	71
<표7-2> 수돗물 관련 최근 기사내용 요약	72
<표8-1> 전국 중수도 시설 현황	81
<표8-2> 중수처리 소요비용	82
<표8-3> 산본 주공아파트의 중수생산현황	83
<표8-4> 하천 기능별 목표유량	84
<표8-5> 연도별 농업용수 공급량	86
<표8-6> 영종도 신공항 용수 수요량	86
<표8-7> 공공시설 중수도 현황	87
<표8-8> 2003년말 현재 전국 하수처리장 시설현황	88
<표8-9> 전국 하수처리장 방류수 재이용 현황	88
<표8-10> 전국 하수처리장 방류수 재이용 용도별 현황	89
<표8-11> 수도법 및 수도법시행령에 따른 중수도의무화 시설	94
<표8-12> 중수도 설치자에 대한 경제적 지원제도 현황	95
<표8-13> 중수도 설치 현황(2002년말 기준)	96
<표8-14> 물다량 사용 건축물 현황	98
<그림5-1> 중수도 시설 공정도	48
<그림5-2> 금융감독원 건물의 리모델링시 중수도 처리방식	49
<그림5-3> 각종 중수도시설의 공정도	49

1. 서 론

1.1 목적 및 필요성

우리가 매일 상용하는 물은 인간생활에서 가장 기본적인 요소이다. '60 연대 이후 계속된 경제개발계획으로 산업화가 가속화되었고, 이로 인하여 인구증가 및 생활수준의 향상으로 머지않은 장래에 물의 수요와 공급이 불균형을 초래할 상황에 이를 것이다. 따라서 미리 수자원확보를 위하여 새로운 수자원을 개발하거나 현재이용가능한 수자원을 재이용하는 등 보다 효과적인 이용방안이 필요한 실정이다

그러나 새로운 수자원의 확보를 위한 댐건설은 적정한 위치의 감소와 건설비의 상승, 수원의 발원지와 이용지역간의 갈등 또는 지하수를 양수할 경우 과도한 양수에 의한 지반침하 등의 문제점이 발생되고 있다. 이러한 상황에서 가까운 장래에 예견될 수 있는 용수부족 문제를 슬기롭게 해결하기 위한 합리적인 물 이용방안이 마련 되어야 할 것이다.

따라서 새로운 수자원 확보를 위한 댐건설도 중요하지만 한번 사용한 물을 어떠한 형태로든 재사용할 수 있는 방안이 필요하다. 한번 사용한 물을 다시 처리하여 이용하는 것을 우리는 중수도 (Water Recycling System) 라고 한다.

중수도는 미국에서는 Water Reclamation & Reusing System이라 하며, 일본에서는 中水道라고 부르고 있다. 중수도는 수자원확보의 한 수단이면서도, 하수의 오염 부하량을 감소시키는 효과를 가져 온다.

우리가 사용하는 전체 수돗물 중에서 음용, 취사, 목욕 등 가정용이 62%로서 대부분을 차지하고 있으며, 영업용으로 20% 기타 목욕용, 공공용등으로 18%가 소비되고 있다

중수도는 이와 같은 물 소비형태중에서 음용을 제외한 용도에 대하여 각각의 용도에 알맞는 수질로 정수 처리하여 공급하는 시설이다. 따라서 장래의 물 부족사태에 미리 대비하기 위해서는 절수하는 습관은 물론 중수도제도의 도입이 필요한 실정이다.

미국 등 선진국에선 '79년 하루 260만톤의 오수를 재처리하여 이용하였고, 가까운 일본의 東京에서도 '84년부터 30,000m³이상 또는 물 사용량이 하루 100톤 이상인 건물에 대해서는 중수도설치를 법적으로 권장하고 있다.

우리나라에서도 '91.12.14 수도법에서 중수도제도를 신설하였고, 다음해인 '92.12.9 수도법시행령에서 중수도 설치대상 건축물의 범위를 설정하였다.

중수도 설치에 대한 법적인 근거로서 1991년에 수도법에서 물 사용량이 많은 대형 건축물에 중수도 설치를 권장한 이후, 개정된 수도법(2001년)에서는 물 사용량이 일정규모 이상인 신축건물에 중수도 설치를 의무화하는 규정을 두었다. 2002년 환경백서에 의하면 정부는 중수도 및 절수기 설치확대, 절수형 수도요금체계 도입 등 15개 정책과제를 내용으로 하는 물 절약 종합대책을 중점적으로 추진하여 2006년까지 수돗물 생산량의 13.5%('98년 기준)인 7억9천만 톤을 절약할 계획에 있으며, 중수도와 관련하여 물 사용량이 일정규모 이상인 신축건물에 중수도 설치를 의무화하고, 중수도 설치자에게 각종 인센티브를 제공함을 밝히고 있다. 중수도의 보급 확대를 위하

여 설치자에게 조세특례제한법에 의해 수도법에 의한 중수도 시설 설치비의 7% 상당액을 소득세(사업소득에 대한 소득세에 한한다) 또는 법인세에서 공제하고, 사용하는 수돗물에 대하여는 지방자치단체의 조례가 정하는 바에 따라 수도요금의 일부를 감면해 주고 있다. 또한 환경개선자금 용자로 개별 시설 당 설치자금으로 50억 원까지 용자해주며, 수도법에 의한 중수도 시설을 설치한 시설물에 대하여는 동 시설을 설치한 후 최초로 부과하는 기본요금의 개선부담금의 25%를 경감해 주는 정책을 펴고 있다.

그러나 이러한 법제도 시행이 일부 의무조항이 되어 확대 보급에 문제점이 있으므로 이의 보급 활성화를 위한 정책적인 발전방향에 대하여 주관인 정부는 물론 시행시에서도 적극 검토할 과제이기도 하다.

본 연구는 중수도 도입의 제도적인 개선방안을 제시하기 위하여 중수도제도의 도입배경과 현황을 조사하고, 확대보급을 위한 방안을 검토하여 정책적인 방안을 제시하는데 그 목적이 있다.

1.2 중수도의 효과

1.2.1 물 부족에 대한 대응

대도시권에서의 근본적인 물 부족 현상은 물 공급 정책이 물 수요의 증가에 따르지 못했기 때문이다. 점차 수자원의 확보 방안은 어려워지고, 물 사용량의 증가 추세는 여전하므로 이에 대한 대비책으로서 중수도를 이용하는 것이 바람직하다. 하수처리수를 중수의 원수로 이용할 경우 하수처리수는 가뭄이 없는 수원이 된다. 현대식 건축물은 물 없이는 생활할 수 없다. 특히 고층건물의 경우 수세식 화장실의 세정수는 절대적으로 필요하다. 사무실에 소화수, 공조용 냉각수가 없으면 생산효율은 떨어져 본래의 건축물의 기능은 마비되어 버린다.

이러한 문제점을 중수도가 해결해줄 수 있는 궁극적으로 중수도는 증가추세에 있는 용수사용량의 확보를 위한 댐 건설의 부담을 해소할 수 있어 갈수시 물부족 문제를 해결해 준다. 평상시에는 물 사용량을 감소시켜 댐의 저수 여유량이 확보되어 증대로 댐의 용도를 최대화할 수 있을 것이다.

1.2.2 수질오염의 방지효과

하수를 실수용으로 사용할 경우 이는 하수의 처리법인 동시에 물의 재이용이기도 하다.

미국의 중수도는 거의 화력발전소 등의 보일러 냉각용수와 살수용수가 주가 된다. 중수도가 수질오염방지 측면에서의 기여하는 점은 방류수량의 감소에 있다. 공공하수도에 있어 관거의 유량부하를 감소시키는 것은 빗물의 월류차집관거의 용량 및 양수펌프의 동력을 절감시키는 것이다. 아울러 하수처리설비는 유량부하에서부터 설계되므로 동력비도 유량에 의해 결정된다. 이상에서 중수도가 수질오염의 개선에 영향을 줄 수 있는 요인을 요약하면 다음과 같다. 즉, 댐에서의 여유용량이 많아져 양질의 물을 상수원수로 이용할 수 있으면 중수 사용

량만큼 하수 발생량이 감소하여 하천의 오염부하가 경감된다. 또한 댐의 여유수량 증대는 하천 유지용수의 양을 증가시켜 하천 수질개선에도 기여할 수 있다.

1.2.3 경제적 효과

중수도를 설치 이용함으로써 얻을 수 있는 경제적인 효과는 공익의 차원과 사적인 경우를 나누어 생각할 수 있다. 공익 차원에서의 이익은 댐 건설이나 정수장 및 하수처리장의 시설확충시기의 연장과 시설용량을 축소시킬 수 있어 공공투자의 우선순위를 정하는데 여유를 가질 수 있다. 특히 최근 들어 연속되는 수질 사고는 고도정수처리의 설치가 불가피하게 되므로 제한된 재정상태에서는 중수도에 따른 공공투자의 여력을 백분 활용할 수 있을 것이다. 아울러 현재 중수도를 설치 운영하는 세계의 여러 도시의 사례에서 나타난 바와 같이 중수도의 개념을 인식하고 있는 모든 도시에서는 기본적으로 물 절약 의식이 확립되어 있는 점을 미루어 기존의 물 사용량에 비해 최소한 20%의 절수 효과를 얻을 수 있다. 따라서 중수도 설치와 절수에서 얻어지는 수량의 확보는 공공의 시설에 투자할 수 있게 된다.

기업의 차원에서의 효과는 전술한 내용과 의미를 같이하는 것이며 나아가 중수도 설치에 따른 수도요금 감면 등 다수의 지원을 받을 수 있어 기업의 여유자금은 또 다른 재화를 창출하는 데에 투자할 수 있다. 다만 현재까지는 중수 생산비에 비해 수도요금이 낮은 이유로 시설용량이 적은 시설에 대해서는 경제성이 떨어지는 경우가 있다. 그러나 장치 수도요금의 현실화와 중수도 시설의 의무화가 실현될 경우 중수도를 운영하는 기업에서도 충분한 경제적 효과를 얻을 수 있을 것이다. 또한 수질 및 수량에 대한 총량 규제가 실시된 시점부터 중수처리 시설로 인해 저감되는 수량 및 수질의 효과를 크게 기대할 수 있다.

1.2.4 절수효과

중수도의 설치 목적은 물 절약으로 연결된다. 중수도 설치는 대용량의 물을 절수하고 가정 등 일상생활에서 낭비하고 있는 물을 절약하는 유기적 관계가 조성되어야 한다. 특히 중수도 운영에 의한 절수는 실시하기 쉽고 효과가 큰 대형건축물이나 공장시설에서부터 시작되어야 한다. 일반적으로 건물에서의 중수도 설치에 따른 절수 효과는 약 20% 정도이며, 공장의 경우는 이 보다 훨씬 높일 수 있다. 중수도는 최대수요에 대응할 수 있는 여력을 확보하는 것이다. 건축물의 공조용 냉각수는 하절기중 가장 갈수가 되기 쉬운 시기에 사용량이 많다. 따라서 이 때의 절수는 평상시보다 가치가 높은 것이다. 따라서 공조용 보급수를 공급할 수 있는 중수시설은 저수댐을 건설하는 것과 같은 효과가 있다.

중수도의 설치운영으로 절약되는 수량만큼 정수장에서 처리된 물을 원거리까지 송수할 필요가 없으므로 에너지를 절약할 수 있다. 더욱이 계단식으로 상류에서부터 사용한 물을 하류도 순차적으로 사용할 수 있다면 효과적인 에너지 절약이 될 수 있을 것이다. 즉 위치에너지를 이용할 수 있기 때문이다. 물의 재이용을 효율적으로 하기 위한 방안으로 하수의 재이용 등 대규모일 경우에는 중수도 처리시설을 상류에 설치하는 것이 좋다. 건물 등에 설치된 중수도는 대부분 이중 배관이기 때문에 에너지소비가 많을 것이라는 오해를 할 수 있으나, 중수

도를 설치하지 않더라도 물 사용량에는 변화가 없기 때문에 급수에 필요한 에너지는 동일하다.

지금까지의 낭비에 가까운 물 사용 형태는 더 이상 방치될 수 없다. 다른 물가에 비해 상대적으로 싼값으로 쉽게 사용해왔던 물은 이제는 더 이상의 무한 재화가 아니라, 멀지 않은 장래에 고가의 한정된 재화로 바뀔 가능성이 크다. 따라서 중수도 도입에 따른 물의 재이용은 수자원의 유효 이용과 아울러 절수의식을 인식시키는 계기가 되어야 할 것이다. 절수의 방법은 어렵고, 힘든 것이 아니라 단순히 일상 생활에서 물의 구중함을 인식하기만 하면 해결 될 수 있는 의식의 문제이다.

1.3 중수도 도입의 문제

1.3.1 경제적인 문제

중수도의 이용을 확대시킬 수 있는 결정적인 요인은 상수 이용요금보다 중수 생산비용이 낮아야 하며, 유지관리가 간단해야 한다. 또한 중수도를 이용할 경우 상수를 사용하지 아니한 만큼의 상수 사용 누진율을 차등 적용함으로써 중수도를 설치한 업체에 경제적 이익을 줄 수 있도록 해야 한다.

1.3.2 기술적인 문제

중수도의 경제성을 향상시키기 위해서는 중수 처리 기술이 중요한 역할을 한다. 이와 같은 중수의 경제성을 향상시키기 위한 기술적인 문제점은 다음과 같다.

- ① 중수의 용도에 따른 적합한 처리기술 개발
- ② 사용할 중수 수질특성에 의해 발생할 소지가 있는 부식 및 슬라임 발생에 대한 대책
- ③ 중수처리에 따른 소량 발생 슬러지 처리방안
- ④ 상수도와 중수도의 오접 방지대책
- ⑤ 규모가 소량일 경우 지속적이며, 효율적인 관리 등을 들 수 있다.

1.3.3 위생상의 문제

중수도의 용도 및 원수의 성질상 피부접촉이나 음용 이외의 사용으로 제한되어 있기 때문에 이에 대한 철저한 위생관리가 필요하다. 즉,

- ① 물 사용에 있어서 오염방지
- ② 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물의 효과적인 제거
- ③ 냉각탑이나 처리공정 등에서 발생하는 휘발물질 또는 악취 해결방안 등이 선행되어야 한다.

1.3.4 관리상의 문제

소규모처리시설의 중수도시설을 유지관리하기 위해서는 별도의 자격을 가진 관리자를 두는 것이 경제적 부담이 될 수 있으며 쉬운 일이 아니다. 따라서 중수도 시설을 원활하게 유지하기 위해서는 전문 관리기관을 설립하여 기술인으로 하여금 필요한 지역을 순회하여 관리할 수 있도록 하는 것도 바람직한 관리 방법이 될 수 있다.

1.3.5 법령상의 문제

중수도 제도를 조기 정착시키기 위해서는 중수도 관련 법령의 정비가 필요하다. 현행 수도법에서는 중수도의 설치를 일부의무사항으로 하고 있으나, 필요지역 또는 대량으로 수도를 사용하는 시설에 대해서는 의무사항으로 수정 보완 개정하는 것도 바람직하다. 특히 물 사용량이 많아 절수효과가 많은 공업용수에 대한 중수도 설치 유도는 그 실효에 맞게 권장할 뿐만 아니라 절수한 만큼의 수도에 대한 사용료 감면 등의 혜택을 주도록 하여 기업체에서 절수할 수 있는 조건을 선행시켜야 할 것이다.

1.3.6 활용상 문제

세계적으로 중수도는 화장실 변기 세정수, 조경 용수, 청소 용수, 위락 용수, 냉각수, 농업용수, 지하수 보충수, 하천 유지용수 등으로 사용되고 있다.

현재 우리나라는 개별 순환 방식의 중수도를 중심으로 보급이 확대되고 있는데, 공장의 공정내 재이용수를 제외한 일반 건축물에서의 중수도 사용은 대부분 변기 세정수 및 냉각탑 보충수로 이용되고 있다. 냉각탑의 보충수는 하절기의 한시적인 사용임을 고려할 때, 화장실 변기 세정수로의 사용이 대부분이라 할 수 있다.

중수도의 보급 확대라는 대명제를 놓고 볼 때, 중수도 처리기술, 지원정책 등도 매우 중요하겠으나, 다양한 중수도 활용 분야의 확대 방법 개발도 간과 할 수 없는 일이라 할 수 있다.

중수도를 단순히 수처리의 한 분야로만 볼 것이 아니라, 건축물의 기능, 지역주민 복지, 대기 오염, 도시 미관 등의 다른 분야와 연계하여 시너지 효과를 누릴 수 있는 중수도의 활용 분야를 적극적으로 개발하여 중수도의 사용을 유도하는 것이 결과적으로 중수도 보급 확대, 중수도 기술 발전을 유도하게 될 것으로 사료된다.

1.4 중수도 적용계획

1.4.1 중수도 이용의 기본 계획

가) 적용범위

중수도는 다음과 같은 지역에 우선적으로 적용하며 점점 그 적용범위를 확대하여야 한다.

- ① 하수처리장에서 하수처리수 공급이 가능한 지역으로 한다.
- ② 물수급 상황이 어려운 지역 및 유지용수량이 부족한 하천으로 한다.
- ③ 신규 또는 재개발에 의해 급수설비의 설치가 가능한 빌딩 또는 지역으로 한다.

나) 기본요건

중수도 이용계획을 수립하는데 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 중수도는 사용자가 사용할 때 심미적으로나 위생적으로 위해가 없어야 하며 재처리시설·송배수시설 및 이용설비에 부식, 스케일, 슬라임 등에 의한 기능장해를 주지 않고, 항상 안정하게 공급될 수 있어야 한다.
- ② 시설전체는 합리성·안전성·경제성이 있어야 하며 이와 함께 유지관리 면에 대해서도 충분히 고려되어야 한다.
- ③ 기본적으로 검토해야 하는 사항은 재이용용도, 재이용수량, 용도별 목표수질, 재이용시스템 등이다.

중수도는 상수도로 사용하고 있는 용도의 일부를 재이용수로 대체하는 것으로서 이용자에게 혐오감이 일어나지 않도록 하여야 한다. 일반적으로 중수도의 원수는 색, 냄새, 탁도 등이 있기 때문에 적절한 처리시설이 필요하며, 상수와 비교해 부식, 스케일, 슬라임 등의 기능성 장애를 일으키는 요인이 많으므로 처리시설, 송배수시설 및 이용설비에 대해서 구조·재질 등을 적절히 선택하여야 한다. 또한 중수에는 대장균이나 일반세균이 함유되어 있으므로 재이용을 계획할 때는 충분히 인체에 대한 위생적인 측명에 대하여 검토하여야 한다.

이 밖에 중수도의 전체시스템을 선택할 때는 합리성 및 경제성을 충분히 고려하여야 하며 특히, 유지관리의 적정화 및 상수도관과의 오접 등 안전관리의 적정화가 요구된다.

1.5 재이용 용도

일반적으로 도시의 경우는 물의 용도를 크게 생활용수, 업무용수, 산업용수(공업용수/농업용수), 도시기능용수로 나눌 수 있다. 이것을 다시 세분하면 음료용수, 목욕·세탁용수, 수세식변소용수, 세차용수 등 용도에 따라 더욱 많은 종류로 구분할 수 있다.

<표 1-1> 도시에서 용수사용 용도분류

처리 용도	구 분 A	구 분 B	구 분 C
생활용수	음료용수, 주방용수	목욕용수, 세탁용수 세수·세면용수, 청소용수	수세식 화장실용수, 세차용수, 살수용수
업무용수	음료용수, 주방용수	에어컨용	수세식, 화장실용수, 세차용수, 살수용수
산업용수 (공업용수)	원료용수, 보일러용수 제품처리용수	냉각용수	세정용수
산업용수 (농업용수)	-	-	관개용수
도시기능용수	-	-	도로청소용수, 살수용수 소화용수, 하천유지용수, 공원유지용수(조경용수)

<표 1-2> 접촉가능성에 의한 급수용도 구분

구 분	접 촉 (경구적)	접 촉 (경파적)	비교적 접촉가능성이 높은 것	접촉가능성이 낮은 것
생활용수	음용수, 주방용수	목욕용수,세탁용수	세차용수, 실수용수	수세식화장실용수
업무용수	음용수, 주방용수	수세용수, 청소용수	세차용수, 살수용수	수세식화장실용수, 에어컨용수
공업용수	원료용수	-	세차용수, 제품처리용수	보일러용수, 냉각용수
농업용수	-	-	-	관개용수
도시기능용수	-	-	살수용수, 하천유지용수, 공원유지용수(조경용수)	도로청소용수, 소화용수

인체의 안전성은 인체와 재이용수와의 접촉가능성이 어느 정도인가에 따라 좌우된다. 이중에서 음용수를 제외한 용도에 증수를 도입할 수 있으나 주방용수와 경피적 접촉을 피할 수 없는 목욕용수, 세탁용수, 세수·세면용수 등은 심리적 문제점과 세균등의 공중위생상 안전성 문제 때문에 이를 대상으로 하는 것은 곤란하다.

그러므로 사회적 허용도 및 안전성을 고려하여 인체접촉가능성에 따라 증수도 이용용도를 구분하여 나타내면 <표 1-3>과 같다.

<표 1-3> 접촉가능성에 의한 적용할 수 있는 중수도 이용용도의 구분

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

재이용 용도는 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 재이용용도를 정하고 처리를 하여야 한다.

미국에서는 개별빌딩의 중수도보다는 하수처리를 재이용하는 경우가 대부분으로서 하수처리수를 중수도로 공급할 때의 재이용용도와 그 때의 제한인자를 나타내면 <표 1-4>와 같다.

<표 1-4>에서와 같이 하수처리수 재이용에 작용하는 제한인자는 재이용하는 용도에 따라 차이는 있지만 주로 인체에 미치는 영향을 최소화하기 위한 것들로 구성되어 있다.

위에서의 재이용 용도에 따라 요구되는 처리정도를 나타내면 다음과 같다

- ① 수세식 화장실용수 : 세균으로 인한 오염에 주의하여 염소소독을 하여야 한다.
- ② 소화용수 : 화재에 대처하기 위해 비상용으로 준비된 물로서 사용빈도가 적으므로 비교적 깨끗한 수질을 요구하지 않지만 피부와 접촉할 수 있으므로 대장균이 검출되어서는 안되며 잔류염소가 유지되어야 한다.
- ③ 냉각용수 : 공조, 냉각용 보급수는 열매체로 이용되므로 재이용수로 이용할 경우에 기능상으로는 수질이 문제가 되지 않지만 위생 및 이용상으로 수질기준을 만족시켜야 한다.
- ④ 청소용수 : 위생적으로 안전하여야 하며 대장균이 검출되어서는 안된다.
- ⑤ 세차용수 : 세차용으로 사용하는 경우, 증발잔류물의 농도가 높으면 차에 반점이 생기는 경우가 있으므로 1차 세차용수로 사용이 가능하다.
- ⑥ 조경용수 : 비교적 깨끗하여야 하고 위생적으로 안전하여야 한다.
- ⑦ 하천유지용수 : 인체와 접촉가능성이 높으므로 위생적으로 안전하고 깨끗한 물이 요구

<표 1-4> 미국의 하수처리수에 의한 중수도 용도와 제한인자

하수처리수 재이용 용도	제 한 조 건
농업용 관개 농장물 관개 상업적 원예	수질 특히 염류의 토양과 농작물에 대한 영향 농작물으 시장성과 대중의 용인도
산업용 재이용 냉각수 보일러 공급 공정수	재사용된 하수의 성분 중 스케일, 주석, 미생물 성장 관의 막힘 초래 특히 유기물질의 공기방울에 의한 전달 등 공중보건 우려
지하수 함양 지후수 보충 염수침입 방지	재이용된 하수 중의 유기화학물질의 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 회석 직접공급	공기방울에 대한 병원균의 전달 공중보건의 우려 스케일, 부식, 미생물 성장, 관막힘에 대한 수질의 영향 재사용된 하수의 유기화학물질과 독성학적 영향 바이러스 등 병원균의 전달에 관하 공중보건 우려

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994.

되며 잔류염소가 하천의 생태계에 영향을 주어서는 안된다.

이 중에서 비교적 수량이 많은 것은 ①③④⑤이고, 또 이중에서 비교적 통제하기 쉬운 것은 ①③이라고 할 수 있다. 그러므로 재이용 용도는 수량이 많고 이용자와 접촉을 피하기 쉬운 수세식변소용수 혹은 에어컨·냉각용 보급수로 하는 것이 현실적이다.

2. 우리나라 수자원 현황

2.1 수자원의 특성

우리나라의 강수량은 단위면적당으로 계산하면 세계 평균보다 130%정도가 많은 편이나, 1인당 강수량으로 계산해 보면 9% 정도로 수자원이 그리 풍부한 편이 못된다.

<표 2-1> 한국과 세계 강수량 비교

구 분	한 국(A)	세 계(B)	비 율(A/B)
연평균 강수량(mm)	1,274	970	1.3
1인당 강수량(m ³ /년)	3,000	34,000	0.09

2.2 수자원 이용현황

수자원 총량은 연간 1,267억톤이나 이중 43%가 증발 및 침투로 손실되고 34%는 홍수시 바다로 유출되고 나머지 23%인 290만톤만이 이용되고 있다.

이를 용도별로 살펴보면 생활용수가 53억톤, 공업용수 26억톤, 농업용수 154억톤, 하천유지용수가 57억톤을 차지한다.

2.3 수자원현황 및 전망

2006년 연간 수요량은 349억톤인데 비하여 공급능력은 355억톤으로서 총량 면에서는 약 1.7%의 여유가 있지만 수자원의 수급불균형이 발생되고 있다.

<표 2-2> 용수수급의 현황 및 전망

구 분	'93	'96	2001	2006	2011
수 요	290	302	330	349	370
- 생활용수	53	59	71	77	82
- 공업용수	26	28	31	34	36
- 농업용수	154	158	164	171	178
- 유지용수	57	57	64	67	74
공 급	310	325	349	355	376
- 하 천 수	164	165	170	174	173
- 지 하 수	20	21	24	27	30
- 댐 원 수	126	139	154	154	173
여 유 량	20	23	19	6	6
예 비 율	6.5%	7.1%	5.1%	1.7%	1.6%

앞으로 지속적인 공단개발, 신도시 개발 및 생활수준 향상 등으로 물 사용량은 더욱 증가할 것이지만, 이에 따른 투자확대가 뒤따르지 못할 경우 머지않아 용수공급에 불균형 현상이 발생할 것으로 예상된다.

이에 따라 용수부족 문제를 해결하기 위해 필요한 용수댐건설이 필요하지만 개발단가가 상승하고, 지역주민의 반대로 사업추진이 지연되고 있는 실정이다.

따라서 현재 지역적, 계절적으로 발생하는 용수부족 문제는 앞으로 전국에 걸쳐 점차적으로 나타날 것이며, 산업발전의 장애요인으로 작용할 것이므로 이에 대한 사전 대비가 필요하다.

향후 대책 방안으로 부족한 용수공급을 다목적댐 건설로 확보하는 적극적인 방안과 소극적인 방안으로 중수도제도의 보급이 필요한 실정이다.

2.3.1 인구변화 전망

인구에 대한 장래추정은 해당지역의 물수요공급을 전망하는데 중요하다. 장래인구는 환경부가 1998년에 발표한 “전국수도종합계획”보고서에서 제시한 추정값을 사용하여 수정,적용하는 것으로 하였으며 1996년을 기준으로 하여 과거 10년 인구자료와 함께정리 한 자료에서 서울특별시의 인구는 전국 수도종합계획 보고서에서 2006년까지 계속 증가하여 11,900천명으로 추정하고 있으나 실제로는 최근 수도권지역의 대규모 신도시 개발과 함께 1992년의 1,097천명을 정점으로 하여 매년 감소하고 있어 서울시는 2011년 인구지표를 상주인구 1,000만명으로 정하고 2001년, 2006년의 인구를 다시 추정하였다. 또한 서울시 인구가 줄어드는 만큼 전국 인구가 줄어드는 것이 아니라 서울시 인구분산 정책에 의하여 인구가 주변의 신도시로 이주한 것이므로 경기도 인구는 그만큼 증가하는 것으로 예측하였다. 우리나라의 과거 인구변화는 1987년의 42,082천명에서 1996년에는 46,424천명으로 1.15%/년씩 계속 증가한 것으로 나타났으며 그 후 인구변화는 1.3%/년씩 증가하여 2006년에 50,541천명으로 되는 것으로 추정하였다. 시의 인구변화를 살펴보면 대구, 인천, 광주, 대전광역시는 1%/년 이상의 인구증가율로 계속 증가하는 것으로 추정하여 대도시로 인구가 집중되는 것으로 나타났다. 이에 대해도의 경우에는 경기도와 경상남도가 높은 인구증가율로 예측하였으며 특히 경기도는 5.1%/년으로 우리나라 시, 도중에서 가장 크게 증가하는 것으로 추정하였는데 이는 서울시의 인구분산정책에 의하여 경기도의 신도시로 인구가 이동하기 때문인 것으로 이러한 현상은 앞으로 계속될 것으로 예측하고 있다.

그 외의 부산 및 울산광역시와 강원도, 제주도는 1%미만의 낮은 증가율로 인구증가되거나 거의 변화가 없는 것으로 추정하였으며 서울특별시를 비롯하여 전라북도과 전라남도는 앞으로 인구가 계속해서 감소하는 것으로 추정하였다.

2.3.2 물수급 현황

우리나라에서 사용하고 있는 물은 용도별로 나누면 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수로 구분된다. 이 중에서 생활용수 및 공업용수는 상수도로 대부분이 공급하고 있으므로 상수도공급량을 파악하기 위하여 생활용수와 공업용수를 대상으로 하여 전국의 물사용량을 파악하는 것으로 하였다.

환경부의 전국수도종합계획(1998년)에서 제시한 통계자료에 의한 1996년도 전국 시·도의 생활용수와 공업용수 사용현황을 보면 생활용수는 1인 1일 최대급수량을 추정하고 여기에 급수인구를 고려하여 산출하였다. 그리고 공업용수는 한국수자원공사에서 공급하는 공업용수도와 각 지방자치단체에서 공급하는 지방상수도 그리고 하천수나 지하수의 자체개발에 의한 전용공업용수도로 구성되어있고 광역상수도과 지방상수도를 포함하는 일반수도에 의한 공급비율은 41.1%이고 공업용수도에 의한 공급비율은 44.1%이며 자체개발비율은 15.8%이다.

1996년도 소비된 총 물수량은 21,302천톤/일이며 이 중에서 서울특별시가 24.9%를 차지하고 있고 6개 광역시는 32.7%를, 그리고 9개 도에서는 42.4%를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 용도별로는 생활용수가 17,089천톤/일로서 총 물수량의 80.2%를 차지하고 있으며 생활용수 중에서 서울특별시가 5,250천톤/일인 30.7%의 소비량을 보여 생활용수를 가장 많이 사용하였으며 다음으로는 경기도가 2,715천톤/일인 15.9%를 소비하여 생활용수의 약 50%정도를 서울시와 경기도에서 소비한 것을 알 수 있다. 이에 대해 공업용수는 총 물수량의 19.8%인 4,214천톤/일을 차지하고 있으며 이 중에서 울산광역시가 26.3%인 1,110천톤/일로서 시·도중에서 가장 많은 공업용수를 사용한 지역으로 나타났다.

2.3.3 물수요 전망

우리나라 생활용수 및 공업용수의 물수량 변화는 1996년도의 총 물수량 21,302천톤/일에 비하여 2001년도에는 25.1%가 증가하여 26,644천톤/일로 추정되며 2006년에는 43.6%가 증가하여 30,600천톤/일의 용수의 수요가 있을 것으로 예측되었다. 각 시·도별 장래 물수량을 살펴보면 서울특별시가 2001년과 2006년이 각각 5,146천톤/일, 5,325천톤/일로 가장 많고 다음은 경기도로서 2001년과 2006년이 각각 5,324천톤/일, 6,796천톤/일로 추정되어 다른 지역에 비해 물수량이 크게 되는 것에 반해 제주도는 물수량이 2001년에 358천톤/일이고 2006년도에는 393천톤/일로 상당히 작을 것으로 예측되었다.

2.3.4 물수급 전망

우리나라의 지방상수도, 광역상수도를 모두 포함한 용수공급능력은 취수시설 용량기준으로 25,323천톤/일이다. 이 중에서 지방상수도시설은 전체의 56.3%에 해당하는 용수를 공급하고 있으며 광역상수도는 30.8%를 공급하고 있고 공업용수에 의해서는 전체의 12.9%가 공급되고 있다. 한국수자원공사에서 운영중인 광역상수도와 공업용수도에 의한 공급능력을 살펴보면 광역상수도는 15개소로 7,794천톤/일이고 공업용수도는 11개소로 3,260천톤/일이며 지방상수도의 공급능력은 1996년에 14,269천톤/일이지만 앞으로 시설노후 및 수질의 문제로 인한 폐쇄예정을 고려하면 기중 지방상수도에 의한 공급능력은 점차 감소하여 2006년에는 13,964천톤/일로 될 것으로 추정되고 있다. 따라서 기존 수도시설에 의한 용수공급능력은 적으나 앞으로 점차 감소하게 되어 앞으로 높은 증가율을 보일 것으로 예측되는 수요량을 충족시키기에는 상당히 부족하게 될 것으로 나타났다.

용수수요량 추정결과 목표 년도인 2006년의 생활용수 수요량은 23,607천톤/일, 공업용수 수요량은 6,993천톤/일로 총 30,600천톤/일인 것으로 나타났다. 반면 1996년 기준시설용량은 지방상수시설이 14,269천톤/일이고 광역상수시설은 7,794천톤/일, 그리고 공업용수시설이 3,260천톤/일로서 총 25,323천톤/일의 용량을 보유하고 있으나 폐쇄용량 305천톤/일을 고려하게 되면 2006년에는 5,582천톤/일의 용수공급능력이 부족하게 되는 것으로 나타났다. 이것은 1996년의 공급시설용량의 22%에 해당하는 용수량이다. 이에 2006년까지 폐쇄용량을 고려하고 기존의 공급시설로 용수공급이 가능한 시.도를 살펴보면 서울특별시, 부산광역시 2지역뿐이며 그 외의 5개 광역시 외 9개도 모두 용수가 부족한 것으로 나타나 전국 대부분이 물부족을 겪을 것으로 예상되고 있다. 이 중에서 특히 용수부족이 예상되는 지역은 경기도 지역으로서 2006년에 6,796천톤/일의 용수수요가 예상되나 기존의 시설은 3,690천톤/일로서 54%정도의 공급능력만을 가지고 있어 3,106천톤/일의 상당량의 물이 부족할 것으로 나타났다.

이러한 물부족 현상은 2011년에도 계속적으로 전망되고 있는데 건설교통부의 수도정비기본계획(1997년)에 의하면 용수부족량은 2011년에는 6,080천톤/일로 추정되어 1996년의 시설용량의 24%에 해당하는 용수가 부족할 것으로 예상되고 있는데 이러한 경향은 2011년에는 인구증가와 생활수준의 향상 및 산업화에 따라 생활용수와 공업용수에 대한 수요가 지속적으로 증가하는 것에 기인한 것이며 현재 건설 중인 시설을 포함하더라도 용수부족은 심각할 것으로 예상하고 있다.

2.3.5 상수 대체 가능량

가) 가정용수와 영업용수

가정용수는 가옥의 구조, 생활수준, 주거인구 등에 따라 다르며 각 용도별 사용수량 또한 이들 인자에 의해 큰 영향을 받는다. 우리나라 용수사용량

중에서 가정용수가 차지하는 비율은 시, 도별 정확한 자료가 없어 계산하기 어렵지만 환경부의 전국수도종합계획(1998년)에 의하면 일반적으로 가정용수는 상수사용량의 60%를 차지하고 있는 것으로 제시되어 있다.

또한 영업용으로 사용되는 용수량도 이용목적, 이용형태, 빌딩의 규모, 어종 등에 따라 다르지만 상수도사용량 중 영업용수의 사용비율은 가정용수의 약 48%정도라고 제시하고 있다.

건교부와 환경부자료에 의하면 우리나라에서 사용되는 가정용수의 양은 1일 인당 207.0L이며 사용되는 용도를 순서대로 살펴보면 수세식 화장실용수, 음료 및 취사, 세탁용수가 각각 27%, 21%, 20%로서 높은 비율을 차지하고 있음을 알 수 있다. 미국의 경우 1인 1인당 가정용수의 양은 279.9L로 보고되고 있으며 이 중에서 화장실용수가 26.1%로서 가장 많이 사용되고 있고 세탁용수, 샤워 및 목욕용수가 그 다음 비율로 많이 사용되고 있다.

용수사용량 중에서 건설부의 “중수도 기술개발 방안연구”에서 제시하고 있는 수세식 화장실 용수비율을 다음과 같이 나타내고 있다.

<표2-3> 가정용수와 영업용수의 용도별 사용수량 비율

건물 용도	목욕	세탁	세차 살수	화장실	청소	주방	기타	합계
일반 가정	14	20	3	27	36			100
사무용빌딩	-	-	8	55	3	18	16	100
영업용시설	-	-	-	25	-	-	-	-

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994

수세식 화장실용수 사용비율은 가정용이 27%, 업무용은 50%, 그리고 영업용에서는 25%가 일반적으로 적용되고 있다. 영업용시설의 각 용도별 사용수량도 이들 인자에 상당한 영향을 받으며 일본의 경우 영업용으로 사용되는 용수 중에서 잡용수도의 비율은 건물의 특성에 따라 15% ~ 61%로써 비교적 널리 분포하며 전체적으로 볼 때 평균 총사용수량의 30%정도를 차지하는 것으로 알려져 있다.

전체 상수도 사용량 중 가정용수와 영업용수가 차지하는 비율에 수세식 화장실용수의 사용비율을 고려하여 생활용수 중에서 중수도로 대체 가능한 양을 고려해 볼때 중수도가 확대 실시될 경우 계획년도 2001년과 2006년에 생활용수로 공급되는 수돗물 중에서 최대한 4,765천톤/일 ~ 5,524천톤/일에 해당하는 용수량을 저감할 수 있다는 것은 의미가 있다고 할 수 있다.

3. 상수도 일반사항

용수수요에서 대부분을 차지하는 상수도에 대한 일반적인 상황을 알아보고 용수수요 감축방향에 대하여 개괄적으로 기술하고자 한다.

3.1 시설현황

'93년말 상수도 시설용량은 20,093천톤/일로서 전국 625개 도시에 급수하고, 상수도 보급률은 81.1%, 1일1인당 급수량은 394리터에 이르고 있다.

전국적으로 보면 20년전에 비하여 시설용량은 6.7배, 보급율은 2.1배, 1인 1일당 급수량은 2.2배가 늘어난 것으로 그간 산업화, 도시화 그리고 생활수준의 향상등으로 물 소비량이 크게 늘어난 것을 알 수가 있다.

3.2 수도별 취수량

상수도의 수원으로 하천표류수와 저수지수에 주로 의존하고 있는데 상수 시설용량 20,093천톤/일 가운데 60.3%는 하천 표류수, 30.2%는 저수지물로 1.2%는 지하수를 수원으로 이용하고 있다.

결국 지표수 이용도가 90.5%에 이르러 하천오염정도에 따라 상수도 수원의 수질이 절대적으로 영향을 받게 된다.

<표 3-1> 수원별 현황

구 분	하천표류수	저수지수	복류수	지하수	기타
20,093천톤 (100%)	12,119 (60.3)	6,060 (30.2)	1,533 (7.6)	246 (1.2)	135 (0.7)

3.3 상수도 수요량 감축방안 추진

양적확충과 질적 향상이라는 두가지 목표를 동시에 달성해야 하는 상수도 부분이 나가야 할 방향으로는

- 1) 공급량 확대 및 균형적인 물 공급시책
- 2) 수질개선시책
- 3) 수요량 감축 방안 등이 있으나 여기서는 수요량을 감축할 수 있는 방안 추진에 대하여 살펴보고자 한다.

3.3.1 상수도 유수율 향상

상수도 공급량 중 요금수입의 대상이 되는 수량이 차지하는 비율로 표시하는 유수율(Revenue Earning Water Rate)을 향상시키는 것이 앞으로 용수수요증대

에 대처하는 중요한 대책중의 하나이다.

생산된 수돗물중에서 요금수입으로 계량되지 않은 수량을 무수수율량 (Non-revenue Earning Water : NRW) 이라 하는데 '93연도의 경우 10.1%에 달하였다.

<표 3-2> 수도생산량 분석치의 차이

연도	1991	1992	1993	비 고
분석내용				
유효수량	73.1	74.3	77.7	
유수수량	65.3	66.3	67.6	
무수수량	7.8	8.0	10.1	
무효수량	26.9	25.7	22.3	
누 수 량	20.2	19.6	18.5	
조종감액수량등	6.7	6.1	3.8	

정부는 2001년까지 유수율을 80%까지 높이기 위한 대책을 추진중에 있다. 이를 위해 누수율을 2001년 12%로 낮추는 한편 유효무수수량과 무효수량을 8%까지 낮추는 것을 목표로 하고 있다.

3.3.2 절수용 수도용구의 개발

물을 사용할 때 적당한 수량을 사용하면 낭비되는 양을 줄일 수 있는 용구가 현재 많이 개발되고 있다. 4%에서 최고 50%까지 절수되는 용구가 생산되어 건축법등에서는 절수형 용구를 사용하도록 의무화가 되고 있다. 결국 절수는 절약된 양 만큼의 생산효과를 가져주는 결과를 가져온다.

물은 유한한 자원으로 그 경제적가치가 날로 더해가고 있음에 비추어 소비자 인 국민 모두가 물을 아껴주는 의식의 전환이 물 수요를 줄일 수 있는 최선의 수단이다.

4. 중수도 시스템 설계

4.1 중수도 원수

가) 원수의 종류

중수도의 원수는 수요의 발생장소, 수요량, 공급방식, 이용용도, 수질, 수량의 안정성 및 안전성, 원수 수급의 지속성 및 연속성, 처리방법 및 처리비용에 따라 여러 가지 경우를 상정할 수 있다. 예를 들어 순환방식에 따라 대상으로 삼을 수 있는 원수는 다음과 같이 구분할 수 있다.

- ① 광역순환방식 : 하수처리장 처리수, 공장폐수, 빗물 조정지수 등
- ② 지역순환방식 : 하수처리장 처리수, 오수정화시설 처리수, 빗물 조정지수
- ③ 개별순환방식 : 빌딩 하수, 생활하수

중수도의 대상 원수의 조합은 다음과 같다.

- ① 주방오수를 포함하지 않는 생활하수
- ② 주방오수를 포함하는 생활하수
- ③ 오수(수세식 화장실 세정수) + 잡배수(주방오수를 포함하는 경우)

한편 상기에 열거된 대상 원수 이외에도 우수 및 하천수 등이 고려될 수 있으나, 우수 및 하천수는 지역성 및 계절적인 영향에 상당히 민감한 부분이기 때문에 지역 여건 및 자연조건을 충분히 검토한 후에 대상 여부를 결정해야 할 것이다.

나) 원수의 수량 및 수질특성

중수도의 원수는 크게 개별빌딩 및 공동주택의 생활하수와 하수처리수로 구분할 수 있다. 생활하수는 용도에 따라 수세식 화장실 세정수인 오수와 잡배수(세탁, 취사, 목욕오수 등)로 구분할 수 있고, 잡배수는 다시 오염이 비교적 적은 양질 잡배수와 오염도가 높은 일반 잡배수로 구분할 수 있다. 양질 잡배수는 세면(세수)오수, 목욕오수, 냉각수 등을 들 수 있으며, 일반 잡배수에는 청소오수 및 주방오수를 들 수 있다. 공동주택 등에서의 생활하수는 일반적으로 전체 하수량 중에서 수세식 화장실 세정수가 차지하는 비율은 20~25% 수준이며, 잡배수가 차지하는 비율은 75~80%, 이 중에서 양질 잡배수는 50~55% 정도를 차지하고 있다. 한편, 빌딩 오수인 경우 수세식 변소오수가 차지하는 비율은 전체 하수량의 50~60% 수준이며, 나머지가 차지하는 비율은 40~50%, 이 중에서 양질 잡배수는 15~20% 정도를 차지하고 있다. 하수처리수의 경우 수량면에서는 충분한 대체량이 확보될 수 있기 때문에 문제는 없을 것으로 판단된다.

4.2 수질특성

4.2.1 공동주택 및 빌딩오수에 있어서 단위 원수의 수질특성

<표 4-1> 세면오수 수질특성(일본)

수질항목	단 위	여 름			겨 울		
		최 소	최 대	평 균	최 소	최 대	평 균
온 도	℃	28	32	30	11	18	13
CODcr	mg/L	45	380	106	40	500	155
BOD	mg/L	7	131	49	21	157	80
SS	mg/L	12	110	41	12	565	101
ABS	mg/L	0	17.8	2.8	0.2	5.5	2.0
n-Hexane	mg/L	0	10	2.5	0	25	7
pH		6.8	8.1	7.6	5.5	7.7	6.5
색 도	도	0	18	8.2	30	80	50

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994.

① 세면(수세)오수

공동주택 및 빌딩에서 발생하는 오수중 세면(세수)오수는 전체 오수량에서 차지하는 비중은 그리 높지 않으나 수질적인 측면에서는 비교적 오염도가 낮기 때문에 대상 원수 선정시 최우선적으로 고려되고 있다.

일본에서의 세면(세수)오수의 일반적인 수질특성은 <표 4-1>과 같다.

② 목욕오수

공동주택 및 호텔, 여관 등 숙박시설을 갖춘 빌딩에서 발생하는 목욕오수는 수량 및 수질측면에서 중수도의 대상 원수로 설정하기에 적합하며, 물리·화학적 처리만으로 재이용이 가능하다. 목욕오수의 습관 등에 따라 수량·수질면에서 상당한 차이를 보이지만, 목욕오수의 평균수질은 <표 4-2>과 같다.

<표 4-2> 일본에서의 목욕오수의 수질 특성

수질항목	농 도 (mg/L)	1인당 부하량(g/인)
COD _{Mn}	13.6	2.2
BOD	48.8	7.9
SS	15.4	2.5
ABS	0.2	0.035
증발잔류물	220	35.6
T-N	4.0	0.64

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994.

③ 냉각수는 유기물 성분이 거의 없으나 용존염류가 농축될 소지가 높다. 일반적으로 여과 및 염소처리 정도의 간단한 처리로서 재이용이 가능하나 전체 오수량 중에서 차지하는 비중이 높지 않을 뿐만 아니라, 여름철에만 한시적으로 이용되기 때문에 년중 운전이 안 되는 점이 제약요건이 된다. 냉각수의 일반적인 수질특성은 <표 4-3>과 같다.

<표 4-3> 냉각수의 수질특성(여름)

수질항목 (단위)	온도 (°C)	CODcr (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	ABS (mg/L)	pH	색도 (도)
최소	28	90	2	5	0.3	7.3	60
최대	30	120	6	10	0.3	7.8	76
평균	29	106	4	6	0.3	7.5	60

④ 주방오수

공동주택의 주방 및 식당, 카페, 레스토랑 등을 갖춘 빌딩에서 배출되는 주방오수인 경우, BOD, COD 등으로 대표되는 유기성분의 오염도가 높고, 유지류 및 계면활성제 등이 고농도이기 때문에 수질적인 측면에서 중수도의 대상원수로 설정하는데 신중한 검토가 필요하다.

주방오수의 일반적인 수질특성은 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 주방오수의 수질특성

수질항목	단위	여름			겨울		
		최소	최대	평균	최소	최대	평균
온도	°C	28	32	30	10	15	12
CODcr	mg/L	180	2,100	732	300	1,800	844
BOD	mg/L	15	1,300	480	108	980	418
SS	mg/L	49	770	218	68	501	296
ABS	mg/L	6.5	214	54.8	5.3	95	21.7
n-Hexane	mg/L	0	343	44	0	107	32
pH	-	4.7	5.9	5.4	4.6	8.6	6.0
색도	도	4	40		20	90	51

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994.

⑤ 수세식 화장실 세정수

수세식 화장실 세정수는 세정량에 따라 오수량이 달라질 수 있으며, 일반적으로 수세식화장실 세정수에는 배설물이 포함되어 있는 관계로 BOD, COD 및 세균에 의한 오염도가 높고 NH_4^+ , pH, 및 용존염류의 농도가 높다. 특히 주의가 필요한 부분은 각종 바이러스가 혼재하고 있다는 점이다.

수세식 화장실 세정수의 일반적인 수질특성은 <표 4-5>과 같다.

나) 공동주택 및 빌딩오수에 있어서 혼합 원수의 수질특성

양질 잡배수(세면오수, 목욕오수, 냉각탑 블로워수)와 주방오수가 섞인 혼합오수의 수질은 단위 원수의 혼합 비율에 따라 수질은 상당히 달라지게 된다. 이들 혼합오수의 수질중 주방오수가 미치는 영향은 상당히 크기 때문에, BOD, SS, ABS 등은 하수와 동등 또는 그 이상의 농도를 가지는 경우도 있어 재이용을 위해서는 상당한 수준의 처리가 요구된다. 이용 형태가 다른 빌딩에 있어서 양질 잡배수와 주방오수가 섞인 혼합원수의 일반적인 수질특성은 <표 4-6>과 같다.

<표 4-5> 수세식 화장실 세정수의 수질특성

수질항목	단 위	여 름			겨 울		
		최 소	최 대	평 균	최 소	최 대	평 균
온 도	℃	28	30	29	9	12	10
CODcr	mg/L	320	1,100	597	60	2,100	719
BOD	mg/L	32	860	197	23	880	328
SS	mg/L	62	400	170	40	2,400	444
$\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L	27	220	91	16	285	141
ABS	mg/L	1.8	42.6	8.7	0	1.7	0.7
n-Hexane	mg/L	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	34	266	119	22	380	211
pH	-	8.4	8.9	8.7	7.3	9.1	8.6
색 도	도	5	400	-	40	800	268

<표 4-6> 혼합 오수의 수질특성

수질항목	단 위	Type-1Building			Type-2Building		
		최 소	최 대	평 균	최 소	최 대	평 균
온 도	℃	21.0	24.5	22.7	26.0	27.0	26.7
COD _{Mn}	mg/L	33	71	47	28	56	44
BOD	mg/L	44	220	167	150	400	260
SS	mg/L	52	104	67	328	513	432
ABS	mg/L	8.4	36.0	19.9	1.3	17	8.9
NH ₄ -N	mg/L	0.4	2.5	2.0	7.6	17	12
Cl	mg/L	40.0	50.0	43.6	0	0	0
pH	-	6.8	7.1	6.9	5.0	6.1	5.5
알칼리도	도	42.0	58.0	50.0	31	73	51

주) Type-1Building : 빌딩내 식당 및 레스토랑이 입주해 있는 초고층 빌딩

Type-2Building : 빌딩내 사무실 및 주택이 입주해 있는 혼합 빌딩

4.3 수량특성

4.3.1 용도별 사용수량 비율

공동주택 및 빌딩의 용도별 사용수량 비율(건물 전체분)은 건물 규모, 이용형태 및 다른 요인들에 의해 다양하게 변화할 수 있으나, 일반적인 측면에서 공동주택 및 빌딩의 용도별 사용수량 비율은 <표 4-7>와 같다.

공동주택의 경우, 수세식 변소용수가 차지하는 비율은 전체하수량의 15~20% 정도이지만, 대형빌딩에 있어서 수세식 변소용수가 차지하는 비율은 `전체하수량의 50~60%의 절대적인 비중을 차지하고 있다. 이와는 별도로 대형 빌딩의 사용수량에 z다란 영향을 미치는 요소로는 빌딩내에 식당, 다방 등과 같은 영업장소의 입주 분포를 들 수 있다. 따라서 대형빌딩내에 중수도를 설치하고자 하는 경우에는 사전에 영업장소의 구성비 및 이들 영업장소의 사용수량을 파악하는 것이 중수도의 수요와 공급의 균형을 맞추는데 주용한 인자로 작용하게 된다.

<표 4-7> 공동주택 및 빌딩의 용도별 사용수량비율(단위 : %)

건물용도	목 욕	세 탁	세 면	주 방	변 소	청 소	기 타	합 계
공동주택	20	24	12	20	16	4	4	100
대형빌딩	-	-	8	18	55	3	16	100

4.3.2 급수량과 하수량의 물수지

대형빌딩에 있어서 중수도의 도입을 계획하는 경우, 우선적으로 재이용 수량에 해당하는 원수량의 확보와 양호한 수질의 원수의 선정이 전제조건이 된다.

중수도를 도입하기 이전의 용도별 하수량 및 급수량의 물수지로서 냉각탑 보급수 이외의 용도로 사용된 물은 대부분 하수도로 방류된다. 따라서 상수도 급수량의 100%에 대해 하수도로 방류되는 비율은 약 83% 정도가 된다. 중수도를 도입한 용도별 하수량 및 급수량의 물수지를 나타낸 것으로 재생수의 용도는 수세식용수와 냉각탑 보급수의 일부로 공급되며, 재생수량의 전체 사용량에 대한 비율은 25% 정도이다. 결과적으로 대형빌딩에 중수도를 설치하게 되는 경우, 상수도 급수량은 25%, 하수도 유입량은 40%의 저감효과를 얻을 수 있다.

공동주택에서 중수도 도입 이전의 용도별 하수량 및 급수량의 물수지와 중수도 도입 이후의 용도별 하수량 및 급수량에 대한 일반적인 물수지 비교검토의 필요하다.

공동주택의 경우 재이용 용도는 수세식 변소용수, 청소용수 및 살수(세차)용수로서 재생수량의 전체 사용량에 대한 비율은 25% 정도, 하수도 방류량은 67%로 줄게되어 결과적으로 상수도 급수량은 25%, 하수도 유입량은 33% 정도의 저감효과를 기대할 수 있다.

4.4 중수도의 용도별 목표수질

중수도의 도입을 계획할 때에 가장 중요한 과제 중 하나가 수질기준의 설정이다. 즉 수질기준의 설정내용 및 항목에 의해 처리시설의 구성이 결정되어지며, 이것은 시스템 전체의 경제성에 직접 관계되기 때문이다. 중수도의 수질은 깨끗할수록 좋지만 용도가 수세식 화장실용수 등으로 이용되어 상수와 같이 양질의 수질이 요구되는 것이 아니므로 처리비용 등 아울러 고려하여 적정 처리수준을 유지하는 것이 중요하다.

중수는 크게 생활용수, 공업용수, 환경용수, 농업용수로 공급될 수 있으며, 이들 각각에 대한 용도별 수질요구 조건은 <표 4-8>과 같다.

생활용수, 공업용수, 농업용수 및 환경용수(유지용수)로 재이용되는 재이용수에 대한 외국의 용도별 수질기준을 살펴보면 다음과 같다.

<표 4-8> 중수도의 용도별 요구 조건

구 분	요구 수질	기 능	재이용에 요구되는 사항			
			심미적 사항	공중위생적 사항	기기·설비에 대한 사항	
생활용	수세식 화장실	저급	오물을 운반하여 배제함	·불쾌감이 없어야 함 ·청결감을 느낄 수 있어야 함.	·인체에 영향이 없어야 함. ·환경적으로 위생적이어야 함	·장해 없을 것.
	청소 용수	중급	대상물을 청결하게 함	사람이 직접 할 경우에 특히 청결해야 함.	·인체에 영향이 없어야 함. ·주변환경에 영향이 없어야 함.	·자동기기일 경우 기기에 장해가 없어야 함.
	세차 용수	중급	차체의 오물을 씻어내고 깨끗이 함.	·사람이 직접 세차할 경우는 청결하여야 함 ·세차 후 차에 얼룩이 없어야 함	·사람이 직접 세차할 경우 인체에 영향이 없어야 함.	·염류가 다량 함유되지 않고 ·녹슬지 않아야 하며 광택을 유지할 수 있어야 함.
	살수 용수	중급	화초, 수목에 수분을 공급하는 것	·청결하면 좋음	·인체에 영향이 없어야 함 ·노상살수, 화초 및 수목에 따라 수질에 차이가 있음.	·장해가 없을 것
냉각용	냉각 용수	저급	공조안의 온도를 냉방 또는 난방에 의해 쾌적한 환경으로 함	·관계없음	·관계없음	·장해가 없을 것
환경용	연못, 분수	중급	정신적, 육체적 휴식공간을 제공함	·청결해야 함	·금붕어가 서식할 수 있어야 함 ·피부접촉, 호흡에 대한 특별한 고려가 있어야 함. ·인체에 영향이 없어야 함 ·환경적으로 위생적이어야 함	·장해를 일으키지 않아야 함.
측 정 항 목			수온, 투명도, 외관, 냄새, 탁도	대장균수, 일반세균, 잔류염소, 바이러스	BOD, SS, pH	

4.4.1 생활용수

수세식 화장실용수나 살수용수로 사용하는 재이용수에 대한 일본의 여러 기관에서 제시하고 있는 대표적인 수질기준에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

4.4.2 공업용수

공업용수에 대한 요구수질은 업종에 따라서 다르며 동일 업종이라도 서로 다른 공장에 따라 다르며 동일 공장에서도 공정에 따라 다르다. 따라서 전체 공업 분야에 대한 수질기준을 일률적으로 설정한다는 것은 어렵다.

일반적으로 대부분 공업용수는 냉각용수, 세정용수, 원료 운송용수 및 생산공정용수 등으로 사용되며 이 중에서 냉각용수로 가장 많이 이용된다. 냉

각용수로서 기본적으로 요구되는 사항은

- ① 열교환기 표면에 스케일이 일으키지 않을 것.
- ② 설비나 기기 중의 금속류에 부식을 일으키지 않을 것.
- ③ 슬라임을 일으키는 미생물의 성장을 증식시키는 영양염류가 없을 것.
- ④ 과도한 거품을 일으키지 않을 것 등이다.

보일러 보충수로 요구되는 수질기준은 운전중의 보일러 압력에 의해 정해지며, 고압의 보일러일수록 양질의 물이 필요하다. 특히, 높은 압력에서 운전하는 보일러 보급수는 증류수와 같은 정도의 수질이 필요하다.

외국에서 적용되고 있는 냉각용수에 대한 수질기준은 <표 4-9>와 같다.

공업용수로 재사용에 대한 수질기준을 살펴보면 다음과 같다.

국내의 공업용수에 대한 수질기준은 환경정책기본법, 환경보전법에 정의되어 있으나 이는 하천 및 호소에서 수역관리를 위한 행정목표로서의 공업용수 기준으로 현재 우리나라에는 중수도를 공업용수로 재이용시 별도로 규정된 수질기준이 아직 없는 상태이다. 수도법에 정해진 기준에 의하면 “공업용수로 쓰는 중수에 대하여는 사용목적에 따라 별도의 수질목표를 설정하여 유지관리할 수 있다”로 규정되어 있다.

공업용수의 수질은 각 기업 및 각 업종·용도에 따라 다양하며 일반적으로 명확하게 되어 있지 않은 경우가 많다. 고압보일러의 경우 엄격하게 수질을 규정하고 있는 것을 제외하고 일반적으로 수질에 대한 요청보다도 수량과 수온에 대한 것이 중시된다. Water Pollution Control Federation(1989)에서는 광역처리 방식의 하수처리수를 냉각수로 재이용할 경우에 중요한 기준을 제시하였으며 그것은 Cl 500mg/L, TDS 500mg/L, 경도 650mg/L, alkalinity 350mg/L, pH6.9~9.0, BOD 25mg/L, Ca 50mg/L, Mg 0.5mg/L, 등이다. 하수처리수를 공업용수로 재이용할 경우에는 업종에 따라 수질기준은 다르게 설정되어야 하며, 각각의 공장에서도 물을 재이용하는 용도에 따라 질기준은 다양하다.

<표 4-9> 냉각시스템 보급수에 대한 요구수질기준

항 목	참 고 문 헌 (1)	참 고 문 헌 (2)
pH	-	6.9 ~ 9.0
탁 도	-	50
알칼리도(CaCO ₃ mg/L)	20	-
경도(CaCO ₃ mg/L)	130	50
BOD(mg/L)	-	25
COD(mg/L)	75	-
염소이온(mg/L)	500	-
철(mg/L)	0.5	0.5
망간(mg/L)	0.5	-

출처 : 건설부 중수도 기술개발 방안 연구 건설부, 1994.

주) (1) WPCF, Water Quality Criteria, April, 1968.

(2) Peteaset, Albert C., Esmond, Steven E. and Wolf, Harold W., Municipal Wastewater Qualities and Industrial Requirements, Paper presented at ASCE meeting, Washington D.C., April, 1973.

4.4.3 농업용수

관개용수의 수질기준은 이용하고자 하는 목적에 따라 다르지만 염분 또는 각종 염화합물에 대한 독성은 식물의 종류에 따라 다르며 토양의 종류, 기후조건, 관개용수의 수질, 관개방법, 배수방법 등은 식물의 대사작용에 영향을 준다. 1970년 일본의 농림성에서 설정한 농업용수에 대한 수질기준은 <표 4-10>과 같다.

<표 4-10> 일본 농림수산성에서 설정한 농업용수 수질기준

항 목	수질기준치	항 목	수질기준치
pH	6.0~7.5	Zn	0.5mg/L이하
COD	6mg/L이하	전기전도도	0.3μohm/cm이하
SS	100mg/L이하	ABS	5mg/L이하
T-N	7mg/L이하	Co	0.1mg/L이하
DO	6mg/L이하	Ni	1mg/L이하
As	0.05mg/L이하	Cd	0.03mg/L이하
Cu	0.02mg/L이하	Cl	1,000mg/L이하

출처 : 건설부, 중수도 기술개발 방안연구, 1994.

이 기준은 농업용수의 수질을 규제하기 위한 것으로 비농사에 대한 농업용수의 수질한계치를 나타낸 것이다. 농업용수는 하수처리수로 재이용하는 경우에 많으며 하수처리를 농업용수로 이용할 경우 문제가 될 수 있다. 주요한 수질항목은 SS 100mg/L 이하, 총질소 7mg/L 이하이며 식생에 영향을 줄 수 있는 수질항목은 SS 100mg/L 이하, 총질소 7mg/L 이하이며 식생에 영향을 줄 수 있는 수질항목으로는 pH, 용존고형물 등이 있다.

농작물이나 목초지의 관개에 요구되는 수질은 작물의 품질에 영향을 주는 단기적인 영향, 토양에 영향을 주는 장기적인 영향 그리고 수확물 이용상의 잠재적인 영향 등의 여러 가지 인자에 의해서 결정된다. 중수도를 농업용수나 공업용수로 재이용할 경우에 각국의 수질기준을 살펴보면 현재 우리나라에는 관개용수 수질기준이 따로 재정되어 있지 않고 환경기준을 이용하고 있는 실정이다. 일본의 경우, <표 4-10>에 나타낸 것과 같이 농림성은 1970년에 농업용수의 수질기준을 정하였다. 이 기준은 수도재배에서의 농업용수의 수질 기준치이며 농업용수댐 등의 건설에 해당하며 그 수질은 일본의 하천의 환경기준치의 유형 D에 해당된다고 할 수 있다. 일반적으로 농업용수로서 이용되는 몇몇 하천의 SS를 분석하고 유기성 SS중의 T-N농도를 구하면 SS에서 기인한 질소만으로 기준치를 넘는 경우가 많다. 이외에 비소, 아연의 기준값은 환경기준 배수기준값과 합치하고 있으며, 쌀의 재배규제가 매우 엄격한 것도 이 기준의 특색이다. 전기전도도의 경우 미국 캘리포니아대학교 대외협력국 (UCCES)이 개발한 농업용수수질기준 지침서에서 $700\mu\text{S}/\text{cm}$ 이하는 문제가 없으므로 $700\sim 3000\mu\text{S}/\text{cm}$ 에서의 오염 우려, $3000\mu\text{S}/\text{cm}$ 이상에서는 작물생육에 큰 영향을 미치는 것으로 분류하고 있다.

우리나라는 $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 기준으로 농업용수 수질을 평가하고 있다. 또한 EPA에서는 하수처리수를 관개용수로 이용하는 경우에 있어서의 수질기준으로 주로 중금속이 식물장애에 미치는 영향을 근거로 기준하고 있으며 pH, TDS 및 잔류염소에 대한 기준도 규정되어 있다. 미국에서의 중수도 중에서 하수처리수를 농업용수로 사용하는 경우에 있어서 많은 연구가 행해졌다.

4.4.4 환경용수(유지용수)

중수도를 레크리에이션용으로 호수 등에 공급할 경우에 다음과 같은 사항이 고려되어야 한다.

- ① 용존산소는 어류가 필요로 하는 수준이상으로 유지되어야 한다.
- ② 질소나 인화합물과 같은 영양 염류는 조류성장의 원인이므로 적정수준이하로 유지 되어야 한다.
- ③ 암모니아는 저농도에서도 어류에 대해 독성이 있다.
- ④ 대장균군은 물과 접촉해서 수인성 전염병의 원인이 되는 병원균이나 바이러스의 존재를 나타내는 지표이므로 기준치 이하로 유지되어야 한다.

5. 중수도 처리기술

상수도나 하수의 처리방법에는 크게 1차처리, 2차처리 및 3차처리로 구분되어 있다. 중수도는 유입하는 원수의 수질과 재이용도에 따라 처리방법이 다르지만 일반적으로 그 처리 방법은 상·하수처리방법과 같다.

중수도에서 처리대상이 되는 물질은 다음과 같다.

- ① 탁도
- ② 색도
- ③ 냄새
- ④ 유기물(BOD, COD, TOC, 유분 등)
- ⑤ 질소, 인
- ⑥ 용존염류
- ⑦ 세균, 바이러스

중수도에 대한 처리는 표에 나타낸 바와 같이 원수의 수질에 따라 크게 달라지므로 가능한 양질의 원수로 선택하는 것이 좋다, 그러므로 재이용상의 문제가 되거나 처리비용이 많이 소요되는 오염물질이 유입되지 않도록 하고 되도록 저농도의 하·폐수를 원수로 한다. 현재 우리나라 각 시·도별 적용되고 있는 중수도 처리기술에 대하여 중수도의 원수와 재이용용도에 따라 정리하여 나타내면 <표5-1>와 같다.

중수도 처리방법으로는 생물학적처리법, 물리화학적처리법, 막처리법으로 하수처리의 방법과 같으며 단위공정으로는 모래 및 헤파물제거를 위한 전처리 등의 1차처리와 활성슬러지 등과 같은 생물학적처리의 2차처리, 그리고 여과, 살균 등의 고도처리가 적용되고 있는 상태로서 중수처리 방법으로 특별히 새로운 방법이 적용되고 있지 않다. 즉 기존의 오수 및 하수처리법에서 모래여과, 활성탄여과 및 오존산화 등의 후속의 고도처리가 추가된 것이라 할 수 있다.

이와같이 <표 5-2>에 제시된 것과 같이 전국적으로 적용되고 있는 중수도 처리시스템은 기존의 상수와 하수처리에서 사용되고 있는 기술들로서 중수도의 원수와 재이용 용도에 따라 다르게 적용되고 있는 것으로 나타났다.

원수가 공정폐수나 폐수처리수인 경우와 같이 공업폐수를 중수도의 형태로 재이용할 때에는 유입원수에 무기물질 및 부유물질이 많기 때문에 주로 기본처리공정으로 화학적처리와 후속처리로 구성되어 응집침전 이후 여과장치 및 막을 이용한 처리방법을 많이 채택하고 있는 그 처리수는 공정용수나 냉각수 등 공업용수로 다시 이용되고 있다. 이에 대해 원수가 오수처리수나 세면수 및 목욕수 등 잡배수일 경우에는 주로 생물학적처리와 후속처리로 이루어져 있고 처리수는 화장실용수, 조경용수, 청소용수 등 잡용수로 다시 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 5-1> 제거대상 오염물질에 따라 적용이 가능한 처리방법

오 염 물 질	용해성 물질	유기 물질	COD(TCD) : 활성탄흡착, 생물학적산화— 화학적산화, 이온교환, 역침투 계면활성제 : 활성탄흡착, 생물학적산화— 역침투 색 도 : 화학적산화, 활성탄흡착, 생물학적산화
		무기 물질	유 해 물 질 : 화학적산화, 활성탄흡착 NO ₃ ⁻ : 생물학적탈질, 이온교환, 역침투, 전기투석 NH ₄ ⁺ : 스트리핑, 생물학적산화, 화학적산화, 이온교환, 역침투, 전기투석 PO ₄ ³⁺ : 응집침전, 생물학적 탈인 용해성 물질 : 이온교환, 역침투, 전기투석
	부유성 물질	유기 물질	COD : 응집부상-침전, 여과, 생물학적환원처리 (질소, 인, 탄소) 병원미생물 : 응집부상-침전, 여과 화학적산화
		무기 물질	광 물 질 : 응집부상-침전, 여과 금 속 : 화학적산화, 응집침전, 여과

<표 5-2> 우리나라의 중수도에 적용된 처리공정 현황

중수도 원수	처리공법	용도
폐수처리수, 공정폐수	<ul style="list-style-type: none"> · 화학침전→모래여과 · 화학침전→막처리 · 화학침전→전기투석 · 화학침전→이온교환 	공정용수, 냉각수, 화장실세정수 세차용수
오수처리수	<ul style="list-style-type: none"> · 모래여과→활성탄 · 활성슬러지→모래여과→활성탄 · 화학침전→모래여과→활성탄 · 화학응집→활성탄 · 화학침전→모래여과→막처리 · 가압부상→활성탄 	화장실세정수, 조경용수,공정용수 청소용수,
생활오수	<ul style="list-style-type: none"> · 미생물첨가법→회전원판접촉법→ 모래여과→활성탄 · 탈인,탈질소처리→오존산화→ 모래여과 →활성탄 · 막처리→활성탄 · 미생물첨가법→화학응집→모래여과 →활성탄 · 활성슬러지→막처리 	화장실세정수, 제설용수, 조경용수, 청소용수, 살수용수
세면수, 목욕수, 청소수	<ul style="list-style-type: none"> · 단계(분주)포기법→ 모래여과 →활성탄 · 회전원판접촉법→화학침전→ 모래여과 →활성탄 · 활성슬러지→막처리 · 화학침전→오존산화→ 단축여과 · 응집침전→ 모래여과→활성탄 · 접촉산화→ 모래여과→활성탄 · 오존산화→화학침전→모래여과 →활성탄 	화장실세정수, 조경용수,냉각수 청소용수, 살수용수

5.1 응집침전

전국에서 화학침전이나 화학응집 등 응집침전으로 운영되고 있는 중수도 시설은 조사된 자료에 의하면 23개소 정도로서 주로 공업용수로 공급하고 있다.

응집침전법은 침전하기 어려운 물속의 미립자를 응집시켜서 커다란 플럭으로 성장시켜 침강성을 높여서 침전제거하는 방법으로 주로 물속의 인을 불용성 화합물로 만들어 제거하는데 적용되고 있다. 물속에 부유하고 있는 미립자는 + 또는 -로 대전하고 있으며 이것은 응집제를 첨가해서 전하를 중화하면 입자표면의 전위가 저하하여 응집하기 쉬워진다. 동시에 생성된 플럭이 수중의 부유물과 세균, 콜로이드 등을 포함하여 침전하고 그것들을 제거한다.

일반적으로 하수처리에서는 알루미늄이나 철 등의 금속염이나 석회를 응집제로서 사용하는데 고분자 응집제를 단독 또는 무기응집제로 병용하기도 한다.

호소나 폐쇄성 수역 등의 공공수역의 부영양화의 진행에 따른 각종 문제가 두드러지게 나타나고 있어 인제거 방법이 필요하게 되고 있다. 2차처리수의 응집침전 처리에서의 인이 충분히 제거되면 부유물질(SS)이나 유기물성분 등도 충분히 제거되는 경향이 있기 때문에 응집침전법의 처리 성능에 대한 검토는 인제거를 중심으로 이루어지는 경우가 많다.

응집침전법은 각종 인제거 방법 중에서 인제거율의 면에서 가장 뛰어난 처리법이며 항상 안정된 결과를 얻을 수 있다. 그러나 응집침전만으로는 BOD, SS 제거율이 올라가지 않는 경우가 있으므로 침전후 모래여과시설을 설치하는 경우가 많다. 응집침전 슬러지는 인이 안정적인 침전물로 바뀌어 있기 때문에 슬러지소화 그 외의 슬러지처리프로세스에서의 인용출이 없어서 반류수로서 인이 되돌아오는 일은 없으며 또한 소화를 저해하지 않는다. 그러나 슬러지발생량이 크므로 처리처분에 많은 비용이 소요된다는 것이 결점이라 할 수 있다.

5.2 급속모래여과법

급속모래여과법은 우리나라 대부분의 중수도시설에서 후속처리공정으로 적용되고 있다.

생물학적으로 처리된 처리수에는 저농도이지만 미생물의 플럭의 부유물질이 포함되어 있으므로 이 부유물질을 제거하면 더욱 양질의 처리수를 얻을 수가 있다. 이때 적용할 수 있는 방법이 급속모래여과법으로서 부유물질은 모래 등의 입상물질 사이에 포착되어 제거된다. 처리공정으로는 2차처리수의 직접여과, 응집제를 첨가하고 나서 여과하는 응집여과, 그리고 응집침전을 실시하여 부하량을 저하시키고 나서 여과하는 경우가 있다. 최근에는 인의 동시제거를 목적으로 하는 경우를 제외하고는 2차처리수를 직접 여과하는 것이 보통이다. 급속모래여과법은 여과방향에 따라 하향류식, 상향류식, 상하향류식, 수평류식으로 구분되며 또한 여과압력을 주는 방식에 따라 개방형의 중력식과 밀폐형의 가압식으로 나누어진다. 또한 역세척시에 여과를 정지하여 처리하는 회분식 여과방법과 유동상 상향류식 여과와 같은 연속식 여과방법으로 분류할 수 있다. 각각의

방식에 따라 여재구성, 수량제어 방식 등은 약간 달라진다.

급속여과에서 얻어지는 제거율은 부유물질이 50~90%, 탁도 30~80%, BOD 20~80%이며 COD의 제거율은 일반적으로 낮으며 특히 용해성 COD는 낮다. BOC제거율이 높은 것은 부유물질에서 유기물질이 제거되기 때문이다. 급속여과는 대부분의 고도처리시스템에 넣을 수 있는 고도처리의 기본적 프로세스로서 처리능력이 안정적이며 운전도 간단하므로 2차처리수가 탁하여 콜로이드나 미세입자를 많이 포함하고 있을 때는 여층이 조기에 폐색되고 세정하는 빈도가 증가되어 실제 가동시간이 감소되므로 전단계에서 부유입자를 충분히 제거하여야 한다.

최근의 여과공정은 단층여과보다는 다층여과형태가 주로 적용되고 있으며 그 공법이 경제적인 것으로 평가되고 있다(City of Los Angeles, 1993), 2차처리수에 응집처리-여과-염소소독공정이 일반적인 중수처리공정으로 이용되고 있으며 California주(1992)에서는 다음과 같은 운영 및 설계지침을 제시하고 있다.

- ① 생물학적 2차처리수의 탁도가 5NTU이상이면 응집제 투여할 것
- ② 직접여과의 최대여과속도는 12m/hr정도일 것
- ③ 여과수의 탁도는 2NTU이하로 운영할 것
- ④ 염소첨가시 고속혼합을 할 것
- ⑤ 염소의 접촉시간을 최소한 90분으로 할 것
- ⑥ 염소소독후 최소의 염소잔류량을 5mg/L로 할 것
- ⑦ 염소소독조의 장폭비 즉, 길이 : 폭의 비가 최소 40:1이상일 것 등이다.

급속모래여과의 제거율에 대해서는 아직 우리나라의 중수도 운영자료가 충분하지 않으므로 일본의 경우를 제시하면 도쿄도(東京都) 오치아이(落合) 하수처리장의 상향류 여과지(450,000m²/일)의 처리결과는 시간에 따른 제거율의 변화를 <그림 5-3>에 나타내었다.

SS 및 BOD의 제거율은 높지만 COD 특히 용해성 COD의 제거율은 낮으며 대장균은 50%정도로 감소되었으며 질화공정도 다소 진행되고 있는 것을 알 수 있다.

<표 5-3> 일본의 LDHCL아이 처리장 여과시설의 처리성적

항 목	원 수	여 과 수	제 거 율 (%)
SS(mg/L)	8.2(4~25)	2.2(1~7)	71
BOD(mg/L)	7.1(3~14)	4.1(2~9)	42
COD(mg/L)	14.9(10~23)	11.8(7~17)	21

출처 : 김갑수 등 공역, 하수의 고도처리기술, 2000.

5.3 활성탄 흡착

활성탄흡착법은 급속모래여과법과 마찬가지로 생물학적이거나 화학적인 처리 후의 후속공정으로 적용되고 있으며 급속모래여과법과 병행하여 사용되고 있는 처리법이다.

활성탄흡착법은 활성탄의 흡착작용을 이용하여 주로 물 속의 유기물을 제거하는 처리법이다. 활성탄은 탄소 주성분으로 하는 다공질체의 총칭으로서 뛰어난 흡착력을 가지고 있으며 야자껍질, 톱밥, 목재, 석탄 등의 식물 또는 화석식물을 원료로 하고 있다. 형상으로는 입상탄과 분말탄으로 분류할 수 있다.

2차처리수를 활성탄을 통과시키면 COD 및 TOC로 표시되는 유기물은 흡착되어 제거된다. 일반적으로 COD제거율은 70~100%이고 색도는 약 50%, ABS는 약 80%이며 이러한 제거율은 점차적으로 저하된다. 활성탄흡착은 저분자 유기물이나 색도의 제거에 유효하므로 인제거, 질소제거, 모래여과 후의 최종처리 단계에 활성탄흡착으로 처리하는 경우도 많다.

일본공업용수협회에서 실시한 일본 미나미스나마치 실험장에서 접촉시간 40분에서 약 1시간 운전한 결과를 정리하여 나타내면 <표 4-2>과 같다.

이 조사에서는 COD제거능력이 장기간 지속되고 있다. COD의 누적 제(흡착)량은 토목연구소의 조사에서 70~100%이고 색도는 약 50%, ABS는 약 80%이며 이러한 제거율은 점차적으로 저하된다. 활성탄흡착은 저분자 유기물이나 색도의 제거에 유효하므로 인제거, 질소제거, 모래여과 후의 최종처리 단계에 활성탄흡착으로 처리하는 경우도 많다.

일본공업용수협회에서 실시한 일본 미나미스나마치 실험장에서 접촉시간 40분에서 약 1시간 운전한 결과를 정리하여 나타내면 <표 5-4>과 같다.

이 조사에서는 COD제거능력이 장기간 지속되고 있다. COD의 누적 제거(흡착)량은 토목연구소의 조사에서 70~105kgCOD/m³ · 활성탄이며 東京都의 조사에서는 40~150kg/t · 활성탄이었고 공업용수협회의 조사에서는 108~236kg/t · 활성탄으로 나타났다.

<표 5-4> 일본 미나미스나마치 실험에 있어서 처리성적

항 목		원 수	처 리 수
탁 도	(도)	3(2 ~ 15)	1(0 ~ 4)
색 도	(도)	15(3 ~ 18)	1(0 ~ 5)
COMn	(mg/L)	8(5 ~ 15)	2(1 ~ 7)
CODCr	(mg/L)	29(18 ~ 40)	8(0 ~ 15)
BOD	(mg/L)	5(2 ~ 12)	2(0 ~ 12)
TOC	(mg/L)	12(7 ~ 16)	5(2 ~ 12)
ABS	(mg/L)	0.5(0.3 ~ 1.0)	0.05(0 ~ 0.1)

출처 : 김갑수 등 공역, 하수의 고도처리기술, 2000.

5.4 오존산화

오존의 살균력은 염소나 이산화염소에 비하여 수십배가 강하다고 알려져 있다. 염소재의 경우는 세균의 세포막을 통과하여 흡수계 효소의 작용을 저해하고 동화작용을 정지시키는 방법으로 살균시키는 것에 비하여 오존의 경우는 세포막 그 자체를 강력한 산화력으로 분해 혹은 파괴하기 때문에 처리수 중에 암모니아 농도가 높은 경우에는 염소는 암모니아와 반응하여 클로라민을 생성하여 살균효과가 저하하지만 오존에는 이러한 문제는 발생하지 않는다.

연구된 바에 의하면 물 속의 COD 1mg을 제거하기 위해서는 2~5mg이상의 오존이 필요하며 또한 오존을 다량으로 첨가해도 그 제거에는 한계가 있다. 색도는 매우 효과적으로 제거되며 원수도 색도가 10~15mg/L인 경우에 50%정도의 제거율을 얻기 위해서는 오존주입량 5mg/L, 체류시간 10분이상이 필요하며 무색으로 처리하기 위해서는 10mg/L정도의 오존주입이 필요하다. 또한 악취제거에 대해서는 오존주입량 3~10mg/L이고 체류시간 5분으로 원수의 악취를 50%이상으로 제거할 수 있다.

일본 홋카이도 공업개발시험소가 2차처리수의 응집침전, 모래 여과수를 원수로 하여 조사한 결과를 오존첨가량에 대한 COD, TOC의 제거율을 정리하여 나타내면 다음 <표 5-5>와 같다. 오존 첨가량 30mg/L 이하의 첨가에 의한 COD, TOC 제거율은 20~40% 정도이다.

<표 5-5> 오존 처리에 의한 COD·TOC제거율

월	수 온 (°C)	오존첨가량(g/m ³)	COD제거율(%)	TOC제거율(%)
6	16.5	64.45	62.8	52.7
7	18.0	53.54	57.8	53.5
8	19.6	32.90	-	44.4
9	19.2	16.54	37.3	39.0
10	16.0	16.72	47.3	42.5
11	14.1	27.74	41.4	30.9
12	11.7	40.11	39.1	32.8
1	11.1	27.52	20.1	27.0
2	11.0	26.79	40.6	35.7

출처 : 김갑수 등 공역, 하수의 고도처리기술, 2000.

이와 같이 오존처리는 유기물, 색도, 악취제거 및 살균에 효과가 있으며 오존의 처리효과에 대하여 <표 5-6>에 나타내었다. 그러나 오존처리로 유기물을 제거하는 것은 효과가 그다지 노지 않으며 다량의 오존을 필요로 하므로 처리비용도 높아지게 된다.

<표 5-6> 오존처리의 효과와 한계

효 과	신속하고 완전한 탈색, 탈취 TOD, COD, 발포물질, n-핵산유출물의 제거 NO ₂ -N, Fe ²⁺ , Mn ²⁺ 의 신속산화 미생물 플록에 기인하는 질소의 제거 바이러스의 신속하고 완전한 불활성화 용존산소의 증대 고분자 유기화합물의 저분자화
한 계	PO ₄ -P, NH ₃ -N, 중금속이온, 염류 등의 제거는 불가능

출처 : 김갑수 등 공역, 하수의 고도처리기술, 2000.

5.5 회전원판접촉법

회전원판접촉법은 생물막법의 일종으로서 활성슬러지가 부유성 미생물을 이용하는 방법인 반면에 다양한 접촉재에 부착되어 있는 미생물막을 이용하여 처리하는 방법이다. 하수 중에 있는 BOD, 질소, 인 등은 호기성상태에서 생물막에 존재하는 미생물에 의해 산화 혹은 합성에 이용되어 제거된다.

회전원판은 증식속도가 늦은 질산화미생물이 부착하기 쉬우므로 미국에서는 도시하수중의 질소를 제거하기 위해 회전원판접촉법을 많이 사용하고 있다. BOD와 질소를 제거하기 위한 처리방법으로 회전원판접촉법만을 적용하여 처리하는 방식과 활성슬러지 후에 회전원판접촉법을 연결하여 처리하는 방식이 있다.

회전원판접촉법은 일본에서는 폐기물 매립처분장 침출수나 청소공자[○]폐수의 질산화, 탈질에 많이 적용되고 있으며 또한 주택단지 등 소규모시설의 고도처리에도 다수 적용되어 운영되고 있다.

도시하수의 질산화, 탈질을 위해 가동 중이니 시설 중에서 최대인 것은 미국 플로리다주 오란도하수처리장이다. 계획하수량은 90.840m³/일로 BOD 및 질산화제거용의 회전원판접촉조→황산반토 및 폴리머 첨가→중간침전지→탈질용 회전원판접촉조(메탄올 첨가)→황산반토, 폴리머첨가→모래여과→염소주입→처리수의 공정으로 처리하고 있다. 질산화조의 체류시간은 5,6시간, 탈질조의 면적부하는 5.4gNO₃-N/m²·일, 체류시간은 1.7시간이다.

5.6 이온교환법

이 방법은 알루미늄 규산염광물의 일종인 제오라이트족 광물이 물 속의 Na^+ 나 Ca^{2+} , Mg^{2+} 보다 NH_4^+ 이온교환 작용에서 선택적으로 잘 흡착한다고 하는 특성을 이용한 암모니아 제거법이다.

선택적 이온교환법 프로세스는 원수와 제오라이트를 접촉시키는 방법으로 분말상태의 제오라이트를 현탁시켜 교반하는 방법과 입자상태의 제오라이트를 충전시킨 칼럼을 통과시키는 방법이 있으며 후자가 더 일반적이다. 입상 제오라이트를 이용하는 처리프로세스는 통수→세정→재생과 같은 3단계 공정으로 구성된다.

5.7 질소·인 동시제거법

생물학적 질소·인의 동시제거법은 질소, 인 각각의 생물학적처리법을 조합한 것으로 현재 각종 고도처리 프로세스에 도입되고 있다. 유입수와 반송슬러지는 최초 혐기조(Anaerobic조, 분자상산소도 결합형산소도, 없는 상태)에 들어가 인을 방출하고 유기물을 섭취한다. 다음 조인 무산소조(Anoxic조, 탈질조라고도 함)에는 호기조에서 질산화된 액이 순환되며, 이 중에서 질산, 아질산의 결합산소가 호흡에 이용되어 탈질이 이루어진다.

그 다음 조인 호기조(Oxic조)에서는 유기물의 산화, 인의 섭취, 질소의 질산화가 이루어지며 혼합액의 일부는 무산소조로 순환된다. 그러므로 동일한 활성슬러지 중에 탈인균, 질산화균, 탈질균과 생육조건이 다른 미생물이 생존하고 있으므로 두 가지가 기능을 균형적으로 발휘해 항상 높은 제거효율을 유지하도록 하는 것이 중요하다.

생물학적 질소·인 동시제거법의 기본 구조라고 말할 수 있는 수정 Bardenpho, A^2O 및 그 변형법의 조사결과에서 운전조건은 BOD-SS부하가 $0.1 \sim 0.15\text{kg/kg}\cdot\text{일}$ 정도이며 T-N제거율은 $50 \sim 70\%$ 이고 T-P제거율은 $50 \sim 90\%$ 정도이다. T-N제거율은 생물학적 질소제거법과 비슷한데, T-P제거율은 생물학적 탈인법에 미치지 못하며 불안정하지만, 이들 모두 표준활성슬러지법보다 우수하다.

인제거가 잘되면 질소제거가 좋지 않거나, 질소제거가 잘되면 인이 잘 제거되지 않는 등 질소, 인이 동시에 고효율로 제거되는 예는 적다. 앞서 밝힌 바와 같이 본 법의 질소, 인 제거율은 $50 \sim 70\%$ 정도이다. 이 제거범위를 목표로 질소, 인의 효율적인 제거를 위해서는 적어도 계절변동에 따른 각 반응조의 용량비 설정, 운전조건을 적절한 유지가 중요하다. 예를 들면 반응조를 세분화하여 각조를 효율적으로 운영하기 위해 질산화액의 순환장소를 복수로 하는 등으로 설계상으로 고려할 필요가 있다. 그리고 질소·인을 안정되게 제거하기 위한 운전조건을 확립하는 것이 앞으로 중요한 과제이다.

5.8 막처리법

막분리법은 침투와 여과 두 가지 현상을 연구·개발하여 발전된 기술이다. 막을 이용하여 물질을 분리하는 원리는 용매는 통과하지만 용질은 전혀 통과하지 않는 반투막을 용매가 빠져 나오는 원리를 이용한 것이다. 즉 물질을 어떠한 구동력(보통 압력차)으로 막을 통과시켜 분리하는 방법으로서 한외여과법이 고분자 물질을 분리하는 것을 목적으로 하는 것에 비해 역삼투막법은 저분자물질을 이온영역까지 분리하는 것을 목적으로 한다.

현재는 목적과 용도에 맞는 막소재가 활발히 개발되고 있으며, 해수의 담수화에 그치지 않고 넓은 분야로 응용, 실용화되고 있다. 예를 들면 순수의 제조, 의약품·식품공업 등의 농축, 분리정제, 폐액에서 유기물 회수, 폐수처리 등이다. 중수처리에서는 일반적으로 원수중의 SS, 콜로이드입자(탁도), 고분자 유기물 및 박테리아 등은 막의 세공을 통과하지 못하므로 농축액으로 분리된다. 한편 무기염류와 저분자량의 유기물은 투과수와 함께 막을 통과한다.

막성능은 분리성능, 투과능력, 내구성 등으로 평가할 수 있는데, 한외여과막에서는 분리성능을 분획분자량(막으로 거의 완전히 분리되는 물질의 분자량을 말한다. 이미 알고 있는 분자량을 가진 표준물질로 그 값을 정한다)으로, 역침투막에서는 특정조건으로 예를 들면 공급수 1,500mg/L 식염수, 압력 30kg/m², 온수 25℃, 회수율 75%의 운전조건에서 염소제거율로 나타내고 있다. 실제로는 대상액의 용질배제율로 평가해야 한다.

<표 5-7> 한외여과막(튜브라형)에 의한 처리성적

항 목	원 수	투 과 수	제거율 (%)
외 관	담황색	담황색, 투명	-
냄 새	약한 하수냄새	약한 하수냄새	-
색 도 (도)	35	20	43
탁 도 (도)	3	<1	>67
MBAS (mg/L)	0.14	0.13	7
SS (mg/L)	1.5	0	100
용해성물질 (mg/L)	657	652	1
COD (mg/L)	13.3	7.0	47

출처 : 김갑수 등 공역, 하서구의 고도처리기술, 2000.

<표 5-7>는 한외여과막에 의한 처리성적으로, 입자경이 큰 SS는 거의 완전히 제거되었다. COD제거율은 평균 약 50%이지만, SS성분 제거에 중점을 두고 있기 때문에 용해성물질은 제거되지 않았다.

<표 5-8> 역삼투막의 분리성능

분류	항 목	항 목			
		원 수	특 과 수	제거율%	
A	외 관	담 황 색	무색투명	-	주) A 감각적 지표 단위
	냄 새	약한하수냄새	무 취	-	
	색 도	25	0	100	
	탁 도	3	<1	>67	
	음이온계면활성제	0.14	0.03	78.6	
B	S S 용해성증발잔류물	<1	0	100	B 고형분 지표 색도, 탁도도
		688	51	92.6	
C	CODMn	10.8	0.5	95.4	C 유기분 지표 전기전도도 $\mu\text{S}/\text{cm}$ D 부영양화 지표 기타 mg/L E 무기물 지표
D	총 인	1.4	0.01	99.3	
	총질소	20.2	4.1	80.1	
	암모니아성질소	16.3	2.8	82.8	
	질산성질소	2.2	1.1	50.0	
E	pH	6.5 ~ 6.8	5.3~5.7	-	
	도 전 율	1,228	112	90.9	
	나 트 른	197	17	91.4	
	칼 슴	39.7	1.3	96.7	
	염소이온	227	22	90.3	
	황산이온	128	1.7	98.7	
	실리카	22.5	3.3	85.3	

출처 : 김갑수 등 공역, 하수의 고도처리기술, 2000.

東京都에서는 한외여과막 조사와 함께 모래여과수를 원수로 소규모 역삼투막 실험을 실시하고 있다.

분리성능은 <표 5-8>와 같이 투과수는 무색투명, 무취로 외관상으로는 수돗물과 구별하기 어려울 정도이다. 유기물 제거를 보면 투과수의 BOD, COD는 1mg/L 이하, COD는 1mg/L 이하, COD 제거율은 90% 이하였다. 염소이온 1가의 제거율은 90%, 황산이온 2가의 제거율은 95%로 다가이온의 제거율이 높다. 공급수 농도가 변해도 제거율은 거의 일정했으며, 공급수 농도가 높으면 투과수 농도도 높아진다. 이 분리경향은 양이온에서도 마찬가지로, 나트륨이온1가의 제거율 90%에 대해 칼슘 2가는 95% 이상 제거되었다. 실리카도 80% 이상 제거되었으며, 전도율도 약 1/10으로 떨어졌다.

영양염류는 T-N, NH₃-N은 80%이상의 제거율을 보였는데, NO₃-N은 50% 정도였다. 투과수의 T-P는 0.01mg/L이었으며, 이 값은 조류의 발생한계농도 정도의 값이다.

일본하수도사업단에서는 막분리기술의 하수처리 적용에대해서 1995년에 조사하였다. 막분리에 관한 문헌 887건(1955~1991) 중에서 하수처리, 재생수 이용 등에 착목하여 43문헌을 집약하여 정리한 것에 의하면 하수처리수를 대상으로 한 고도처리는 18건 있으며, 분리법은 역삼투막이 많고, 그 처리수의 용도는 처리장내용수(중수도) 및 공업용수(보일러)가 대부분을 차지하고 있다고 보고

하고 있다.

치리특성에서도 나타내었지만, 막분리라고 해도 그 투과성능은 모두 다르다.

<표 5-9>은 역삼투막과 한외여과막의 분리성능을 비교한 것이다. 역삼투막의 투과수가 무색투명, 무취 등 외관이 수돗물과 같고 입자성, 용해성을 불문하고 거의 모든 성분물질이 제거되는 것에 비해 한외여과막의 투과수는 색깔이 약간 있고, 하수냄새도 나며 유기물은 50% 정도밖에 제거가 안되었으며 무기물은 거의 제거되지 않는다. 그러나 세균류는 입자가 커서 어떤 막에서도 제거되었다.

일반적으로 막분리법은 비용이 비싸므로 현시점에서는 한정된 분야, 예를 들면 한외여과법을 빌딩내 중수도 시설에 적용하는 정도이다. 그러나 막기술개발로 LWLSCJR은 눈부시며 역삼투막과 한외여과막사이의 분리성능을 가진 역삼투막도 개발되고 있어서 앞으로 이용범위도 확대될 것으로 예측되고 있다.

<표 5-9> 역삼투법과 한외여과법의 비교

분류	항 목	제 거 율 (%)		
		역 삼 투 법	한 외 여 과 법	
A	외 관 냄 새 색 도 탁 도 MBAS	무색투명 무 취 100 >67 79	진한 황색투명 약한 하수도 43 >67 7	주) A 감각적 지표 단위
B	S S 용해성증발잔류물	100 93	100 1	B 고형분 지표 색도, 탁도 도
C	COD	95	47	C 유기분 지표 전기전도도 $\mu\Omega/cm$
D	총 인 총 질 소 암모니아성질소 질산성질소	99 80 83 50	- - - -	D 부영양화 지표 기타 mg/L
E	나트륨 칼슘 염소이온 황산이온 실리카	91 97 90 99 85	- - - - -	E 무기물 지표

5.9 전기투석법

전기투석법은 역침투법, 물을 가열비등시켜 발생한 증기를 냉각하는 증발법, 이온교환수지의 이온선택성을 이용한 이온교환법 등과 같은 염류분리기술의 하나이다.

전기투석은 1940년 Mayer 등이 셀로판막(카디온 투과막)과 인조장관막(아니온 투과막)으로 실험했다. 그 후 다양한 교환막이 개발되었으며 전기투석법은 염류제거와 농축등 많은 분야에서 실용화되고 있다. 식염제조를 위한 해수농축, 해수와 지하관수의 식용수와 공업수의 제조, 각종 제조공정에서의 분리·정제 등이 그 예이다. 최근에는 폐액처리, 폐액에서 유기성분 회수, 폐수의 고도처리 기술로도 이용되어 연구가 진행 중이다.

건설성 토목연구소가 하수2차처리수를 모래여과-활성탄 흡착으로 전처리한 것을 원수로 약 100일간 연속운전했을 때 제거율을 나타낸 것이 <표 5-10>이다.

<표 5-10> 유기물, 영양염류의 제거율

항 목	원수농도(mg/L)	희석농도(mg/L)	제거율(%)	농축수농도(mg/L)	농축률(%)
COD	5.5	5.3	4.5	6.4	116
총 인	4.3	2.5	42.0	8.4	196
암모니아성질소	10.7	3.8	64.5	42.8	400
질산성질소	1.5	0.7	50.3	5.6	371

주) 전기(015일간)관 후기(109일간)의 총 평균치

COD는 거의 제거되지 않고, 영양염류의 제거율은 탈염율과 같거나 그 이상이다. 전기투석법의 제거대상은 이온화하는 무기염류로, 부유물과 용해성유기물, 무기물인 경우에도 전리도가 낮은 SiO_2 등은 제거할 수 없다. 따라서 재이용할 경우에 이러한 물질이 문제가 될 때는 미리 전처리단계에서 제거해야 한다. 막의 폐색을 방지하기 위해 전처리로 모래여과장치가 필요하다.

5.11 재이용수량

중수도의 수요량은 공급계획시설 및 지역의 용도별 사용수량에 의해 결정하며 재처리시설, 송배수시설 및 이용설비를 설계할 때 기본이 되기 때문에 적절하게 설정하여야 한다.

중수도시스템이 필요한 각 시설의 설계대상이 되는 수량은 <표 4-5>와 같다. 이들 시설의 설계대상수량의 기본이 되는 것이 계획 1일 최대이용수량이다.

<표 5-11> 각 시설의 설계대상 수량

시 설 명	설계대상수량
처 리 시 설	계획 1일 최대이용수량
송 수 시 설	계획 1일 최대이용수량
배 수 시 설	계획시간 최대이용수량
이 용 시 설	계획시간 최대이용수량

$$\text{계획시간 최대이용수량} = \frac{\text{계획1일최대이용수량}}{24} \times 1.3$$

계획 1일 최대이용수량의 산출방법은 3가지 방법이 있다.

- ① 1인당 이용수량 원단위로 구하는 방법
- ② 단위면적 당 이용수량 원단위로 구하는 방법
- ③ 사용기구의 사용량에 의해 구하는 방법

위 3가지 최대이용수량 산출방법의 산출식은 다음과 같다.

- ① 1인당 이용수량 원단위로 구하는 방법

$$Q_1 : p \times a_1 \times r$$

Q_1 : 1일 최대 이용수량 (m³/일)

p : 계획 이용자수(인)

a_1 : 1인당 이용수량 원단위 (l/인 · 일)

$$r : \text{이용수량비} \left(\frac{\text{재이용수량}}{\text{총물사용량}} \right)$$

- ② 단위면적 당 이용수량 원단위로 구하는 방법

$$Q_2 : s \times a_2 \times r \times 10^{-3}$$

Q_2 : 1일 최대 이용수량 (m³/일)

s : 총 연상면적 (m²)

a_2 : 단위면적 당 이용수량 원단위 (l/m² · 일)

r : 이용수량비 (%)

- ③ 사용기구의 사용량에 의해 구하는 방법

이 방법은 대상 시설 내에 건축설비 내용이 명확한 경우에 적용한다.

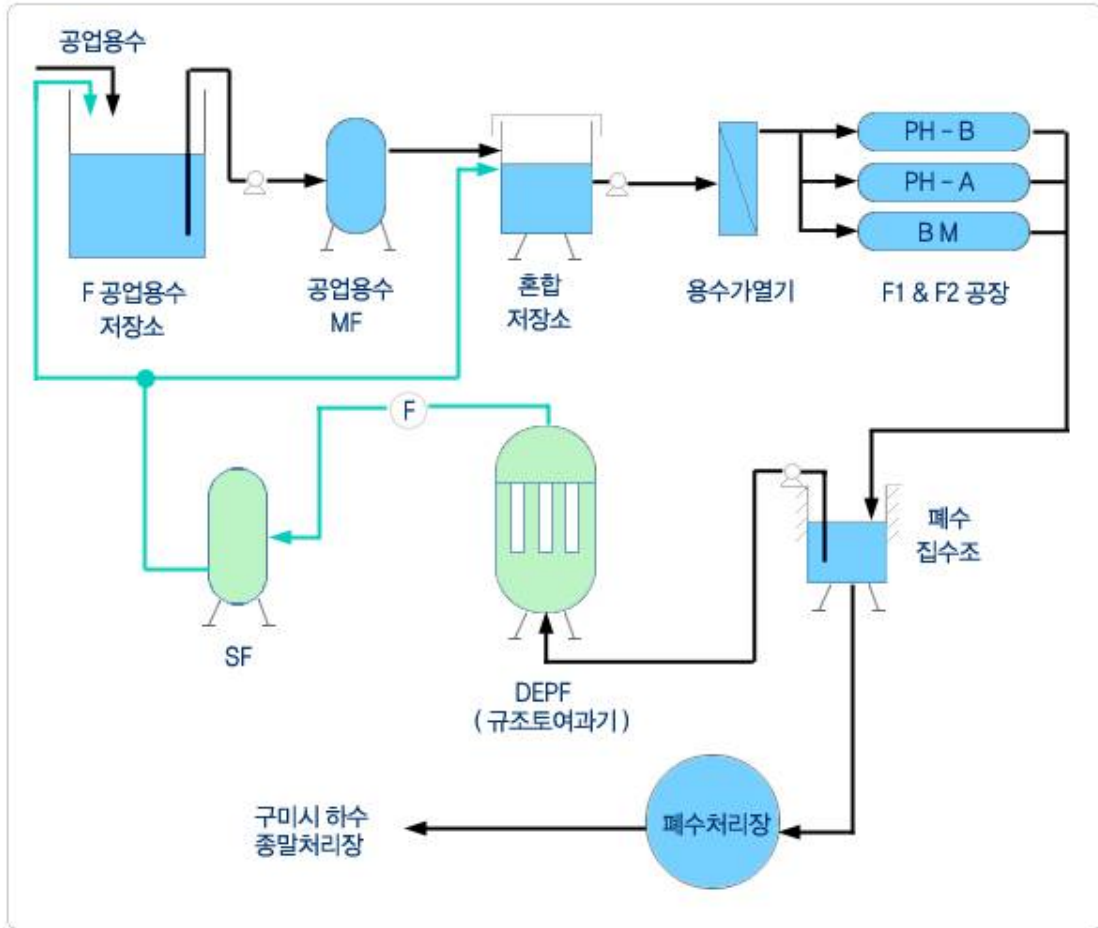
$$Q_3 = \sum (n \times q_1 \times l \times \eta \times t \times 10^{-3})$$

Q_2 : 1일 최대 이용수량 (m³/일), n : 시설 수 (개)

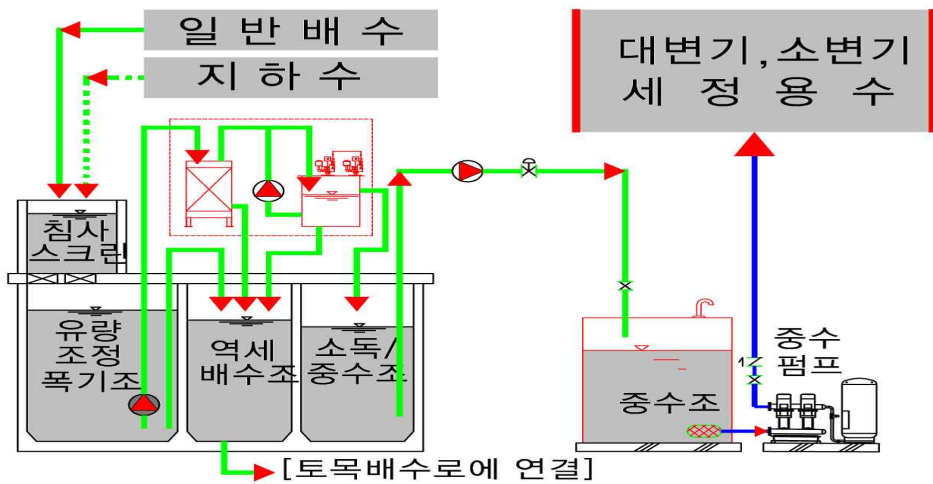
q_1 : 1회 이용수량 (l/회 · 개), l : 1시간 당 이용회수 (회/hr)

η : 시설의 동시 사용율 (%), t : 이용시간 (hr)

<그림5-1> 중수도 시설 공정도



<그림 5-2> 금융감독원 건물의 리모델링시 중수도 처리 방식

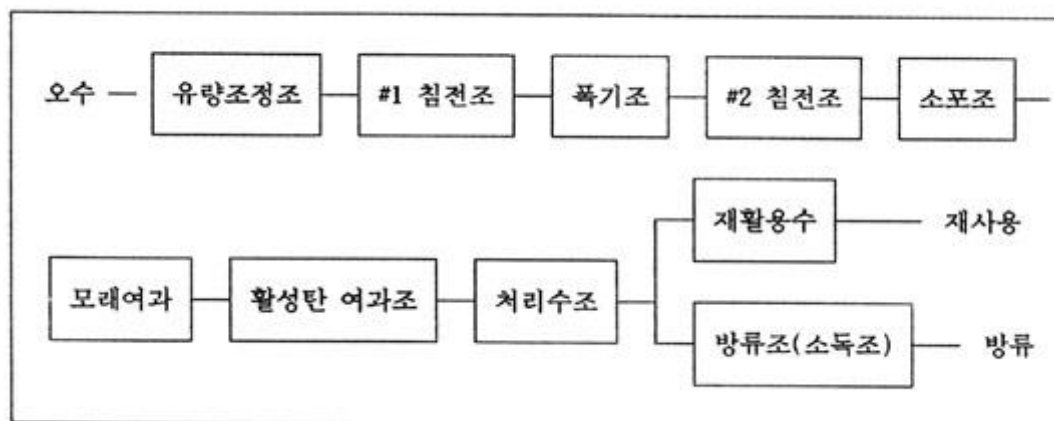


<그림 5-3> 각종 중수도 시설의 공정도



	용도	원수	처리과정
개별순환방식	수세변소용수	잡배수 (주방배수 불포함)	생물학적처리 — (웅집침전) — 여과 — 염소
		잡배수 (주방배수 포함) 오수	생물학적처리 — (웅집침전) — 여과 — 염소 생물학적처리 — (웅집침전) — 여과 — 염소
순환방식	수세변소용수 냉각탑보급수 조경용수	잡배수 (주방배수 불포함)	생물학적처리-(웅집침전)-여과-활성탄처리-염소 (생물학적처리) - 막처리 - 염소
		잡배수 (주방배수 포함) 오수	생물학적처리-(웅집침전)-여과-활성탄처리-염소 생물학적처리 - 막처리 - 염소 생물학적처리-(웅집침전)-여과-활성탄처리-염소 생물학적처리 - 막처리 - 염소
	수세변소용수	하수처리수	(웅집침전) — 여과 — 염소
지구순환방식	수세변소용수 냉각탑보급수 조경용수 살수용수	하수처리수	(웅집침전)-여과-활성탄처리-염소-막처리-염소

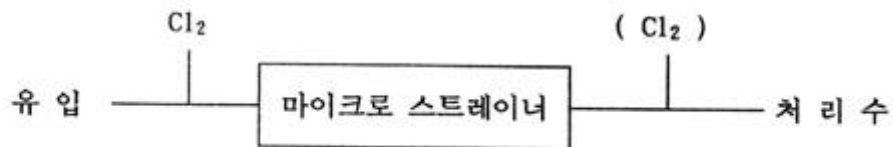
< 삼성전자 처리시설 흐름도 >



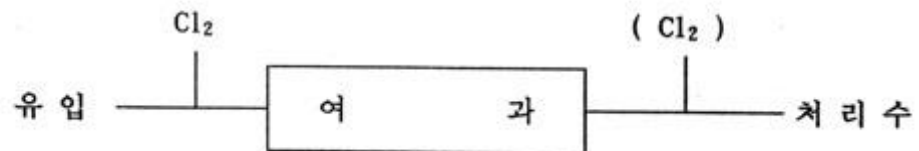
< 현대전자 처리시설 흐름도 >



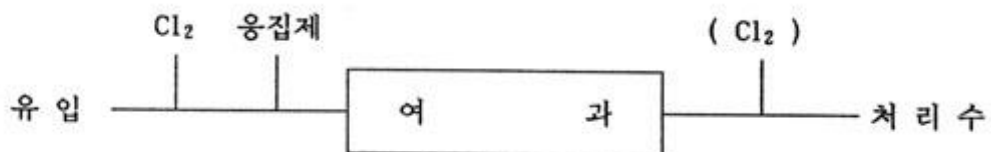
1) 처리과정 (A)



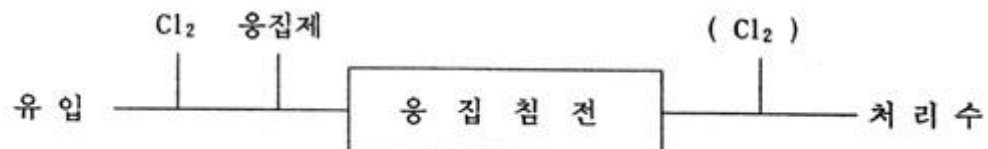
2) 처리과정 (B)



3) 처리과정 (C)



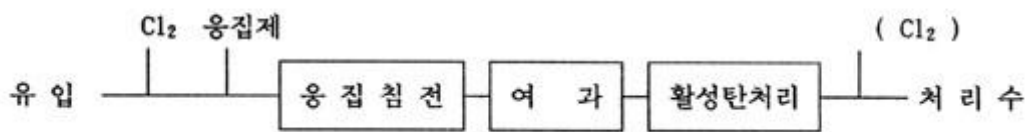
4) 처리과정 (D)



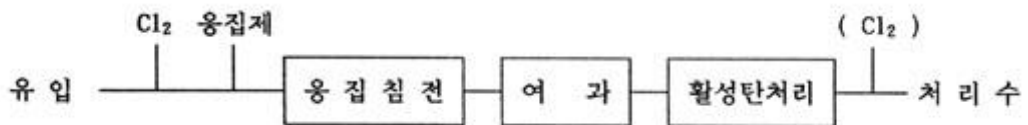
5) 처리과정 (E)



6) 처리과정 (F)



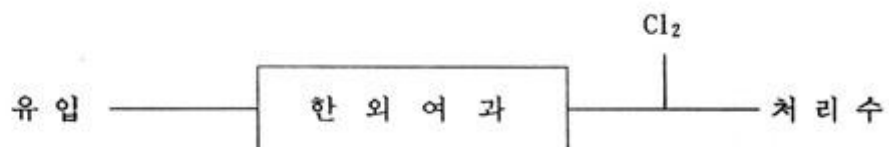
7) 처리과정 (G)



8) 처리과정 (H)



9) 처리과정 (I)



<표5-12> 중수도시설의 장, 단점비교

항 목	장 기 폭 기 법	회 전 원 판 법	접 촉 폭 기 법
처리효과 & 안정성	처리효과, 안정성 모두 우수하다.	수온이 저하되면 처리효율이 떨어진다.	질산화가 약간 기대된다
부하변동에 대한 대응성	높 다	높 다	높 다
유지관리성	폭기조 용량이 크고 BOD 부하가 작아서 MLSS농도가 높기 때문에 표준활성슬러지법보다 고도의 기술을 필요로 하지 않는다.	Bulking이 없고 슬러지의 반송, 송기를 필요로 하지 않기 때문에 유지관리가 용이하다.	벌킹이 없고 활성슬러지법보다도 공기량의 조절이 비교적 쉽지만, 충전여재의 막힘이 일어날수 있다.
발생슬러지량과 그 처리	발생량이 적고, 그 처리도 표준 활성슬러지법에 비해 용이하다.	좌 동	좌 동
건설비	다 소 높 다	높 다	충전여재는 높지만 BOD 부하를 크게하기 때문에 전체의 건설비는 높지 않다.
유지관리비	서 로 비 슷	서 로 비 슷	서 로 비 슷
필요면적	폭기시간이 길기 때문에 넓은 면적을 필요로 한다.	비교적 넓은 면적을 필요로 한다.	BOD 부하가 높기 때문에 면적은 작아진다.
실 적	많 다	적 지 않 다	적 다

<표5-13> 중수도 시설기준

수도법 시행 규칙

제2조 (중수도 시설기준)

①법 제11조제2항의 규정에 의하여 중수도에는 다음 각호의 시설을 갖추어야 한다.

1. 사용된 수돗물을 생활용수·공업용수 등의 용도에 적합한 수질로 재처리할 수 있는 침전지·여과지·소독설비 등의 재처리시설
2. 필요한 양의 물을 송수할 수 있는 펌프·송수관등의 송수시설
3. 필요한 양의 물을 배수할 수 있는 배수관 등의 배수시설

②제1항의 규정에 의한 중수도의 시설은 위생 및 안전등에 필요한 조치를 하여야 하고, 중수도에 설치하는 배관은 상수도·하수도 및 가스공급 등의 배관과 구분할 수 있도록 하여야 한다.

제3조 (중수도의 수질기준)

중수도를 설치·관리하는 자는 중수도의 수질을 별표1의 기준에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.<개정 1998.2.28>

제4조 (중수도 사용수량 산정기준 등)

①법 제11조 제2항의 규정에 의한 중수도 설치대상 건축물의 사용수량 산정은 다음 각호의 구분에 따른다.

1. 법 제11조 제1항 제1호 및 제3호의 시설인 경우에는 법 제3조 제7호의 규정에 의한 광역상수도 또는 동조 제8호의 규정에 의한 지방상수도를 통하여 공급받는 수량과 지하수법 2조제1호의 규정에 의한 지하수 사용 수량을 합산한 양
2. 법 제11조 제1항 제2호의 공장인 경우에는 제3항의 규정에 따라 산정된 폐수배출량

②법 제11조 제2항의 규정에 의한 건축연면적은 건축법시행령 제119조 제1항 제4호에서 정하는 것으로 한다.

③법 제11조 제2항의 규정에 의한 폐수배출량은 수질환경보전법시행령 별표 1 비고 제1호에서 정하는 바에 따라 산정한 양에서 동법시행령 제4조 제1항 제2호의 규정이 정하는 바에 따라 위탁 처리하는 양을 제외한 것으로 한다.

6. 중수도제도 도입

6.1 중수도 도입 배경

일상생활과 생산 활동에서 필수적인 물은 주로 수도시설을 통하여 수돗물로서 소비자에게 공급된다. 전체 수돗물 중에서 음용, 취사, 세면용과 수세식 화장실, 세탁, 청소, 세차 등의 가정용이 약 62%로서 대부분을 차지하고 있으며, 영업용으로 20%, 기타 목욕용, 공공용, 소방용등으로 약 18%가 소비되고 있다.

중수도는 이와 같이 여러 형태의 물 사용용도 중에 음용수와 같은 정도의 청정도를 필요로 하지 않는 용도에 대하여 각각의 용도에 알맞는 물을 공급하는 시설이다. 특히 물을 많이 사용하는 대형건축물과 같은 대단위 시설물이 늘어나면서 공급량을 늘려가는 데는 한계가 있다. 따라서 중수도제도를 도입할 경우에는 수돗물 생산에 투입할 수 있게 되고 또 원수공급량도 줄어 드므로 댐건설 수요도 감소되는 효과가 뒤따른다. 수돗물 사용량의 감소는 하수발생량의 감소로 이어지므로 하수관거나 처리장의 규모를 줄일 수 있다.

또 가뭄 시에 특히 수요량이 많은 대도시의 물 부족 상황에 효과적으로 대처할 수 있는 탄력성을 확보하게 되는 것이다.

6.2 중수도 이용 용도 및 수질기준

6.2.1 중수도 이용 용도

중수도 이용 용도는 도시생활의 잡 용수. 생산 활동에 필요한 공업용수, 그리고 농업에 필요한 관개용수 등 그 이용용도가 매우 다양하고 국가에 따라서 주요한 용도가 조금씩 다르다. 중수도는 음용수를 제외한 전 용도에 대하여 사용이 가능하다. 그러나 취사용수나 피부와 접촉하는 목욕용수, 세면용수, 세탁용수 등은 심리적 거부감과 세균, 바이러스 감염 등의 위생적 불안정성 때문에 이러한 불안정성 때문에 이러한 용도에는 중수도의 공급이 적당하지 못하다.

중수도는 수자원을 절약하는 모든 용도에 적용될 수 있다. 사용빈도가 높은 순으로 분류하면

- ① 수세식 화장실용수
- ② 에어컨·냉각 용수
- ③ 청소용수
- ④ 세차용수
- ⑤ 살수용수
- ⑥ 조경용수
- ⑦ 소화용수
- ⑧ 레크레이션용수등이다.

일상생활에서 가장 많이 사용되는 것이 수세식 화장실 세정용수 이다. 수세식

화장실 세정수는 직접 사용자의 피부에 접촉할 가능성이 적고, 수돗물보다는 수질이 떨어 저도 이용에는 별 문제가 없기 때문이다.

이러한 중수도가 이용면에서 고려되어야 할 사항으로서

- ① 대상시설물의 용도별 물 사용량
- ② 중수의 용도와 수질기준
- ③ 원수의 선택과 그 수량, 수질에 적합한 처리장치 및 처리기술
- ④ 대상시설물의 물 수지분석
- ⑤ 시설비
- ⑥ 설비의 소요면적
- ⑦ 폐기물 등의 처리비를 포함한 유지관리비
- ⑧ 절수의 효과와 경제성 등 종합적 관점에서 판단해야 한다.

6.2.2 중수도 수질기준

중수도의 수질은 이용 원수와 처리정도 그리고 중수도의 용도에 따라 결정된다. 그러나 중수도의 수질기준을 설정함에 있어서도 용도별로 각기 다르다.

수질기준을 설정하는 것은 현실적이지 못하다. 단독이용 및 복합이용방식의 경우, 사전에 수량효과를 예측하여 계획이 수립되기 때문에 어느 정도까지는 용도의 설정이 가능하다. 따라서 필요이상의 깨끗한 수질기준은 중수 생산비를 높게 하므로 사용 용도에 맞는 적절한 기준을 설정하는 것이 바람직하다.

우리나라의 경우 중수도의 수질기준이 수세식 화장실용수, 살수용수, 조경용수에 대해서 용도별로 규정되어 있다(수도법 제3조 관련, 표4-1). 한편 공업용수의 경우 중수도의 수질기준을 설정하지 않고 있는데 이는 사용용도와 요구수질을 획일적으로 정할 수 없기 때문이다. 그러나 중수도의 도입이 개별공장내에서 자체적으로 이루어지는 경우에는 별로 문제가 되지 않지만, 하수 처리수나 공단폐수 등을 개별공장 및 공단지역의 중수도로 공급하는 공공이용방식으로서 이용용도가 수세식 화장실용수, 냉각용수 및 세정용수 등에 한정되는 경우에 대해서는 개략적이거나, 중수도의 수질기준이 제시될 필요가 있다.

중수도의 용도가 현재까지는 음용이외의 목적으로 이용되는 것이므로 처리수의 수질은 중수 사용 용도에만 적합하면 된다. 따라서 필요이상의 처리를 할 필요는 없다. 중수의 이용에 장애가 생기지 않는 한계까지 처리수질의 목표를 완화하는 것이 중요하다.

가) 우리나라 중수도 수질기준

우리나라에서는 중수도 용도별 수질기준을 수도법 시행규칙 제3조에서 중수도의 수질기준에 규정해 놓고 있다.

우리나라 중수도 수질기준에 관해서는 수도법에 규정되어 있으며 수세식 화장실용수, 살수용수 및 조경용수, 세차·청소용수로 제한하고 있다. 공업용수로 재이용하기 위해서는 별도의 목표수질을 정하여 실시하여야 하며 또한 현재 우

리나라의 중수도 개념 및 기준은 개별 건물에서 이 폐쇄순환방식에 대해서만 정의하고 있는 상태로서 미국이나 일본의 경우에서처럼 하수처리를 아파트단지의 생활용수나 지하수 충전용으로 재사용하는 광역중수도에 대해서는 아직 법적 조치나 지침이 없는 상태이다.

우리나라와 비슷한 중수도 이용방식을 하고 있는 일본의 경우를 살펴보면 재이용수는 용도가 다양하고 용수에 따른 수질기준이 각각 다르게 정하여 놓고 있으며 농업관개용수로 많이 이용하는 미국과는 달리 도시에서의 재이용하는 경우가 많고 수질기준 역시 미국과 상당히 다른 형태를 취하고 있다.

<표 6-1> 우리나라 용도별 수질기준(수도법시행규칙 제3조 관련)

중수도의 용도	수세식화장실사용	살 수 용 수	조 경 용 수
대장균 균수	1m ² 당 10을 넘지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니 할 것
잔 류 염 소	검출될 것	0.2mg/ℓ 이상 일 것	-
외 관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니 할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니 할 것	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니 할 것
탁 도	5도를 넘지 아니 할 것	5도를 넘지 아니 할 것	10도를 넘지 아니 할 것
생물 화학적 산소 요구량	10mg을 넘지 아니 할 것	10mg을 넘지 아니 할 것	10mg을 넘지 아니 할 것
냄 새	불쾌한 냄새가 아니 할 것	불쾌한 냄새가 아니 할 것	불쾌한 냄새가 아니 할 것
수소이온농도	PH 5.8이상~8.5이하일 것	PH 5.8이상~8.5이하일 것	PH 5.8이상~8.5이하일 것

- 비고 : 1. "살수용수"라 함은 도로청소작업, 건설공사 등을 하는 경우에 뿌리는 물로 이용되는 중수도를 말한다.
 2. "조경용수"라 함은 주택단지 등의 인공연못, 인공폭포, 인공하천 및 분수 등에 이용하는 중수도를 말한다.
 3. 공업용으로 쓰는 중수도에 대하여는 수질기준을 적용하지 아니한다.

나) 일본의 중수도 수질기준

우리나라와 비슷한 중수도 이용방식을 채택하고 있는 일본의 중수도 수질 기준은 표 6-2와 같다.

<표 6-2> 일본의 여러기관에서 제시하고 있는 대표적인 생활용수 수질기준

구 분	건 설 성 ¹⁾²⁾			후 생 성 ³⁾	도쿄 도시계획국 ⁴⁾
	수세식 화장실용수	살수용수	수경용수	수세식 화장실용수	수세식 화장실용수
pH	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6	5.8~8.6
BOD(mg/L)	20 이하	-	10 이하	-	-
COD(mg/L)	30 이하	-	-	-	-
잔류염소 (mg/L)	유지되어야 함	0.4 이상	-	유지되어야 함	유지되어야 함
외 관	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
탁 도	-	-	10 이하	-	-
취 기	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것	불쾌하지 않을 것
대장균수 (개/mL)	10이하	검출되지 않을 것	검출되지 않을 것	10이하	10이하

주 : *결합잔류염소임

출처 : 1) 일본, 건설성, 배수처리 성능기준, 1981

2) 하수처리수 순환이용 기술지침(안), 1981

3) 재이용수를 완수로 하는 잡용수도에 대한 수세화장실용수의 잠정수질기준 설정에 대해서, 환경위생국장, 1981.

4) 잡용수 이용시설의 구조유지관리 등에 관계된 지도요령, 1984.

다) 미국의 중수도 수질기준

현재 미국에는 연방정부 차원에서 중수도 이용을 제어하는 기준은 존재하지 않으나 실제로 재이용수를 이용하는 많은 州에서는 각각의 상황에 맞는 기준들을 채택하고 있다. 특히, 아리조나州, 캘리포니아州, 플로리다州, 텍사스州 등은 수자원 보존차원에서 재이용을 강하게 권장하고 있으므로 환경이나 공공의 건강을 해치지 않는 범위내에서 재이용수가 수자원으로서 최대한 이용될 수 있도록 하는 기준을 정하고 있다. 1992년 현재 미국내에서 재사용에 대한 법률이 만들어진 주(state)는 18개, 지침 (guideline)이 만들어진 곳은 18개이다(EPA, 1992). 이 중에서 가장 많은 재사용 분야는 농업용수이다. 미국의 경우, 여러 가지 용도로 재사용을 하기 위해 수질에 대한 많은 연구가 행해졌으며, 각 州의 재이용수 수질기준을 종합하여 구분하면 약 8가지 정도로 나눌 수 있다(USEPA, 1992).

현재 미국에서 연방정부 차원에서 중수도 이용을 제어하는 기준은 존재하지 않으나 실제로 재이용수를 이용하는 많은 주에서는 각각의 상황에 맞는 기준들을 채택하고 있다. 특히 아리조나주, 캘리포니아주, 플로리다주, 텍사스주 등은 수자원 보존차원에서 재이용을 강하게 권장하고 있으므로 환경이나 공공의 건강을 해치지 않는 범위 내에서 재이용수가 수자원으로서 최대한 이용될 수 있는 기준을 정하고 있다.

중수도를 수돗물 대신으로 공급할 경우에 용도에 따라 적절한 수질기준을 설정하여야 하며, 이를 위하여 다음과 같은 사항이 검토되어야 한다.

- ① 중수도의 원수는 가능한 잡용수 또는 그것과 동등 이상의 것으로 한다.
- ② 용도별 수질은 수도법 시행규칙 제3조에서 규정하고 있는 중수도의 수질기준에서 용도별 수질기준을 최소한 만족하는 것으로 한다.
- ③ 단, 용도에 따라서 심미적, 위생적으로 엄격한 수질이 요구될 때는 조례로서 별도의 수질기준을 정하고 이를 만족하여야 한다.

위 사항에 의해 수도법에서 규정하고 있는 중수도 수질기준을 그대로 적용할 경우에 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 조경용수는 시설이 건물밖에 설치되기 때문에 어린이를 포함한 불특정 다수가 신체에 직접 접촉될 가능성이 높기 때문에 수세식 화장실용수나 살수용수보다 엄격한 기준을 정하는 것이 바람직하다.
- ② 재이용수는 차량과 관련하여 세차용수로 활용될 가능성이 크기 때문에 세차용수에 대한 수질기준이 별도로 규정될 필요가 있다.
- ③ 위생상으로 염소소독이 필요한 경우는 사용장소에 가장 가까이 있는 저수조의 재이용수에 잔류염소가 유지되어야 한다.

중수도의 이용은 기존의 수돗물로 공급되어 왔던 용도의 일부를 중수로 대체하는 것으로 그 용도에 적합한 요건을 갖추어 이용자의 건강을 보호하고 쾌적한 이용과 안정된 수질의 유지가 요구된다.

중수도를 공급할 경우에 요구되는 사항으로는 안전한 수질을 유지하는 것 이외에 위생적이 면에서 인체에 위해가 없을 것 (대장균, 잔류염소), 기기에 대한 부식 및 폐쇄 등 시설의 기능성에 장애가 없을 것 (BOD, 철, 망간, pH), 더욱이 이용자에 불쾌감을 주지 않고 물로서의 심미성을 가지고 있을 것(외관, 탁도, 냄새) 등이다. 이 중에서 인체에 대한 위생적인 측면에 대해서는 기기에 대한 기능성 및 인간의 관능의 문제 보다 신중히 고려하여야 한다.

- ① 도시에서의 재이용 - 시민과의 접촉이 가능한 경우
- ② 도시에서의 재이용 - 시민과의 접촉이 제한되어 있는 경우
- ③ 식용작물에 대한 농업용수로 재이용
- ④ 非식용작물에 대한 농업용수로 재이용
- ⑤ 레크리에이션에 재이용-시민과의 접촉이 가능한 경우
- ⑥ 레크리에이션에 재이용-시민과의 접촉이 제한되어 있는 경우
- ⑦ 환경조경용수로 재이용
- ⑧ 산업용수로의 재이용

하수처리수를 농업용수로 재사용시, 수질기준을 살펴보면, 전기전도도의 경우 미국 캘리포니아대학교 대외 협력국(UCCES)이 개발한 농업용수수질기준 지침서에서 $700\mu\text{s}/\text{cm}$ 이하는 문제가 없으므로, $700\sim 3000\mu\text{s}/\text{cm}$ 에서는 오염 우려, $3000\mu\text{s}/\text{cm}$ 이상에서는 작물생육에 큰 영향을 미치는 것으로 분류하고 있다. 우리나라는 $1000\mu\text{s}/\text{cm}$ 를 기준으로 농업용수 수질을 평가하고 있다. 또한, EPA에서 하수처리수의 관개용수 이용에 대한 수질기준에서는 주로 중금속이 식물장애에 미치는 영향을 근거로 기준을 정하고 있으며, pH, TDS 및 free chlorine residual에 대한 기준도 규정되어 있다.

[해설]

중수도이용을 추진할 때에 가장 중요한 과제중 하나는 수질기준설정이다. 즉, 수질기준의 설정 및 설정항목에 의해서 중수처리설비의 규모가 결정될 뿐만 아니라 System전체의 경제성에 영향을 미치기 때문이다. 중수를 수세식화장실, 살수및 조경용수로서 이용할때에 필요한 요인으로서, 안정된 중수의 수질을 유지하는 것 외에 인체에 대한 위생면에서 문제가 없을 것, 시설기기에 대한 부식, 막힘등 기능상 장애가 생기지 않을 것 또는 이용자에게 불쾌감을 주지 않고 물로서의 심미성을 유지할 것 등이다. 중수를 공업용수로 사용할 때는 사용목적에 따라 필요로 하는 수질이 다양하므로 본 수질기준을 적용하지 아니하고 이용자의 목적에 따라 별도로 정한다.

외국의 연구성과와 수질기준을 고려하여 작성된 수질기준을 설정할 때 고려되고 있는 사항으로서 외국에서 제시하고 있는 내용을 정리하면 다음과 같다.

라) 위생적 측면의 기준항목

1) 대장균군수

대장균군수와 일반 세균수는 위생적 측면에서 물의 안정성을 평가하는 것으로 널리 이용되고 있는 지표이지만 특히 대장균군은 원래 사람과 가축의 소화기관내에 생식하는 특징이 있기 때문에 이것을 지표로서 이용하는 것은 소화기계 병원균에 의한 오염가능성을 판단하거나 분뇨에 의한 오염을 판단하는 것 이외에 상당히 유효한 수단이다.

대장균군수의 기준은 이용형태라든가 이용조건에 따라 다르며, 주로 관로에 의해 공급되고 도중에서 인체와의 접촉이 거의 없는 수세용 및 살수용과 인체와의 접촉을 배제할 수 없는 조경용으로 크게 나눌 수 있다. 조경을 위한 살수의 경우에는 옥외에 장치가 설치되어 있으므로 유아 등을 포함한 불특정다수가 이용할 기회가 클 것으로 예상되기 때문에 보다 엄격한 기준을 정하는 것이 바람직하다.

대장균군수와 일반세균수는 위생적 관점에서 물의 안전성을 평가하는데에 널리 쓰이고 있는 지표이다. 조경용수의 경우에는 옥외에 장치가 설치되기 때문에 유아등을 포함하여 불특정다수인이 이용할 기회가 클 것이므로 예상되므로, 보다 엄격한 기준을 정하는 것이 바람직하다.

따라서 수세식화장실의 기준은 [10個/ml이하], 조경용수는 [검출되지 않을 것]으로 정한다.

2) 잔류염소

잔류염소는 중수처리시설에 있어서 염소처리효과의 정도를 가리킴과 동시에 중수가 위생적인가 어떤가의 지표이다. 살수용수에 대해서는 대장균수의 존재를 제거하기 위한 위생적인 장치로서 잔류염소를 [0.2mg/l] 이상 보존하도록 한다. 다만, 수목이나 잔디밭 등에 살수를 행할 때에는 식생에 영향을 끼칠 염려가 크므로 과대하지 않도록 적당한 관리를 하여야 한다.

또, 조경용수에 대해서는 관리자의 요망에 따라 어류의 서식을 도모하는 것도 고려된다. 이때는 잔류염소의 존재는 바람직하지 않으므로 위생적 조치로서 염소처리에 오존처리를 병용한다. 한편, 수세식화장실용수에 대해서는 이용시설내에 있어서 체류시간이 별로 크지 않기 때문에 말단의 저수량 출구부근에서 잔류염소가 존재하고 있음이 확인되면 좋다.

잔류염소는 재이용수의 처리시설에서 염소처리의 정도와 재이용수가 위생적인지 아닌지 평가하는 지표이다.

일본의 푸넬타운에서의 재이용수 저류시험결과에 의하면 저류수 중의 조류의 발생이나 대장균군 및 일반세균의 활동이 잔류염소와 밀접한 관계가 있다고 보고하였다. 실험결과에 의한 저류수의 잔류염소가 0.4mg/l 이상의 경우, 2일에서 3일의 기간에서는 일반세균이나 조류가 현저하게 발생하거나, 대장균군의 재발생은 일어나지 않은 것으로 나타났다. 따라서 살수용수에 대해서는 대장균군의 존재를 억제하기 위한 위생적인 조

치로서 결합잔류염소가 “0.4ml/l” 이상 유지되어야 한다. 단, 수목이나 잔디밭 등에 살수를 행할 경우는 식생에 크게 영향을 주지 않도록 적당한 관리가 필요하다. 또한 어류가 서식하는 조경용수는 잔류염소가 어류에 영향을 미칠 수 있으므로 위생적 조치로서 염소처리에 오존처리를 병용한다. 잔류염소는 재생처리시설에 있어서 염소처리효과의 정도를 나타냄과 동시에 재생수가 위생적인가를 확인하기 위함이다. 특히 하수처리수 수세식 화장실용수로 사용할 경우는 서울시 대부분이 저수조에서 세척수가 공급되고 있으므로 이용설비 내에 있어서 대장균이나 일반세균이 번식하지 않도록 말단의 저수조의 출구부근에에서 잔류염소가 유지되어야 한다.

마) 불쾌감 및 심미성 측면의 기준항목

1) 외 관

외관은 이용자의 불쾌감 및 조경시설에 심미성을 나타내는 항목이다. 외관을 좌우하는 인자로서는 재이용수의 색상, 탁도 및 거품 등이 있다. 색상이나 탁도에 관한 이용자의 불쾌감이나 심미성에 관한 감각의 정도는 지역이나 연대 및 성별에 의해 달라질 수 있고 외관의 “쾌” 또는 “불쾌”감에 대한 정량적으로 기준치를 정하는 것을 곤란하기 때문에 정성적으로 결정할 수밖에 없다. 또한 음이온계면활성제는 거품을 일으키지만 하수가 적정하게 처리되면 생하수 중의 음이온계면활성제는 상당히 제거되기 때문에 이용에는 문제가 없다. 외관은 일반적으로 모래여과법에 의해 90% 가까이 허용도를 얻을 수 있고 오존염소처리로 90%이상의 더 높은 허용도를 얻을 수 있다.

외관은 이용자의 기호도와 가장 관계가 깊다. 색상이나 탁도에 대한 이용자의 불쾌감이나 심미성에 관한 감각정도는 지역이나 시대 및 성별에 따라서 다를 수 있고, 외관에 대하여 [쾌] 또는 [불쾌]감에 관한 정량적인 기준치를 정하는 것은 곤란하므로 정성적으로 할 수 밖에 없다.

2) 탁 도

탁도는 미생물의 파편 및 유기성 콜로이드에 의하여 중수의 심미성, 시설기구의 막힘 및 기능에 영향을 준다. 따라서 기구의 막힘 등 기기장애를 방지하기 위하여 사 여과 관리는 필요하다고 생각된다. 사 여과 관리에 의하여 탁도 성분에 따른 이들 문제는 해결이 가능하다. 다만, 조경용수에 대해서는 수세식화장실용수와는 다르며 다시 심미성에 대한 배려가 필요하다.

탁도는 오수 중의 미생물의 파편 및 유기성 콜로이드에 의해 발생하고, 시설기관의 오염이나 폐쇄에 의해 외관이나 기능과 재이용수의 심미성에 영향을 준다.

따라서 기기의 폐쇄 등 기능장해를 방지하기 위해 모래여과처리를 하여야 한다. 모래 여과처리는 탁도성분에 의한 문제를 해결할 수 있다. 한편, 탁도는 불쾌감이나 심미성과 비교적 상관성이 낮으므로 하수처리가 적절하게 되는 2차 방류수는 문제가 없는 것으로 보고되고 있다. 단, 조경용수는 수세식 화장실용수와 다르기 때문에 심미성에 대한 특별한 고려가 필요하다.

3) 냄새

냄새는 이용자의 불쾌감에 관련되는 지표이나 물에서 발생하는 냄새의 측정법이 아직 확립되지 않고 또 인간이 느끼는 냄새는 각종 냄새 성분의 총체이므로 정량적인 파악은 곤란하므로 [불쾌하지 않을 것]으로 정했다. 냄새는 이용자의 불쾌감에 연결되는 지표로서 재이용 여부에 결정적인 역할을 하므로 이용자에게 불쾌감이 없도록 처리를 하여야 한다. 그러나 물속에서 취기의 측정법이 확립되어 있지 않고 또한 인간이 느끼는 취기는 여러 가지 취기성분의 총체이므로 정량적인 파악은 곤란하다.

) 시설의 기능성 측면의 기준항목

1) B.O.D

BOD는 중수중에 유기성 성분에 관한 지표이다. 적정하게 유지관리하고 있는 하수처리장의 처리수인 경우 이차처리수를 재이용하여도 시설기기에 대한 기능상의 장애는 발생치 않는다.

BOD는 재이용수 중의 유기물성분에 관한 지표이고, 처리효율을 나타내기 때문에 일반적인 지표이다. 현재 아수의 2차 처리수에 대해서는 수질보전법의 방류수 수질기준에 의해 20mg/l이하로 규정되어 있으나, 하수처리수를 재이용하기 위해서는 적어도 10mg/l이하로 처리하여 시설기기의 부식성방지, 기능상의 장애가 발생하지 않도록 하여야 한다.

2) pH

pH는 배관, 펌프, 밸브 등에 관한 부식, 스케일 등의 발생에 관계하는 지표이다. 일본에서 실시한 기능장해조사에서 재이용수를 700일 동안에 통과시킨 관의 내부의 이상점검, 저수조, 변기 등의 오염정도 및 다른 처리장의 기존시설의 배관조사를 실시하였다. 실험결과는 적정한 유지관리가 행해지고 있는 경우는 pH에 의한 현저한 기능장해가 발생하지 않았고 또한 곰팡이도 재질에 따라 부착하지 않는 것으로 나타났으므로 별도의 처리가 필요 없는 것으로 나타났다.

그러나 스케일, 슬라임 등이 시설에 주는 장애에 대해서는 보다 장시간에 걸쳐 재이용수를 통과시킨 결과 배수지, 저수조 등에 침전물의 퇴적, 양수기의 막힘 등이 일어나기 쉽기 때문에 이를 방지하기 위해 빈번한 청소 등의 유지관리작업이 필요하다.

따라서 스케일(Scale), 슬라임(Slime) 등의 시설장해 방지대책으로서는 부유물질 등을 제거하기 위한 모래여과처리를 하거나 재질 및 시설의 구조에 대해 충분히 고려를 하여야 한다.

6.3 중수도법

6.3.1 중수도 관련법

우리나라의 중수도관련법은 중수도시설과 설비투자에 대한 세액공제, 그리고 중수도 사용량에 해당되는 수도요금의 감면으로 구분된다. 세부적으로는 수도법, 조세특례제한법, 수자원공사 공급규정, 건설부령 공업용수규칙, 지방자치단체의 조례 등이 있으며 이를 정리하면 다음과 같다.

<표6-3> 중수도에 관련된 각종 법규 및 내용

관 련 내 용	규 정 항 목	관 련 법
이용계획	중수도 기본계획 수립	수도법 법 제4조제7항제9호
이용시설	중수도의 정의 시설설치, 관리 시설 및 수질기준	수도법 법 제3조 제14호, 제11조, 수도법 시행령 제15조, 수도법 시행규칙 제2조, 제3조 제4호
시설의 조세감면	설치 및 관리자에 대한 세제 공제방안 설비투자범위	조세특례제한법 법 제11조, 제25조 조세특례제한법 시행령 제22조
이용량 요금감면	사용 요금 감면	사용 요금감면 수자원공사공급규정 제50조 건설부령 공업용수규칙 제11조 지방자치단체 조례

- 참고 : 1) 수도법은 수도에 관한 종합적인 계획을 수립하고 수도를 적정하고 합리적으로 설치·관리함으로써 공중위생의 향상과 생활환경의 개선에 이바지함을 목적으로 한다.
- 2) 조세특례제한법은 조세의 감면 또는 중과 등 조세특례와 이의 제한에 관한 사항을 규정하여 과세의 공정성을 기하고 조세정책을 효율적으로 수행함으로써 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.
- 3) 건설부령에 의한 공업용수 공급규칙은 수도법 제33조의 규정에 의하여 국가 등의 공업용수도 사업자가 공급하는 공업용수의 요금, 급수 기타 공급에 관하여 필요한 사항을 규정하고 있다.

수도법에서는 중수도의 정의, 수도정비기본계획의 수립, 중수도의 권장, 중수도의 설치, 중수도의 설치 및 관리자, 중수도 시설기준 및 수질기준, 중수도 설치자에 대한 요금감면 등을 규정하고 있고 조세특례제한법에서는 중수도 설치 및 관리자에게 세제 지원방안을 규정하고 있다. 그리고 수자원공사 규정, 건설부령인 고업용수규칙, 지방자치단체의 조례 등에 의해 수도요금을 감면할 수 있는 근거를 마련하고 있다.

중수도 관련 법적·제도적 규정의 내용을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

가) 계획수립에 관한 규정

○ 수도법 제3조 제14호(중수도 정의)

- 제1항 : 건설교통부장관, 시장, 군수는 일반수도 및 공업용수도를 적정하고 합리적으로 설치, 관리하기 위하여 10년마다 수도의 정비에 관한 종합적인 기본계획을 수립하여야 한다.
- 제2항 제7호 : 수도정비기본계획에 중수도의 개발, 보급에 관한 사항을 포함시켜야 한다.

나) 시설에 관한 규정

○ 수도법 제3조 제14호 (중수도 정의)

- “중수도”라 함은 사용한 수돗물을 생활용수, 공업용수 등으로 재활용할 수 있도록 처리하는 시설을 말한다.

○ 수도법 제11조 (중수도 권장)

- 제1항 : 국가 또는 지방자치단체는 물을 다량으로 사용하는 자로서 대통령령이 정하는 자에게 중수도를 설치, 관리하도록 권장할 수 있다.
- 제2항 : 제1항의 규정에 의한 중수도의 시설기준, 유지관리 기타 필요한 사항은 환경부령으로 정한다.

○ 수도법 시행령 제15조 (중수도의 설치 및 관리자)

- 제1항 : 법 제11조 제1항에서 “대통령령이 정하는 자”라 함은 다음 각 호에 해당하는자를 말한다.

가. 공업배치법 및 공장 설립에 관한 법률 제2조의 규정에 의하여 설립된 공장으로서 1일 물사용량이 1천톤 이상인 공장의 소유자.

나. 공중위생법 제2조 제1항 제1호 가목 및 나목의 규정에 의한 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 1일 물사용량이 500톤 이상인 시설의 소유자.

다. 주택건설 촉진법 제33조 제1항의 규정에 의한 사업계획의 승인을 얻은 300세대 이상의 공동주택의 사업주체 또는 관리주체

- 라. 공중위생법 시행령 제19조 제1호, 제3호, 제5호 및 제7호의 규정에 의한 공중 위생시설로서 1일 물사용량이 500톤 이상인 시설의 소유자
- 마. 건설기술관리법 제5조의 규정에 의한 중앙건설 기술심의위원회 또는 건축법 제4조의 규정에 의한 중앙건축위원회의 심의대상인 시설로서 1일 물사용량이 500톤 이상인 시설의 소유자
- 사. 기타 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 건축물의 소유자 또는 관리자

- 제2항 : 국가 또는 지방자치단체는 법 제11조 제1항의 규정에 의하여 중수도를 설치하는 자에 대하여 그 설치방법 등에 관한 기술을 지원할 수 있다.

○ 수도법 시행규칙 제2조 (중수도 시설기준)

- 제1항 : 법 제11조 제2항의 규정에 의하여 중수도에는 다음 각호의 시설을 갖추어야 한다.

- 가. 사용된 수돗물을 생활용수, 공업용수 등의 용도에 적합한 수질로 재처리할 수 있는 침전지, 여과지, 소독설비 등의 재처리시설
- 나. 필요한 양의 물을 송수할 수 있는 펌프, 송수관 등의 송수시설
- 다. 필요한 양의 물을 배수할 수 있는 배수관 등의 배수시설

- 제2항 : 제1항의 규정에 의한 중수도의 시설은 위생 및 안전 등에 필요한 조치를 하여야 하고 중수도에 설치하는 배관은 상수도, 하수도 및 가스배관 등의 배관과 구분할 수 있도록 하여야 한다.

○ 수도법 시행규칙 제3조 (중수도수질 기준)

- 중수도를 설치, 관리하는 자는 중수도의 수질을 별표의 기준에 적합하도록 유지, 관리하여야 한다.

○ 수도법 시행규칙 제4조 (중수도 설치자에 대한 요금감면)

- 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치한 자에 대하여 중수도의 설치비용의 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있다.

○ 수자원공사 수돗물 공급규정 제51조 (중수도 요금감면)

- 제1항 : 수도법 시행령 제15조제1항 각호에 해당하는 중수도의 설치. 관리자인 수요자에 대하여 수돗물요금의 일부를 감면할 수 있다.
- 제4항 : 제1항의 규정에 따른 요금감면금액은 수돗물요금단가를 수돗물생산원가로 나누어 산정한 수돗물 요금수준에 따라 정한 다음의 중수도감면단가를 중수도생산량에 곱하여 계산한다.
- 제6항 : 제4항의 규정에 의한 요금감면대상 중수도 생산량은 수돗물 사용량을 초과하지 않는 범위내로 하며, 중수도 생산에 별도의 침전지, 여과지 등의 재처리시설을 필요로하지 않는 용도의 중수도 생산량은 요금감면대상에 포함되지 아니 한다.

<표6-4> 수자원공사 수돗물 공급규정에 의한 중수도 요금감면 내역

수돗물 요금규정	생산원가의 80% 미만	생산원가의 80% 이상 ~ 90%미만	생산원가의 90% 이상
중수도 감면단가	설비요금 단가의 15%	설비요금 단가의 50%	설비요금 단가의 100%

7. 중수도의 처리비용 및 이용상 문제점

7.1 중수처리 비용

7.1.1 중수생산비용의 구성

중수도를 유지 관리함에 있어 중수 생산비는 초기 시설투자비와 유지관리비로 크게 나눌 수 있다.

중수처리시설에서의 기본적인 구성은 다음과 같다.

- ① 원수조 및 원수공급 펌프시설
- ② 처리 시설비
- ③ 염소처리 설비
- ④ 저수조
- ⑤ 급. 배수 처리 설비
- ⑥ 슬러지 처리, 처분 설비

주요 시설은 주 처리설비와 급. 배수처리 그리고 슬러지 처리이며, 기타 시설은 처리방법에 따라 약간씩 차이가 있다. 특히 슬러지는 산업쓰레기로 분류되어 발생시 처리에 문제점이 있어 이에 대한 대책도 함께 고려되어야 한다. 처리시설의 비용은 건축물의 설계단계에서 효과적인 공간배치가 마련되도록 계획되어

야 한다.

중수 생산비용의 또 다른 요소는 인건비와 설치공간 비용이다. 처리수량이 적은 경우 인건비를 포함시키면 수량에 대한 비용은 커지게 된다. 인건비는 변동비로 보지 않고 기존건물 관리 직원이 겸임하는 경우가 많기 때문에 고정비로 취급하는 것이 바람직하다. 공간비용은 처리시설의 구성방법과 설치위치 등에 좌우된다. 보통건물의 지하실에 설치하는 경우가 많다. 그러나 이 경우에는 중수처리시 발생하는 냄새처리가 필요하다. 아울러 처리시설을 유지하는데 필요한 약품비, 전력비 기타 수선비등이 중수 생산비에 포함된다.

7.1.2 비용 절감법

가) 사용 용도에 적합한 처리과정 선정

중수도의 용도는 현재까지는 음용이외의 목적으로 이용되는 것이므로 처리수의 수질은 중수 사용 용도에만 적합하면 된다. 따라서 필요이상의 청정도를 유지할 필요는 없다. 중수의 이용에 장애가 생기지 않는 한계까지 처리수질의 목표를 완화하는 것이 중요하다. 따라서 과도한 시설은 피하는 것이 좋다. 또한 중수처리설비는 오염방지 시설과는 달리 수질의 유지나 가동율을 완벽하게 할 필요는 없다. 그리고 중수도는 기존의 물 이용계통의 보조수단인 물 절약의 형태로 운영되는 것이므로 시설의 가동률 역시 100%까지 할 필요가 없으며, 보수나 고장에 의한 운전 정지시에는 상수도로 보급할 수가 있어 예비설비는 없어도 된다.

나) 처리설비의 구조와 설비 장소

오폐수 정화시설은 옥외에 설치하는 경우가 많으나 고밀도 시가지에서의 중수도 설비는 보통 건물의 지하실에 설치된다. 중수의 저류조는 집수조와 같은 위생상의 규제가 필요하기 때문에 공간 등을 유효하게 이용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 생물처리보다도 물리화학처리가 체류시간이 짧고, 설치공간도 적지만 보조 기기류가 많은 단점이 있다. 응집제를 이용할 경우는 슬러지의 발생량이 많아진다. 모든 처리시설을 지하실에 설치할 필요는 없다. 처리시설의 종량에 따라 고층건물의 중층이나 옥상에 설치할 수 있으며, 특히 후자는 용적제한 면에서 유리하고, 중층에 설치하면 중수를 양수하는 전력을 절약할 수 있다.

다) 운전시간

일반적으로 생물처리는 연속운전을 해야 하기 때문에 장기간의 휴일에도 운전을 중지해서는 안된다. 특히 활성슬러지법이 막처리법보다 유지관리가 까다롭다. 물리화학처리는 간헐적인 운전이 가능하며, 토요일 휴무제나 장기휴업의 경우는 정지할 수도 있다. 단, 원수조나 처리 설비내에 저류된 물이 혐기성으로 되지 않게 관리해야 한다.

7.2 중수도 이용의 문제점

7.2.1 중수도 이용 필요성 인식 부족

장래의 수자원 수급 균형을 검토할 경우 특히 대도시나 공단지역의 물 수급 불균형이 예상되는 지역에서는 중수이용을 포함하는 새로운 수원확보가 불가피한 실정이다. 물 수급 불균형 지역에 중수도에 보급 시키더라도 이로 인해 얻을 수 있는 수량은 지역전체의 물 사용량의 일부에 지나지 않으므로 중수도가 대도시의 물 수급 문제의 전부를 해결할 것으로 생각해서는 안된다. 다만 수자원확보가 극히 곤란한 해안도시나 공단 등 특정 지역에서는 물을 재이용함으로써 수원개발의 시기를 연장시킬 수 있고, 또한 상수관을 확장을 하지 않고서도 어느 정도의 물 수급을 맞출 수 있을 것이다. 이러한 상황에 비추어 볼 때 물에 대한 국민 개개인의 절수의식이 중요하며 사실상 절수효과는 매우 크다. 물에 대한 인식이 변화되지 않는 한 장래의 수급 대책이 원활히 진행되기 어려운 상황을 인식해야 할 것이다.

7.2.2 중수도 기술상의 문제점

중수도의 이용을 확대시킬 수 있는 결정적인 요인은 상수보다 중수 생산비용이 낮아야 하고 유지관리가 간단해야 한다. 즉, 중수도의 경제성을 높이기 위해서는 중수의 처리기술이 매우 중요한 역할을 한다. 이에 대한 기술상 문제점을 아래와 같이 지적할 수 있다.

- 1) 중수의 용도별 적합 처리기술의 개발.
- 2) 부식, 슬라임 등의 장애요인 해결.
- 3) 소량의 슬러지 처리방안.
- 4) 상수도와 중수의 오접합 방지대책 등이다.

7.2.3 위생상의 문제점

중수도의 용도가 피부접촉이나 음용이외의 사용에 제한되어 있으므로 이에 대한 관리대책이 필요하다.

- 1) 물 사용단계에서의 오염방지,
- 2) 세균, 바이러스 등의 병원성 미생물의 효과적인 제거,
- 3) 냉각탑이나 처리공정 등에서 발생하는 휘발물질의 비산에 따른 악영향 해소 등이 해결되어야 한다.

그리고 신체위생에 대한 의식향상으로 주거용 화장실이나 호텔 등의 양변기에 비데(Bidet)를 설치한 곳은 중수가 직접 신체에 접촉되므로 불쾌감을 유발할 수 있으므로 위생적인 측면에서 비데의 설치에 상수를 사용하는 세면기 등의 배관에 직접 연결하여 사용하도록 하여야 한다.

7.2.4 관리상의 문제점

중수도의 원활한 유지관리를 담당할 일정 기술을 소지한 관리자가 있어야 한다. 그러나 규모가 적은 단독이용 방식에는 별도의 기술 관리자를 둔다는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 정기적으로 관리 기술자가 점검할 수 있는 순회제도를 이용하는 방법과 중수도 시설의 유지관리 기준을 처음 설계 및 시공 단계에서 전수하는 것을 의무화하고, 수질검사 및 사업보고서를 해당 시·군의 중수도 담당부서에 보고하는 방안을 검토할 수 있다.

7.2.5 비용의 문제점

중수도 제도의 확대 보급에서의 최대 장애요인은 중수생산비가 수도요금보다 높다는 점이다. 중수도의 생산비가 상·하수도 요금보다 높기 때문에 현재의 경제 논리로 볼 때는 보급이 불가능한 실정이다. 따라서 중수도 제도를 확대 보급 시키기 위해서는 상·하수도, 공업용수에 대한 행, 재정 및 법제상의 조치에 준한 대책을 강구하는 것과 금융, 조세상의 촉진책을 마련해서 경제성을 높여야 한다.

중수도 생산비와 수도 요금과의 격차를 줄이고, 상수도 재정의 적자를 줄이기 위해서는 수도요금의 현실화가 불가피한 실정이다.

7.2.6 법규상의 문제점

현재 중수도 도입과 관련한 법제도의 뒷받침이 미흡한 상태이다. 중수도제도를 현실화하기 위한 제도의 정비가 필요하다. 현행 수도법에서 중수도의 설치를 권장사항에서 의무조항으로 개정하는 것이 바람직하다. 특히 단독시설이며 물 사용량이 많아 절수효과가 확실한 공업용수도의 중수도 유도는 현행의 권장사항만으로는 불가능한 상태이다. 이와 같이 중수도 제도의 정착에는 앞으로도 많은 어려움이 있을 것으로 판단되나 본 제도의 장점이 개인이나 국가의 물 이용 합리화에 커다란 영향을 미칠 수 있는 새로운 제도이므로 법제도 및 기술적 문제점을 동시에 해결해 나간다면 빠른 시일 내에 새로운 물 이용제도로 정착될 수 있을 것이다.

7.2.7 제도적 문제점

중수도 보급 확대의 일환으로 정부는 2001년부터 일정 규모 이상의 건축물에 대해서는 중수도 설치, 운영을 의무화하도록 하였다. 수도법 제11조의 중수도 의무화 대상 건축물에 대한 규정은 <표7-1>과 같은데, 건축 연면적이 60,000㎡ 이상인 시설 및 1일 폐수 배출량 1,500㎥/day 이상인 시설로 정하고 있다.

<표7-1> 중수도 의무화 시설물

구 분	내 용	비 고
의무화대상 건축물	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연건축면적이 60,000㎡ 이상인 목욕장업, 숙박업 ▶ 폐수 배출량이 일일 1,500㎡/day 이상인 공장 ▶ 기타 대통령이 정하는 종류 및 규모 이상의 시설 	
대통령이 정하는 종류 및 규모	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 연건축면적이 60,000㎡ 이상인 <ul style="list-style-type: none"> - 대규모 점포 (백화점, 쇼핑센터....) - 여객·화물터미널, 철도, 공항, 항만, 종합여객시설 - 업무 시설 - 교도소, 방송국, 전신 전화국 - 지방자치 단체의 조례가 정하는 시설 	

그러나 이러한 의무규정은 신축건물을 대상으로 하는 것으로 기존 건축물에 대해서는 적용이 되지 아니하며, 또한 의무화 대상 기준이 너무 높아, 의무화 규정에 해당되는 규모의 건축물이 신축되는 경우는 매우 적다. 결과적으로 중수도 의무화라는 제도적 규정은 있으나, 그 실효를 거두지는 못하고 있는 실정이다.

따라서, 중수도 보급 확대를 위한 의무화 규정이라면, 보다 많은 건축물이 해당될 수 있도록 그 기준을 강화해야만 한다. 중수도 보급의 목적이 수자원 보호와 용수 사용량 절감에 있다면, 실질 물 사용량을 기준으로 한 의무화 규정을 제정하는 것이 타당한 것으로 판단된다. 따라서 일일 용수사용량 500㎡/day 이상인 시설에 대해 중수도 의무화 규정을 적용하는 것으로 제도를 개선하는 것이 중수도 보급 확대를 위해 바람직한 일이라 할 수 있다.

아울러, 중수도의 보급 확대를 위해서는 기존건물 및 비의무화 시설에 대해서도 중수도를 적용, 활용할 수 있도록 유도하여야 한다. 현재에도 이러한 이유로 중수도 적용에 대한 당근 정책으로서 상·하수도 요금 감면, 세제 혜택, 자금 융자 등의 정책을 펼치고 있으나, 적극적인 중수도 설치의 유인책이 되지 않는 못하고 있다. 보다 구체적이고, 현실적인 지원 정책의 수립 및 홍보가 절실히 필요한 실정이다.

2.2 정서적 문제점

국민 대다수가 수질 오염 및 수자원의 부족에 대해서는 대의적 공감대를 형성하고 있으나, 중수도의 구체적인 필요성과 효과성에 대한 인식은 매우 부족한 상태이다. 보다 정확히 이야기하자면 아직 부정적인 시각에 가깝다고 할 수 있다. 그 단적인 예가 수돗물에 대한 인식이라 하겠다. 48개 항목

을 설정하여 철저히 관리하고 있다는 수돗물을 서울시에서 그대로 음용하는 인구가 10%이하라고 한다. <표7-2>는 수돗물에 관한 최근 언론의 보도 기사 내용을 정리한 것이다.

<표7-2> 수돗물 관련 최근 기사내용 요약

제 목	내 용	출 처	비 고
서울관공서 수돗물 음용 23% 불과	서울시상수도사업본부 107개 관공서 조사 결과 - 정수기 사용 : 46.7 % - 시판 생수 : 24.2 % - 시수 음용 : 23.1 % (끓인후 음용) - 기타	연합 뉴스 2002. 01. 18	
서울시민 0.4%만 “수돗물 마신다”	아주대 예방의학교실 조사 - 수돗물 그대로 마신다 : 0.4 % (일본대도시 : 35%, 캐나다토론토 : 10%) 환경부 실시 전국 조사 : 1 %	문화일보 2003. 10. 28	
부산시민 “수돗물 마신다” 0.3%	부산시 조사 - 수돗물 그대로 마신다 : 0.3 %	동아일보 2000. 12. 20	
수돗물 그냥 마시는 국민 1백명중 5명 미만	한국정책환경 평가연구원 조사 수돗물 그냥 마신다 전국평균 : 4.6 % 대전 : 0.0% 경기 대구 : 1.2 % 경남 : 3.1%	중앙일보 1997. 11. 24	
서울 초등생 4명중 3명 “아예 집에서 준 비해 와요”	서울시 교육청 조사 ‘학교에서 어떤물 마시는가?’ - 집에서 가져 온다 : 74.4 % - 정수기 물을 마신다 : 19.9 % - 수돗물 마신다 : 4.1 % - 생수를 사서 마신다 : 1.3 %	소년한국일보 2001. 3. 15	

이러한 정부의 수질관리에 대한 부정적인 인식 속에서 버려지는 물을 다시 사용하는 중수도에 대해 잠재적 수요자나 일반 국민들의 인식이 좋을 수가 없을 것이다.

이러한 부정적 인식으로 인하여, 거대한 중수도 적용처 중 하나인 아파트 등의 공동주택에서는 민원의 소지를 안고 있어 아직 중수도가 보급되지 못하고 있다. 또한 의무화 규정에 해당하는 건축물이라 하더라도, 최소한의 용량으로 중수도 시설을 설치하거나, 설치를 하고도 가동을 하지 않는 일이 빈번히 발생되고 있다.

결과적으로 중수도에 대한 대중 전반의 인식 제고는 중수도의 보급 확대를 위하여 필수적으로 선행되어야 할 과제라 할 수 있다. 정부 주도하에 Mass Media를 이용한 적극적인 캠페인을 시행하여야 한다. 중수도의 관련 수요자

및 일반 국민 모두가 국가적 수자원 부족의 현실, 중수도의 필요성, 수처리 기술 수준, 기대 효과, 안전성 등 전반에 대해 위기의식과 필요 의식을 공유 할 수 있어야 한다.

7.3 중수도 이용의 효과 및 경제성 분석

7.3.1 수자원부족에 대한 대응

산업화, 도시화로 인하여 물 사용량 증가추세는 수자원확보 추이가 뒤 따라 가질 못하므로 이에 대한 대비책으로서 중수를 이용하는 것이 바람직하다. 하수처리수를 중수의 원수로 이용할 경우 하수 처리수는 가뭄이 없는 수원이 된다. 궁극적으로 중수는 증가추세에 있는 용수사용량의 확보를 위한 댐건설의 부담을 해소할 수 있어 가뭄시 물 부족 문제를 해결해 줄 수 있다. 또는 평상시에는 물 사용량을 감소시켜 댐의 저수 여유량이 확보되어 댐의 용도를 최대화시킬 수 있다.

7.3.2 수질오염 방지효과

중수가 수질오염방지측면에서 기여하는 점은 방류수량의 감소에 있다. 하수량의 부하를 감소시키면 차집관로 용량 및 펌프동력을 절감시키는 것이다. 댐에서는 여유용량이 많아져 양질의 원수를 수돗물로 이용할 수 있으며, 중수사용량 만큼 하수발생량이 감소하여 하천의 오염 부하량이 경감된다.

7.3.3 경제적 효과

중수도의 경제적 효과는 공적차원과 사적차원으로 나누어 볼 수 있다. 공적차원에서의 이익은 댐건설과 정수장 및 하수처리장의 시설확충시기 연장과 시설용량을 축소시킬 수 있어 공공투자의 우선순위에서 여유가 생긴다. 아울러 중수도를 설치 운영하는 도시의 사례를 보면 기존 물 사용량에 비해 20%정도의 절수효과도 얻을 수 있다. 사적차원에서는 중수도설치에 따른 수도요금 감면등 설치에 대한 조세감면 혜택도 받을 수 있다. 다만, 현재까지 중수생산비용이 수도요금보다 높기 때문에 처리용량이 소규모인 경우에는 경제성이 떨어지는 단점이 있다. 그러나 수도요금이 절수형 수도요금체제로 현실화되는 추세로 볼 때 머지 않은 장래에 충분한 경제적 이익을 얻을 수 있을 것이다.

7.3.4 절수효과

한마디로 중수도의 설치목적은 물 절약으로 연결된다. 일반적으로 건물에서 중수도 사용시 절수효과는 약 20%정도이며, 생산공장의 경우 공정에 따라 이보다 훨씬 높을 수 있다.

지금까지 낭비에 가까운 물사용 형태는 더 이상 방치될 수 없다. 다른 물가에 비해 상대적으로 싼값으로 쉽게 사용해왔던 물은 이제 더 이상의 무한재화가 아

나라 고가의 한정된 재화로 변화될 날이 머지 않았다. 따라서 중수도는 수자원의 유효한 이용과 아울러 절수의식을 인식시키는 계기가 될 것이다.

7.3.5 중수도의 경제성 평가

가) 중수도 도입의 평가

중수도의 확대보금을 위하여 먼저 고려하여야 하는 사항은 중수도를 도입하는 것이 경제성이 있는가 하는 것이다. 중수도의 경제성평가는 사업이 사회후생에 미치는 영향을 통해 파악할 수 있으며, 그 사업의 시행으로 사회전체의 후생이 증가되었다면 경제성이 있는 것이다. 그러나 사회후생의 변화를 측정하는 일은 현실적으로 사회후생함수 설정 등 어려운 문제점이 많으므로 실질적인 경제성 평가지침인 비용·편익분석방법을 사용하고 있다.

비용·편익분석은 공공사업에서 오는 편익과 이를 수행하는데 소요되는 비용을 종합·검토했으므로 그 사업이 갖는 경제성을 평가하는 것으로 사업의 편익을 화폐단위로 표시하고 있다. 일반적인 환경사업과 마찬가지로 중수도 사업의 편익은 사회적 편익과 사적편익으로 구분되므로 사업의 경제성은 사회적 측면에서의 경제성과 수요지측면에서의 경제성으로 나누어서 분석할 수 있다.

- ① 사회적 측면 : 사회적 편익을 사업의 외부 환경성 및 후생성으로 평가하여 분석
 - 중수도 생산비용 (중수도 도입에 의한 사회적편익+사적편익
 - 중수도가 시장내에 도입되지 않으면 시민전체의 사회후생의 저하를 가져옴
 - 정부의 적극적인 확대보금 방안이 필요
- ② 수요자 측면 : 사적편익을 시장가격의 화폐적 가치로 평가하여 분석
 - 상수도요금 절감액 > 중수도의 공급가격
 - 경제주체들의 편익이 비용보다 큼
 - 정부의 지원이 없이 경제내에서 중수도 보급이 활성화됨
 - 상수도요금 절감액 < 중수도 공급가격
 - 정부의 지원이 없으면 시장내에서 중수도 보급되지 않음

나) 중수도의 경제성 분석 방법

중수도의 경제성 분석은 중수도 설치에 소요되는 비용과 여기서 발생하는 편익의 차를 계산하여 사업의 실시여부를 결정한다. 이러한 의사결정의 기준은 크게 나누면 현재가치법, 비용·편익 비율법, 내부수익율법 등 세가지 방법이 있다.

1) 현재가치법

현재가치법(method for present value)은 투자사업의 전기간에 걸쳐 발생하는 비용과 편익을 할인율로 할인한 현재가치를 구하여 순편익이 양인 경우 경제성이 있는 것으로 평가한다. 구체적으로 n기간 동안의 비용 흐름이 $C_0, C_1, \dots, C_i, \dots, C_{n-1}$ 이고 편익의 흐름이 $B_0, B_1, \dots, B_i, \dots, B_{n-1}$ 이며 할인율이 r일 때 순편익

의 현재가치는 식(6.1)로 나타낼 수 있다.

2) 비용·편익비율법

비용·편익비율법(BC ratio, benefit-cost ratio)은 비용과 편익의 현재가치를 각각 구해서 이 비율이 1보다 크면 사업을 실시하는 것이 타당하고 1보다 작은 사업을 실시하지 않는 것이 타당하다고 판단하는 것이다. 편익의 현재가치가 PVB이고 비용의 현재가치는 PVC일 때 BC의 비율은 식(6.2)와 같다.

3) 내부수익률법

내부수익률법(method for internal rate of return)은 순편익의 현재가치의 흐름을 영으로 하는 내부수익률이 기회비용을 의미하는 할인율보다 크면 사업을 실시하는 것이 타당하고 할인율보다 작으면 실시하지 않는 것이 타당하다. 그러나 내부수익률법은 선택된 내부수익률을 현재가치법에서 사용한 할인율과 비교하여 투자결정을 하는 과정에서 다수의 내부수익률이 도출될 수 있어 적정 내부수익률의 선택의 문제가 될 수 있다.

여기서 현재가치법은 사업의 경제성에 대한 절대평가를, 그리고 비용·편익비율과 내부수익률법은 사업의 경제성에 대한 상대평가를 나타낸다. 결국사업의 경제성이 있을 때 실질적인 총이윤과 생산단가는 현재가치법만이 제시할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 세가지 기준설정 방법 중에도 현재가치법에 의하여 중수도 도입의 타당성을 평가하는 것으로 한다.

일반적으로 공공 투자정책으로 인한 편익과 비용의 발생은 오랜 시간을 두고 발생한다. 초기에는 주로 비용이 많이 발생하지만 시간이 지남에 따라 비용보다 편익의 양이 증가하게 된다.

7.3.6 개별중수도 경제성 분석

가) 경제성 분석요인

중수도의 설치비용은 중수도의 규모 및 용도, 중수도의 처리기술, 중수도 원수수질, 중수재이용용도의 수질기준, 처리시설과 수요지 사이의 거리, 중수도시설부지의 지가 등에 따라 결정된다. 중수도의 설치비용 및 운영비용은 처리규모 및 용도에 따라서 다르며 일반적으로 일정 규모까지는 규모가 클수록 평균비용이 낮아지는 규모의 경제가 존재한다. 그리고 처리비용은 중수용도의 수질이 원수와 동일한 수준으로 요구되느냐 아니면 이상의 깨끗한 수질을 필요로 하는 다른 목적으로 사용되느냐에 따라 차이가 나며, 중수처리기술도 생물학적, 물리적, 화학적 처리방법에서 어느 처리기술을 선정하느냐에 따라 상당히 다르다.

중수도 설치에 소요되는 비용은 크게 건설비용과 운영비용으로 나눌 수 있다. 건설비용은 기초공사비, 시설비 및 기계비로 구분되며 구체적으로 기초공사비로는 토목, 전기비가 포함되고 시설비에는 처리에 필요한 기계비, 시설비 및 옥내외 송배수시설비 등이 있다. 그리고 운영비용은 전력비, 약품비, 인건비, 수선비, 수질분석비 및 기타 비용으로 구분된다.

나) 편익요인

중수도 도입으로 발생하는 편익은 설치자 개개인이 가지는 경제적 편익을 화폐 가치로 나타낸 사적편익과 국민경제성의 향상을 화폐적 가치로 나타낸 사회적 편익으로 나눌 수 있다.

중도의 사적편익에 대한 화폐적 가치는 상하수도요금 절감액과 환경개선부담금 절감액 등으로 나타낼 수 있다. 이에 대해 중수도의 사회적 편익으로는 상하수도 생산원가의 절감액 이외에 물사용 감소로 인한 편익과 물 오염 감소로 인한 편익으로 크게 구성된다. 이 중에서 물 사용 감소로 인한 편익에는 댐건설비 절감, 수도관 건설비용 절감, 다목적댐 주변지역 지원사업 비용 감소, 갈수기 물 부족 감소로 인한 경제적·사회적 편익과 댐건설 감소로 인한 자연자원보존 및 기상변화로 인한 경제적인 피해감소 등의 편익이 포함되고, 물오염 감소의 편익으로 하수배출량 감소로 인한 하수처리비 감소 및 하수관거 건설비용 감소, 수질악화로 인한 생태계파괴 감소 등에 의한 편익이 있다.

이와 같은 모든 편익을 화폐적 가치로 환산하는 것은 현실적으로 어려우므로 현 여건을 고려하여 화폐적 가치로 나타낼 수 있는 편익항목을 선정하면 상하수도요금 절감, 댐 건설비 절감, 댐 주변 지역 지원비 절감, 수변지역관리비 절감 등을 들 수 있다.

다) 경제성 분석요인 추정

1) 비용추정

중수도 시설의 비용은 크게 초기 중수도시설에 투자하는 건설비와 매년 시설의 유지관리에 소요되는 운영비로 구분된다. 여기서 건설비는 토목건축비, 시설구입 및 설치비, 배관공사비, 전기계장비, Duct공사비, 간접경비 등을 합친 것이며, 운영비는 전력비, 약품비, 활성탄·여과시 교체 및 Media보충비, 인건비, 수질분석비, 보수비 등을 합친 것이다. 현재 우리나라에서 중수도로 많이 이용되고 있는 기술은 활성슬러지법, 미생물침사방식, 한외여과법 등이 있다.

2) 편익추정

중수도 시설의 편익은 크게 사적편익과 사회적편익으로 구분할 수 있다. 여기서 사적편익에는 중수도시설의 설치로 인한 개인의 상수도 및 하수도 요금절감이 포함되며, 사회적편익에는 국민경제적 입장에서 상수도 사용량이 감소됨에 따라 발생하는 댐건설비 절감, 댐주변지역 지원비 절감, 수변지역 관리비 절감 등이 있다.

① 상하수도요금

현재 우리나라의 상하수도요금은 각 지방자치단체에서 결정하도록 되어 있으며 지역별로 각각 다르게 책정하고 있다. 그리고 중수도시설을 설치하는 건물들은 대형빌딩이나 쇼핑센터와 같은 상수도 사용량이 큰 건물들로서 일반적으로 대도시에 밀집되어 있다.

따라서 본 연구에서는 서울시와 7개 광역시의 평균 상·하수도 요금에 비해 크

게 낮게 책정되어 있고 중수도의 생산단가보다도 크게 낮은 관계로 제외시켰다.

② 댐건설비

댐건설비는 크게 공사비, 보상비로 나누어진다. 하수처리수 재이용에 따라 기대되는 댐건설 절감비는 댐건설 사업비 중에서 용수공급을 위한 댐건설 사업비의 비중을 고려하여 계산하였다. 또한 댐건설에 의한 주민들에 대한 보상비는 점점 증가추세에 있으므로 최근에 건설된 임하, 합천, 주암 등 3개의 댐을 대상으로 하여 한국수자원공사의 다목적댐 운영 실무편람에 제시되어 있는 자료에 의하여 실질적인 톤당 용수공급 사업비를 추정하였다. 3개 댐의 톤당 용수에 대한 건설 사업비를 추정한 결과 3개 댐건설비에 든 공사비는 톤당 5.07원으로 39%인 반면에 보상비는 톤당 6.13원으로 48%를 차지한 것으로 나타나서 용수공급을 위해 든 총사업비 톤당 12.92원으로 조사 되었다.

③ 댐주변지역 지원비

댐건설로 인한 주변지역의 지원사업은 특정다목적댐법을 근거로 하고 상수원 보호구역의 지원사업은 수도법을 근거로 하고 있으며 지원내용은 소득증대사업, 공공시설사업, 육영사업, 홍보 및 부대사업 등이다. 한국수자원공사의 지원비에 대한 자료에 의하며 소양강, 안동, 대청, 충주, 합천, 주암, 임하, 남강, 섬진강댐 등 모두 9개 댐주변 25개 지역의 지원비가 1996년 기준으로 총 17.7억 원 정도이며 상수원보호구역의 지원비는 총 138억원이다.

댐주변의 톤당 총 지원비는 댐지원비의 톤당 0.191원과 상수원보호구역의 톤당 지원비 1.444원을 합하여 1.635원/m³으로 검토되었다.

④ 댐주변지역 관리비용

댐의 적정수질을 유지하기 위해 경계로부터 일정한 거리이내에 있는지역은 수변지역으로 정하여 오염물이 유입되는 것을 방지하고 있다. 수변관리지역에 해당되는 지역은 특별 대책지역내는 하천경계로부터 1km이내이며 특별대책지역외는 하천경계로부터 0.5km이내의 지역이다. 수변관리비용은 수변구역 특별지역내 양안1km이내와 특별지역외 0.5km이내 지역의 평균공사지가에 준해서 기회비용을 추정하여 산정한다.

본 연구에서는 환경부의 중수도 이용확대를 위한 정책방안연구에서 한강유역권을 대상으로 하여 수변구역의 기회비용을 수변구역가치의 5%로 가정하고 하천수 이용량 56억m³과 댐이용량 39억m³의 연간 95억m³을 적용하여 추정한 톤당 116원을 수변구역의 관리비용으로 적용하였다.

7.3.7 경제성 분석 결과

사회적 편익은 중수도 시설을 설치하는 개인에게 직접 돌아가는 편익이 아니라 국가 전체 또는 지역 경제에 돌아가는 편익이라 할 수 있다. 즉 실질적으로 중수도 시설을 설치하는 개인은 이러한 사회적 편익을 포함하지 않고 경제성을 고려하며, 또한 그들은 사회에 편익을 제공하지만 그에 대한 혜택을 받지 못하는 것이다. 따라서 중수도의 사용으로 인해 사회적 편익을 제공받는 국가 및 지역은

실질적으로 중수도 시설을 이용하는 개인에게 편익을 되돌려 주어야 한다.

본 연구에서는 이러한 사회적 편익을 개인에게 제공한다는 가정하에 경제성분석을 실시 하였다. 분석방법은 현재 가치법 (method for present value)을 이용하여 순편익의 현재가치 (NPV)를 구한 후 순편익의 현재가치가 0보다 크면 경제성이 있으며, 0보다 작으면 경제성이 없는 것으로 판단하였다. 그리고 시설의 내구년수는 15년으로 하고 할인율은 연간 10%로 결정하였다.

이때 각 중수도 시설의 공법별, 용량별 순편익은 중수도를 설치함에 따라 얻을 수 있는 편익은 적용공법에 상관없이 사용용량이 커질수록 증가하는 것으로 나타났다. 중수도 사용에 의한 편익을 용도별고 살펴보면 업무용의 상수도를 이용하는 건축물에서는 황성슬러지법의 중수도시설을 설치할 경우 1일 용수사용량이 2,000m³ 이상, 미생물 첨가식의 중수도시설은 300m³이상일 경우에는 중수도 시설의 공법에 관계없이 중수도를 사용하는 것이 경제성이 있는 것으로 나타났다.

그리고 중수도 처리공법의 선정측면에서 검토된 3개의 처리공법 중에서 미생물 첨가 방식이 가장 경제성이 있는 것으로 계산되었다.

중수도를 사용하면 수요자는 사용량만큼 상수도요금과 하수도요금을 지출하지 않아도 된다. 중수도와 상수도사용에 따른 경제성여부는 용수사용량에 따라 다르므로 수요자 입장에서는 중수도의 처리공법별, 용량별로 공급단가를 구하고 상하수도요금과 비교하여 중수도 공급단가가 상하수도요금보다 낮을 때에는 중수도를 사용하는 것이 경제적이다.

8. 중수도 보급확대 및 제도 개선 방안

8.1 중수도의 추진상황

정부에서는 중수도의 확대보급을 위하여 법적, 제도적 추진기반을 확보함과 아울러 행. 재정적 지원시책을 마련하고 있는데, 현재까지 추진상황을 정리하면 다음과 같다.

8.1.1 중수도법 제도

수도법을 개정(법률 제4429호 1991. 12.14)하여 중수도 설치를 국가적으로 권장하고 지원할 수 있는 법적 기반을 마련한데 이어, 수도법 시행령(대통령 제 13771호 1992. 12. 9)과 수도법 시행규칙(건설부령 제519호 1992. 12. 5)에 중수도 설치대상과 시설 기준등을 규정하고 있다. 구체적인 법령상의 내용은 다음과 같다.

(1) 중수도의 인정(수도법 제3조 제14호)

"중수도"라 함은 사용한 수도물을 생활용수, 공업용수 등으로 재활용

할 수 있도록 다시 처리하는 시설을 말한다.

(2) 수도정비기본계획의 수립(수도법 제4조)

건설부장관, 시장, 군수는 10년마다 수도정비기본계획을 수립하여야 하며, 이때 중수도의 개발, 보급에 관한 사항을 포함시켜야 한다.

(3) 중수도 설치(수도법 제11조)

- ① 국가 또는 지방자치단체는 대통령령이 정하는 바에 따라 물을 다량으로 사용하는 자에게 중수도를 설치, 관리하도록 권정할 수 있다.
- ② 제1항의 규정에 의한 중수도의 시설기준, 유지관리, 기타 필요한 사항은 총리령으로 정한다.

(4) 중수도의 설치 및 관리자(수도법 시행령 제15조)

- ① 법 제11조제1항에서 대통령이 정하는 자라 함은 다음 각호의 1에 해당하는 자를 말한다.

가. 공업배치 및 설립에 관한 법률 제2조의 규정에 의하여 설립된 공장으로서 1일 물 사용량이 1,000톤 이상인 공장의 소유자

나. 공중위생법 제2조제1항 제1호 가목 및 나목의 규정에 의한 숙박업 또는 목욕탕업에 사용되는 시설로서 1일 물 사용량이 500톤 이상인 시설의 소유자

다. 주택건설촉진법 제33조 제1항의 규정에 의한 사업계획의 승인을 얻은 300세대 이상의 공동주택의 사업주체 또는 관리주체

라. 공중위생법 제19조 제1호, 제3호 내지 제5호 제7호의 규정에 의한 공중위생시설로서 1일 500톤 이상인 시설의 소유자

마. 건설기술관리법 제5조의 규정에 의한 중앙건설기술심의위원회, 건축법 제4조의 규정에 의한 중앙건축 위원회의 심의대상인 시설로서 1일 물 사용량이 500톤 이상인 시설의 소유자

바. 기타 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로 정하는 건축물의 소유자 또는 관리자

- ② 국가 또는 지방자치단체는 법 제11조 제1항의 규정에 의하여 중수도를 설치하는 자에 대하여 그 설치방법 등에 관한 기술을 지원할 수 있다.

8.1.2 세제지원

중수도 설치시 세제상 지원책으로서 조세감면 규제법 제10조, 제26조 및 같은 법 시행령 제23조의 규정에 의거 중수도를 설치, 관리하는 자에게 중수도시설 투자금액의 10%까지를 과세연도의 소득세 또는 법인세에서 공제하거나 소득금액에서 이를 소급으로 처리할 수 있는 세제 지원방안이 수립되었다.

- (1) 조세감면규제법 제10조(기술 및 인력개발을 위한 설비투자에 대한 세액 공제 등)
 - 국산 기자재를 사용하여 투자한 경우 투자금액의 100분의 10에 해당하는 금액을 소득세 또는 법인세에서 공제하거나 100분의 50에 상당하는 금액을 감가상각비로 하여 과세연도 손금에 산입.

- (2) 같은법 제26조(특정 설비투자에 대한 세액 공제 등)
 - 산업정책상 필요하다고 인정하여 대통령령이 정하는 시설에 투자한 경우 법 제10조를 적용.

- (3) 같은 법 시행령 제23조(특정 설비투자의 범위)
 - 대통령령이 정하는 시설이라 함은 에너지절약 시설, 중수도시설, 대기 오염방지 시설을 말한다.

8.1.3 수도요금 감면

수도법시행규칙 제4조 규정에서 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치하는 자에 대하여 중수도설치비용의 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있도록 하였고, 공업용수 공급규칙 제11조에서 공업용수도 사업자는 수도법 제11조 규정에 의한 중수도를 설치, 관리하는 자에 대하여 수도요금을 감면할 수 있도록 규정하였다.

8.1.4 주요설비에 대한 적극적 권장

정부는 수도법 제11조에서 규정하는 물을 다량으로 사용하는 건축물, 시설물을 신설하는 경우 인.허가 또는 심의시 조건을 부여하여 중수도설치를 적극적으로 유도할 계획이다. 즉 건설기술관리법 제5조의 중앙건설기술심의위원회 또는 건축법 제4조의 규정에 의한 중앙건축위원회의 심의대상인 시설에 대해서 우선적으로 설치를 권장하도록 건설교통부에 요청하였고, 지방자치단체에 대해서도 지방건설 기술 심의 위원회 등에서 심의하는 대형건축물에 대해서도 설치권장을 요청하였다. 또한, 공업배치 및 공장설립에 관한 법률 제2조 규정에 의하여 설립되는 공장건물에 대해서는 통상 산업부에, 공중위생법에 의한 숙박업 또는 목욕장 및 같은 법시행령 관계규정에 의한 공중위생시설에 대해서는 보건복지부에 협조 요청하였다. 그리고 대규모 병영시설물에 대한 중수도시설 요청을 국방부에 요청하였다.

8.2 지속적인 시범사업 전개 (중수도 적용 활용 사례)

중수도 제도를 확대 보급시키기 위해서는 우선 공공차원에서의 다양한 시범

사업을 실시하여 초기단계에서 겪어야 할 시행착오의 경험을 사용자에게 주지 시킬 필요가 있다. 특히 중수이용의 효과와 문제점, 설계 및 유지관리 방법등을 사전에 입증시키는 것이 중요하다.

6.2.1 전국의 중수시설 현황

1) 2002년말 현재 우리나라의 중수도시설을 보면 총 114개소, 447천톤/일의 시설용량을 갖추고 있다. 중수도가 시설된 시기별로 보면, 1998년 이전에 56개소가 시설되었으며 1999년에 6개소, 2000년에 14개소, 2001년에 17개소, 2002년에 11개소이다. 지역별로 보면 서울이 26개소로 가장 많고 경기도가 16개소이며, 경북(11개소), 부산(10개소) 순이고 제주도에 2개소가 시설되어 있다.

2) 지역별, 시설요양별로 보면, 전라남도가 시설수는 7개소밖에 되지 않지만 시설용량은 121천톤/일로 가장 많고, 다음으로 전북(7개소, 96천톤/일), 경북(11개소, 64천톤/일), 울산(3개소, 34천톤/일)순으로 나타나고 있다. 이 같은 현상은 공업단지 또는 대규모 공장이 입지해 있는 지역을 중심으로 대용량의 중수도 시설이 설치되어 공업용수로서 이용되고 있는 것으로 알 수 있다.

전국에 시설된 중수도 중 최대 시설용량은 광양제철(전남)로서 106천톤/일의 시설용량을 갖추고 있으며, 포항에 있는 포스코는 40천톤/일이고, 인천 국제공항도 20천톤/일의 중수도가 시설되어 있다. 제주도의 경우, 한마음병원(제주시, 50톤/일)과 금강산콘도(한림읍, 110톤/일) 2군데에 중수도가 시설되어 있다.

3) 상기와 같은 중수도시설의 대부분은 업무용 빌딩, 개별공장 또는 건축물에서 발생하는 오, 폐수를 처리하여 재이용하는 개별 순환방식이다.

이용용도를 보면, 청소용수, 냉각용수, 공정용수, 세정수, 난방용수, 살수용수 등 공업용이나 잡용수로 사용되고 있다.

<표8-1> 전국 중수도시설 현황 (2002년말 당시)

구분	총 계		1999이전		1999년		2000년		2001년		2002	
	시설수	시설용량 (천톤/일)	시설수	시설용량 (천톤/일)	시설수	시설용량 (천톤/일)	시설수	시설용량 (천톤/일)	시설수	시설용량 (천톤/일)	시설수	시설용량 (천톤/일)
전국	114	446,927	56	353,776	16	48,600	14	31,131	17	5,490	11	7,930

6.2.2 롯데월드의 중수도 활용 (생활용수)

1) 설치목적

롯데월드 단지 내에서 배출되는 생활하수를 정화(중수도처리)하여 생활용수로 재 사용 함으로써 수자원 절약(비용절감) 및 생활하수 방류로 인한 수질오염을 줄이려는 목적으로 설치되었다.

2) 시설경과

- 준 공 : 1989.6
- 투자비 : 223,000,000원(토목공사 비용제외)

3) 설계기준

- 사용용도 : 화장실 세정수, 청소용세척수
- 처리용량 : 1,850m³/일
- 처리방식 : 생물학적 처리(접촉산화)
- 처리효율 : 원수 100mg/L, 처리수 10mg/L

4) 중수도 처리 과정

시수(수돗물)의 사용처는 음용수 및 피부접촉을 하는 세면, 샤워용수 등으로 사용된 것은 집수조에 모아 중수도 처리시설로 유입하여 정화처리 후 대 소 변기 세정수, 청소용수 등으로 재사용하고, 발생된 오수는 오수 정화처리 시설에서 처리 후 방류토록 함으로써 시수(수돗물)사용량을 줄일 수 있을 뿐 아니라 수자원을 절약 하므로써 자연환경 보존에 이바지 한다.

5) 경제성 검토

<표 8-2> 중수처리 소요비용

중수사용량		346,824m ³ /년 (950m ³ /일)			
구 분	사 용 량	금 액 (천원)	사용단가 (원/톤)	비 율 (%)	비 고
전 력	619,320kwh	50,772	146	38.0	
약 품	소독제:684kg 소포제:34kg	4,000	12	3.0	소독제:5,700원/kg 소포제:3,000원/kg
수질 분석비	12회/년	636	2	0.5	월1회 분석의뢰
수 선 비	-	10,442	30	8.0	수리, 자재,소모품비
인 건 비	-	50,000	144	37.0	직원 2명. 협력직 1명
슬러지처리비	-	3,400	10	2.5	폐기물 처리
감가상각비	-	14,892	43	11.0	기계장치 15년
합 계	-	134,142	387	100	

* 중수처리시설 공사비("88년도 기계 장치분) : 22,300만원

절감액 = 사용량 X [시수단가(상수료 + 하수도료) - 생산단가]
 346,824 X [(1,240원/m³ + 540원/m³) - 387원/m³]
 = 483,125,832원
 - 98년도 약 4억 8천만원/년내
 - "90 ~ "98년도 약 40억원/9년내

8.2.3 산본 주공아파트 (생활용수)

1) 시설개요

- 원수 : 생활용수 중 목욕배수(140톤/일 정도)
- 재이용량 : 83톤/일(처리용량 기준)
- 용도 : 수세식 화장실 용수
- 부지면적 : 50평(중수처리시설)
- 시설개요 : 아파트 단지 내의 잡 배수 중 수세식 화장실 오수가 포함되지 않은 목욕배수를 원수로하여, 화학처리와 활성탄처리를 거친 후 수세식 화장실 용수로 공급하는 시스템이다.

2) 물수지

산본 주공아파트에서 가동되고 있는 중수도의 물 수지는 원수(세면, 목욕배수)140톤/일의 59%인 83톤/일이 재이용되고 있다.

3) 처리시설

- 시설투자비 : 194백만원 (469천원/호)

<표8-3> 산본 주공아파트의 중수 생산 현황

구 분	시수도 전용시	중수 활용시	비 고
월급수사용량	8,300톤(20톤/호)	5,800톤(14톤/호)	
월중수사용량	-	2,490톤(6톤/호)	
월수도요금	940천원/월	620천원/월(6톤/호)	320천원/월 절감
중수 생산비	-	1,040천원/월	

주) 중수사용시 상수도 사용에 비해 월 720천원(호당 1,730원/월)추가 비용 이 발생 함.

4) 중수도 사용에 대한 문제점 분석

가) 경제성 결여

중수 생산비가 수도요금보다 비싸기 때문에 경제성이 결여된 상태이다. 주택 공사에서 산본 주공아파트 415호를 대상으로 한 상수도와 중수도 월 사용료를 비교한 결과로써 현행의 중수도를 운영할 경우 상수도만 사용했을 때 보다 가구 당 약1,500원의 추가부담이 발생되고 있는 것으로 나타났다.

나) 관리상의 문제점

- 중수사용비가 상수 사용보다 높아 중수사용 입주자의 민원이 예상된다.
- 입주후 2개월간 사업단에서 시운전을 시행하여 관리소에 인계하였으나 중수 생산비 추가 부담에 따른 관리비 상승예상으로 수도료가 감면될 수 있을 때 까지 가동을 유보하고 있다.

(“93년 12월 30일 이후 가동 중단)

- 중수도 설치시 비용일부 용자 또는 수도요금을 감면할 수 있도록 법제화(수도법 시행규칙 제4조)되어 있으나 군포시에서 급수조례 개정을 이유로 감면이 되지 않은 실정이다.

8.2.4 광주시 하수처리수의 재이용 (환경용수, 하천유지용수)

1) 사업의 목적

본 사업은 도시 하수처리사업을 위한 찻집 관거 및 하수처리장의 건설로 인하여 하천 유지용수량이 감소되어 건전화 된 광주천의 적정 유지용수를 확보하여 하천의 기능을 재생시키고 하천의 오염방지를 통하여 시민에게 쾌적하고 친밀감 있는 환경을 조성코자 하는 것이다.

2) 사업의 필요성

현재 광주천은 하수처리장 찻집 관거가 하천 고수부지 양안으로 매설되어 있고 하천유입 하수관거가 대부분 찻집 관거에 연결되어 있음으로 갈수시에는 하천의 유하량 부족으로 저질의 퇴적 및 친수형 수변공간으로의 전환이 요구되어 본 사업을 계획하게 되었다.

3) 하천유지유량

광주천이 하천으로서의 정상적인 기능을 유지하기 위한 사업으로서 경관, 생태계, 수질보전과 같은 친수기능의 유지 및 회복 차원에서 유지유량을 설정하였다.

<표8-4> 하천기능별 목표유량

구 분	경 관	친수활동	생태계	수질보전	하천특성	금회채택
수면폭(m)	10~14	20~25	20~25	목표수질Ⅲ 및 Ⅳ등급유지 (8~6ppm이하)	갈수량기준 (사방천합류천)	20~25
유속(m/sec)	0.3	0.2	0.2			0.20이상
수 심(m)	0.1	0.2	0.1			0.10이상
유량(m ³ /sec)	02~0.28	08~1.0	0.4~0.5	0.756	0.256	0.756

4) 시설물계획

가) 일반사항

광주천 건전화 방지사업의 주요시설은 영산강과 광주천 합류점 영산강 측 상류 300m지점의 취수시설(집수매거)과 취수된 물을 광주천 상류부로 송수하기 위한 약12Km의 송수관로와 가압펌프장 1개소로서 시설용량은 43,200m³/일이다.

나) 소요사업비

본 광주천 건전화 방지사업비에 소요되는 총사업비는 6,671백만원 소요.

다) 유지관리비

본 건전화 방지사업의 주요 시설물에 대한 연간 유지관리비는 다음과 같다.

- 전력비 : 117,439.0천원/년
- 유지보수비 : 10,821.8천원/년
- 계 ; 128,260.8천원/년

5) 사업의 효과 기대

- 광주천 하천유지용수의 안정적 확보
- 광주천 오염도 저하 및 수질기준 달성
- 하천 생태계의 회복
- 수변환경의 정화로 인한 친수성 제고
- 시민의 수변 휴식 공간 제공
- 하수처리장 방류수의 재이용으로 수자원 이용효율 제고

8.2.5 안양골프장 (환경용수)

1) 시설개요

- 원 수 : 지하수(평일 150톤/일, 주말 200톤/일)
- 재이용량 : 연못에 일시 저류시킨 후, 살수용수로 공급
- 환산수량 : 건조기 (15톤/일), 비 건조기 (75톤/일) (년평균 110톤/일)
- 용 도 : 잔디 살수용수, 연못 보충수
- 부지면적 : 100평 (오수처리시설)
- 시설개용 : 처리장 시설용량은 200톤/일이며, 처리된 물은 골프장내의 연못에 저장되어 잔디 살수와 연못의 경관 유지용수로 이용된다. 하절기 재이용수량 부족시 지하수를 병행하여 보충수로 이용한다. 재이용 원수는 지하수와 골프장내의 생활 용수이다.

2) 물수지

안양골프장의 물수지는 물 사용량 평일 기준으로 260톤/일이며, 재이용율은 42.3%이다. (75~150톤/일, 살수용수로 재이용)

8.2.6 천안시의 농업용수 공급 (농업용수)

국내에서 농업용수로 재이용하고 있는 물은 주로 하수처리장에서 방류되는 하수처리수로서 충청남도 천안시 등 일부 지자체에서만 시행되고 있다. 현재 전국에서 하수처리수를 농업용수로 공급하는 총량은 6,581천톤/년 정도이며, 이는 전체 하수처리수의 재이용량의 3.91%에 불과하다.

1) 사업개요

천안시 환경사업소에서는 1995년부터 국내에서는 최초로 하수처리수를 활용하여 농업용수로 공급해오고 있다. 공급방식으로는 하수처리장에서 방류한 하수처리수를 펌프에 의해 상류로 4km까지 끌어올리고, 하류로는 자연유하 방식으로 농업용수를 공급하고 있다. 천안시 하수처리사업소의 1일 하수처리용량은 70,000㎥/일(분뇨와 연계처리 : 310kℓ)정도이다.

2) 농업용수 공급량

2001년 현재 공급면적 180ha, 농가수 347가구에 공급한 용수량은 총 2,500,000㎥으로 매년 공급량을 증가시키고 있으며, 공급기간은 매년 4월 1일에서 9월 30일까지 주로 농사철에만 공급하고 있다.

<표8-5> 연도별 농업용수 공급량

년 도	공급량(㎥)	공급면적(ha)	농가수(가구)	공급기간
1999년	1,070,550	180	347	4월 1일~9월 30일
2000년	1,790,370	180	347	4월 1일~9월 30일
2001년	2,500,000	180	347	4월 1일~9월 30일

3) 유지비

농업용수 공급에 필요한 유지비는 펌프 5대에 소요되는 전력비 400만원과 수리비 250만원 등 연간 약650만원 정도가 소요되고 있다.

4) 기대효과

천안시는 하수처리수를 인근지역의 농업용수로 공급함으로써 매년 특히 모내기철에 가뭄으로 고생하는 인근지역과는 달리 항상 안정적으로 용수를 공급할 수 있기 때문에 농작물 수확 증대에 기여하고 있다.

8.2.7 영종도 신 국제공항

공공시설물로서는 현재 영종도 신 국제공항에서 하루 20,000톤 규모의 중수처리시스템도입을 하여 처리된 중수는 공항 내 청소 및 조경 용수 등으로 사용되고 있다.

<표8-6> 영종도 신공항 용수 수요량

구분	실시설계				기본설계		
	2005	2010	2020	2040	2005	2010	2020
1.공항시설지역	18,738	31,050	55,890	75,282	21,000	34,400	51,500
2.국제업무지역	6,692	10,191	19,268	33,224	11,200	16,000	18,400
소 계 (1+2)	25,430	41,241	75,158	108,506	32,200	50,400	69,900
3.조경용수	23,540	34,442	59,756	59,756			
소 계 (1+2+3)	48,970	75,683	134,914	168,262	32,200	50,400	69,900
4.배후단지	57,600	81,900	106,600	118,800	57,600	81,900	106,600
5.영.용유지역	66,000	94,300	173,500	230,100			
소 계 (4+5)	123,600	176,200	280,100	348,900			
합 계	172,570	251,883	415,014	517,162			

<표8-7> 공공시설 중수도 현황

구 분	대전 제3청사	부산광역시청사	영종도 신공항
전체사업공정 설계반영여부	100% 반영	100% 반영	100% 반영
설 치 현 황 사업비(백만원) 중수처리규모(톤/일)	설치 527 800	설치 500	설치 20,000

8.2.8 하수처리장 방류수 재이용 사례

중수도제도가 정착되면 하수처리수의 재이용방안도 본격적으로 연구될 과제 중의 하나이다. 막대한 투자비를 들여 건설하는 하수처리장이 단순히 하수의 위생적 처리기능으로 그칠 것이 아니라 한정된 물 자원을 재생, 재이용하는 기능을 갖는 시설로 효용을 갖도록 처리된 하수의 재이용을 추진하는 일이 중요하다. 공단폐수처리장이나 단일공장의 폐수처리장에서 정수되는 폐수도 용수공급원으로 재이용할 수 있도록 장기적인 계획을 갖고 있으며, 이렇게 될 경우 경비절감과 함께 용수수요도 크게 감축할 수 있게 된다.

사람들은 하수를 더럽고 유해한 것으로 인식하고 있으나 하수의 99%는 물로 이루어져 있기 때문에 재이용을 할 수 있는 좋은 대체 수자원이라고 할 수 있다.

특히 환경보전에 대한 주민의식이 높아지면서 쾌적한 환경에 대한 욕구가 증가하고 있고, 예기치 못한 잦은 이상가뭄과 세계적인 물 부족 위기에 대한 경각심이 높아지면서 중수시설의 확대 필요성이 꾸준히 제기되고 있다.

이와 더불어 국내외적으로 오, 폐수처리 기술이 급속히 발전하면서 하수를 먹는 물로 이용하더라도 전혀 손색이 없을 정도로 깨끗하게 처리할 수 있는 수처리 기술이 크게 향상되고 있다.

가) 국내사례

1) 우리나라의 하수처리장과 재이용 현황

2003년말 기준 전국에 가동 중인 하수종말처리장은 모두 243개소이며, 2002년과 비교할 때 42개소가 늘어 났다.

<표8-8> 2003년말 현재 전국 하수처리장 시설 현황

구 분	2003	2002	2001	2000
처리장수 (개 소)	243	201	184	172
시설용량(천톤/일)	20,731.55	19,975.85	19,229.75	18,399.93
도 시 수	-	122	112	106

243개소의 시설용량은 총 20,731.55천톤/일이며, 이 중 연간 6개월 이상 가동된 190개소에서 처리된 하수량은 16,819천톤/일이다.

전국 하수처리장에서 발생하는 방류수 재이용 현황을 보면(2002년), 연간 총 하수유입량 61억톤중 4.2%인 2.62억톤이다.

<8-9> 전국 하수처리장 방류수 재이용 현황

(단위 : 천톤/년)

연도별	하수 유입량	재이용 현황		재이용 내역		
		재이용량	재이용율	계	처리장내	처리장외
2001	5,884,794	173,559	2.95%	173,559(100%)	116,406(67.1%)	57,173(32.9%)
2002	6,128,780	261,926	4.27%	261,926(100%)	193,067(64.3%)	68,859(35.7%)

2002년도에 재이용된 하수방류수 중 64.3%는 하수처리장내에서 화장실용수, 세정용수, 냉각용수, 희석용수, 기타용수(환경학습장, 소포용수 등) 등으로 사용되었고, 나머지 35.7%는 하수처리장외에 공업용수, 농업용수, 환경용수(하천유지용수)등으로 사용되었다.

<표8-10> 전국 하수처리장 방류수 재이용 용도별 현황

연도 별	구분	재이용 용도										
		계	청소수	세척수	공업 용수	냉각 용수	회석 용수	농업 용수	하천 유지	식수대 살수	중수 도	기타 용수
2001	재이용 수량 (천톤/년)	173,559	7,491	62,729	492	19,268	6,982	19,934	35,523	1,204	500	19,436
	비율(%)	100	0.03	34.30	5.89	15.72	2.72	3.93	22.55	0.76	-	14.10
2002	재이용 수량 (천톤/년)	261,926	13,004	101,086	-	21,302	8,582	10,206	58,653	1,170	800	15,159
	비율(%)	100	5.0	38.6	-	8.1	3.3	3.9	22.4	0.4	0.3	5.8

나) 미국의 하수처리 방류수 재이용 현황

1) 하수처리 방류수의 이용용도

미국은 수자원보호, 용수의 효율적인 이용, 대체 수자원 확보라는 관점에서 오래전부터 하수처리장 방류수 재이용을 추진해 왔으며, 방류수의 이용은 지역에 따라 다소 차이가 있지만 다음과 같이 6가지 용도로 분류할 수 있다.

- ① 농업용수 및 조경용수
- ② 산업용수(냉각수, 보일러 용수, 공정수)
- ③ 지하수 함양 및 해수침입 방지용수
- ④ 레이크레이션(호수, 연못 및 습지 보충수, 하천 유지용수)
- ⑤ 생활용수(소화용수, 수세식 화장실 용수, 청소용수)
- ⑥ 음용수 : 지하수 또는 지표수와 혼합, 직접 음용수로 사용

2) 방류수 재이용의 특징

주로 하수처리장 바울수를 고도처리하여 광역적으로 재이용하고 있으며, 이는 다른 용수 공급원을 확보하기 어려운 지역에서 주로 이루어지고 있다.

1996년 콜로라도주 콜로라도 스프링스시에서는 재처리된 방류수를 골프장, 공원 및 공동묘지에 사용하기 시작하였으며, 플로리다주 세인트 피터버그시에서도 1977년부터 하수처리장의 방류수를 200마일이 넘는 관로를 시설해 공원, 골프장, 학교 운동장, 냉각용수 등으로 재이용해 오고 있다.

방류수의 재이용은 주로 농업용수(관개용), 공원 및 골프장용수 등과 같이 비음용수로서 재이용하고 있다.

1995년 미국 지질조사소에서 발간한 미국 물 사용량 통계에서 보면(USGS Circular 1200, 1998), 미국 전역에서 1일 사용되고 있는 방류수는 3,856천톤이며, 캘리포니아주가 전체의 33%에 이르는 1일 1,262천톤을 재이용하였고, 플리다주는 23%인 892천톤의 방류수를 재이용하였다. 또한 캘리포니아주 물 재이용기획단(Recycled Water Task Force)에서 발간한 자료에 의하면, 200년 1년 동안 495,264천톤(1일 1,357천톤)의 방류수를 재이용하였다.

해수침투 방지 등 지하수 보호 및 환경용수로도 방류수를 재이용하고 있으며,

캘리포니아주 오렌지카운티의 Water Factory 21에서는 1976년부터 재이용수를 지하수로 함양시켜오고 있다.

미국에서는 하수처리 방류수를 재처리하여 음용수로 재이용하기 위한 연구가 덴버, 덴파, 엘파소 등에서 수년간 지속되고 있다.

8.3 주요설비에 대한 설치 권장

중수도의 확대보급과 절수 효과를 높이기 위해서 주요시설에 대한 중수도 설치를 적극적으로 유도하고, 대부분의 건축물은 내구 연수가 20년 이상이므로 계획의 초기 단계에서 부터 중수도 도입을 염두에 두고 설계하는 것이 중요하다. 따라서 수도법에서 규정하는 물을 다량으로 사용하는 시설물을 건축하는 경우에 인. 허가 또는 심의조건으로 설치를 적극적으로 유도할 필요가 있다. 공공업무시설, 일반 업무 및 판매시설, 교육시설, 공업단지 등에 우선적으로 중수도 설치를 권장하고, 중앙건축위원회의 심의를 요하는 한편 중앙건설기술심의위원회의 심의를 요하는 건축물과 시설물에도 선택적으로 설치를 권장하도록 관계 부처에 요청하고, 필요에 따라 해당기관의 회의도 개최하여야 한다.

8.3.1 중수도 이용의 적용범위 확대

중수도는 다음과 같은 지역에 우선적으로 적용하며 점점 그 적용범위를 확대하여야 한다.

- 1) 하수처리장에서 하수 처리수 공급이 가능한 지역으로 한다.
- 2) 물 수급 상황이 어려운 지역 및 유지용수량이 부족한 하천으로 한다.
- 3) 신규 또는 재개발에 의해 급수설비의 설치가 가능한 빌딩 또는 지역으로 한다.

가) 개별 중수도의 활용 방안

중수도 방식의 분류는 크게 개별순환방식, 지역순환방식, 광역순환방식으로 나눌 수 있다. 그 사용량의 규모로 본다면 광역 중수도가 으뜸이겠지만, 현재 우리나라 상황에서의 중요도는 개별 중수도가 매우 높다고 할 수 있다. 개별 중수도는 잠재적 수요자나 일반 대중과 매우 가까이에 있으므로, 중요한 홍보의 역할을 수행 할 수 있으며, 다양한 시도를 보다 손쉽게 수행 할 수 있으므로 중수도 기술 발전에 초석이 될 수 있다. 따라서 개별 중수도는 적극적인 보급 확대가 필요하며, 그 일환으로 개별 중수도의 활용 방법을 제안함으로써 중수도의 필요성을 높이고 나아가 중수도 보급 확대를 이루고자 한다.

나) 개별 중수도의 활용 현황

현재 개별 중수도가 활용되고 있는 대표적인 시설물은 호텔과 업무용 빌딩이다. 아파트와 같은 공동 주택의 경우 수돗물 값이 상대적으로 저렴하여 경제성이 떨어지고, 정서상, 위생상 문제로 대형 민원 발생의 소지가 있어 아직 적용되지 못하고 있는 실정이다.

개별 중수도에 있어서 생산된 중수의 활용분야는 화장실 변기 세정수와 냉각탑의 보충수로 사용되고 있다. 냉각탑 보충수의 경우 계절적 영향에 따라 여름철에 그 사용이 국한되므로, 화장실 세정수가 유일한 활용 분야라 할 수 있다. 호텔의 경우 민원의 소지 문제로 인하여 객실의 화장실에는 중수를 공급하지 못하고, 로비, 복도, 주차장 등의 공동 화장실에만 공급하는 경우가 많은 관계로 실제 용수 사용량에 비하여 중수도의 사용량은 저조한 실정이다. 따라서 적극적인 중수도 사용 분야의 개발이 매우 중요하다고 할 수 있다.

다) 옥상정원 및 실내 정원 조성

도시로의 인구 집중은 토지 부족 및 지가상승을 불러왔고 고밀도화를 통한 토지 이용의 극대화가 추진되어 잔여 공간이 줄어들게 됨에 따라 녹지공간의 확보가 점차 어려워지고 있다.

녹지공간의 감소는, 대기오염 증가, 도시 온실화, 시민의 정서적 황폐화 등의 문제를 야기 시킴에 따라 그 대안으로서 인공지반 녹화가 점차적으로 시행되고 있다. 인공지반 녹화는 건축물의 옥상, 베란다, 테라스 등을 이용하여 자연환경으로 조경을 하는 방법으로 도시 미관을 증진시키고, 심리적 안정감을 갖게 할 뿐 아니라 공기정화, 미기후 조절, 소음 저감, 건축물 보호, 에너지 절약 등의 부대 효과를 기대할 수 있다.

인공지반 녹화는 중수도와 직접적인 영향이 있다. 각 건축물에 옥상이나 베란다에 조성된 녹지공간은 중수도 활용 확대의 대상이 되며, 중수도 사용에 따른 조경용수의 원활한 공급은 조경 식물의 관리에 매우 유리한 조건이 될 수 있다.

결과적으로 건축물에 녹지 공간의 확보는 중수도의 필요성을 증진시키고, 중수도의 공급은 건축물에 녹지 공간을 확보하는 데에 유리한 시너지 효과를 제공한다.

건설교통부와 환경부에서는 ‘친환경 건축물 인증제도’를 시행하고 있다. 친환경 건축물은 건축물의 KS마크와도 같이 기업의 이미지 평가와 소비자의 구매 판단기준으로 삼게 한다는 것인데, 중수도를 이용한 옥상정원 및 실내 정원 조성은 친환경 건축물(Green Building) 인증제도의 평가시 매우 유리한 가점을 받을 수 있다. 친환경 건축물 인증 심사기준(Green Building Certification Criteria)은 크게 토지이용 및 교통, 에너지 자원 및 환경부하, 생태 환경, 실내 환경 및 추가 항목 부문으로 나뉘는데, 중수도를 이용한 옥상 및 실내 정원 조성은 다양한 부분에서 가점을 받을 수 있다.

인공지반 녹화와 중수도는 함께 어우러져 각자의 가치를 극대화시킬 수 있

는 시너지 효과를 충분히 발휘할 수 있는 분야로서, 상호 발전을 유도하여, 수자원 보호, 용수 사용량 절감, 경제적 이익 창출, 에너지 절감, 도시 미관 개선, 대기 오염 저감, 심미적 안정감 제공 등, 공공의 가치를 창출 할 수 있다.

라) 친수형 공원 조성

성장 발전 중심의 주거지 확보를 위한 과거의 도시개발과 달리 현대의 도시개발은 그 질적 향상을 위주로 이루어지고 있다. 시민들의 의식 수준 향상과 지역개발의 적극적인 참여에 따라 각 지역의 공원 조성이 활발히 이루어지고 있다. 지역구의 대형 시민공원의 조성 뿐 아니라 마을단위의 소형 공원 조성도 적극적인 시도가 이루어지고 있다.

이러한 공원 조성 시 친수형 공원은 심리적, 정서적 안정감을 높이고, 아이들의 학습 장소로 활용될 수 있는 이유로 높이 평가되고 있다. 따라서 일산 호수공원, 구리 장자못공원, 부천 상동 근린공원, 보라매공원, 길동 생태공원, 용산 가족공원 등 각 공원이 친수형 공원의 형태를 띠고 있다.

이러한 대형 공원들은 대부분 원수를 인근의 하천수나 우수를 이용하고 있는데 이는 호소, 하천 유지용수의 공급을 원활히 하기 위함이다. 바꾸어 말하면 중수도를 이용하여 용수를 손쉽게 공급할 수 있다면, 중·소형 친수형 공원 조성은 한결 폭넓게 적용될 수 있을 것이다. 중·소형 친수형 공원은 지역 주민의 복지를 증진시키고, 애향심을 고취시킬 수 있다. 중수도를 이용한 손쉬운 중·소형 공원 조성으로 인한 다양한 공원 보급은 지역간 불균형 발전에 따른 괴리감을 해소하는 데에도 일익을 할 것으로 판단된다.

8.4 중수도 개발의 경제성 효과

중수도 제도의 도입을 촉진하기 위해서는 중수의 생산비가 수돗물 값보다 싸게 되도록 중수도의 경제성을 확보하는 것이 중요하다. 정부의 물가안정 시책의 일환으로 인상이 억제되고 있는 현행의 수도 요금수준으로는 중수도의 경제성을 확보하기 힘든 상황이다. 특히 효율체계상 수도요금에 따른 가정용의 경우는 중수도 설치에 따른 경제성 확보는 더욱 어려운 상태이다. 다만 일부 영업용 수돗물을 사용하는 경우에는 사용 규모에 따라 어느 정도의 경제성이 확보되는 것으로 분석되고 있다. 그렇다고 중수도를 설치하기 위해 수도요금을 인상시킬 수는 없다. 그러나 중수도의 목적이 물의 낭비를 줄이는데 있으므로 절수의 의식이 결여된 현재의 물 사용 패턴을 대폭적으로 전환 시키고자 정부에서는 현행 수도요금 체계를 절수형 수도요금체제로 전환하고 있다. 또한 중수도의 경제성확보를 위한 다른 방법은 처리비를 절감시킬 수 있는 중수처리 공업을 개발 보급함이 시급한 과제이다. '94년 8월 정부에서는 중수도 기술개발방안 연구과제를 한국건설기술연구원이 의뢰하여 그 결과를 해당부처 및 지방자치단체에 배포한 바 있다.

8.5 수도법 제도 개선

중수도 이용을 활성화시키는 가장 효과적인 방법은 현행의 수도법을 개정하여 중수도 시설 설치 의무화를 재조정 하여야 한다. 수도법에서 건설부장관, 시장, 군수는 매 10년마다 수도 정비 기본계획을 수립하여야 하며, 이때 중수도의 개발, 보급에 관한 사항을 포함시켜야 하는 것으로 되어 있다.

또, 수도법에서 중수도 설치항에는 국가 또는 지방자치단체는 대통령령이 정하는 바에 따라 물을 다량으로 사용하는 자에게 중수도의 설치, 관리를 의무화한 대로 되어 있다. 물론 중수도의 설치를 모든 시설물에다 일률적으로 적용할 수는 없으나, 단일 규모이면서 물 사용량이 많은 대형의 건물이나 공장의 경우는 중수도 설치의 유도를 현행의 권정사항만으로는 불가능한 상태이다. 따라서 중수도설치를 의무화하는 시설물의 범위를 현행 기준과 비교, 검토하여 불합리한 설치 권장기준은 현실화하고, 앞으로 수도법 개정시 현재의 일부 의무사항을 좀 더 확대시켜 의무화할 수 있도록 제도를 개선하여 물 절약에 대한 인식을 전환할 필요가 있다.

8.5.1 중수도 관련 현행 법규

가) 수도법

수도법 제11조에서는 물을 효율적으로 이용하기 위하여 일정 규모 이상의 건축물에는 단독 또는 공동으로 사용수량의 10퍼센트 이상을 재 이용할 수 있는 중수도를 설치·운영하여야 함을 규정하고 있으며, <표8-11>에 의무화 시설물을 나타내었다.

<표 8-11> 수도법(제11조) 및 수도법시행령(제15조)에 따른 중수도 설치 의무화 시설물

중수도 설치 의무화 시설물
◇ 숙박업 또는 목욕장업에 사용되는 시설로서 건축 연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설
◇ 1일 폐수배출량이 1천500세제곱미터 이상인 시설
◇ 건축연면적이 6만 제곱미터 이상인 시설로서 대통령령이 정하는 종류 및 규모 이상인 시설 <ol style="list-style-type: none"> 1. 유통 산업 발전법 제2조제3호의 규정에 의한 대규모점포 2. 건축법시행령 별표 1 제6호의 규정에 의한 판매 및 영업시설 중 여객자동차 터미널 및 화물터미널, 철도역사, 공항시설, 항만시설 및 종합여객시설 3. 건축법시행령 별표 1 제10호의 규정에 의한 업무시설 4. 건축법시행령 별표 1 제19호의 규정에 의한 공공용시설 중 교도소, 방송국 및 전신 전화국 5. 기타 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례가 정하는 시설

나) 중수도 설치자에 대한 경제적 지원제도

수도법 11조 3항에서는 국가 및 지방자치단체는 중수도를 설치한 시설물의 소유자에 대하여 그 중수도의 설치비용을 지원할 수 있으며, 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 수도 요금을 경감할 수 있다. 현재 시행되고 있는 중수도 설치자에 대한 경제적 인센티브를 <표8-12>에 나타내었다.

<표8-12> 중수도 설치자에 대한 경제적 지원제도 현황

◇ 세액공제 : 조세특례제한법 제25조의2, 동법시행령 제22조의2

조세특례제한법에서는 2005년 12월 31일까지 중수도시설에 투자하는 경우에는 당해 투자금액의 7%에 상당하는 금액을 소득세(사업소득에 대한 소득세에 한한다) 또는 법인세에서 공제한다.

◇ 설치자금 융자 : 2004 환경개선자금 융자운용요강 제4조

개별시설당 설치자금으로 50억원까지 융자

◇ 상수도 요금감면 : 지방자치단체 조례가 정하는 바에 따름

◇ 환경개선부담금 감면 : 환경개선비용부담법 시행령 제7조

수도법에 의한 중수도 또는 빗물이용시설을 설치한 시설물에 대하여는 동시설을 설치한 후 최초로 부과하는 기분의 개선부담금(법 제10조제1항제2호의 규정에 의하여 산정된 금액에 한한다)의 100분의 25를 경감한다.

8.6 중수도 시설의 보급 활성화 방안

2002년 말 기준으로 잠실 롯데월드 등 114개소에 중수도가 설치되어 하루 45만 여 톤의 물을 재 이용하고 있다. 2001년 3월 수도법을 개정하여 권장사항으로 되어 있던 중수도 시설을 일정 규모 이상의 신축 건물에 대해서는 의무적으로 설치하도록 하였기에 중수도 시설의 설치 건물 수는 계속적으로 증가할 것이다. 그러나 의무화 조항에 해당되는 규모의 건축물 신축이 많지 않기 때문에 보급의 확대를 조기에 달성하기는 쉽지 않다. 따라서 중수도 보급을 조기에 확대하기 위해서는 수도법에 규정되어 있는 의무화 규정의 변경이나 의무조항에 해당되지 않는 건축물에도 중수도의 보급이 활성화되어야만 한다.

즉, 물 절약 실천프로그램의 일환으로 시행되고 있는 중수도 설치사업은 의무화 대상 건물 및 비 의무화 건축물의 일부에서 도입하고는 있으나 비교적 부진한 편이며, 그 주된 이유중의 하나는 중수도 처리비용이 상수도 사용요금에 비해 비싸기 때문이다. 상수도 사용요금은 지속적으로 상향될 것이기 때문에, 상수도 사용 요금 문제를 제외한 중수도 시설의 보급 활성화 방안에 대해 살펴본다.

표 3 중수도 설치현황 (2002년말 기준)

시·도명	총계		'99이전		1999		2000		2001		2002	
	시설 수	시설용량 (톤/일)	시설 수	시설용량 (톤/일)	시설 수	시설용량 (톤/일)	시설 수	시설용량 (톤/일)	시설 수	시설용량 (톤/일)	시설 수	시설용량 (톤/일)
전국	114	446,927	56	353,776	16	48,600	14	31,131	17	5,490	11	7,930
서울	26	10,770	8	3,400	5	2,300	4	2,450	7	2,330	2	290
부산	10	4,271	4	2,380	-	-	1	311	1	100	4	1,480
대구	2	5,150	1	5,000	-	-	-	-	1	150	-	-
인천	6	22,400	1	220	1	180	1	20,000	1	700	2	1,300
광주	6	6,730	5	6,330	-	-	-	-	1	400	-	-
대전	4	1,520	1	70	2	900	1	550	-	-	-	-
울산	3	33,800	1	12,000	1	21,000	-	-	1	800	-	-
경기	16	43,480	12	42,280			1	600	3	600	-	-
강원	6	16,256	6	16,256	-	-	-	-	-	-	-	-
충북	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
충남	5	21,190	-	-	4	20,890	-	-	1	300	-	-
전북	7	95,560	6	94,000	-	-	-	-	-	-	1	1,560
전남	7	120,960	5	116,880	1	1,680	1	2,400	-	-	-	-
경북	11	64,080	6	54,960	1	1,600	3	4,520	-	-	1	3,000
경남	3	600	-	-	-	-	2	300	-	-	1	300
제주	2	160	-	-	1	50	-	-	1	110	-	-

환경부(<http://www.me.go.kr>)

8.6.1 중수도 의무화 대상 건축물

수도법의 중수도 시설 의무화 규정을 보면, <표8-11>에 나타난 바와 같이 건축 연면적이 6만 제곱미터 이상인 건축물에 대하여 사용수량의 10% 이상을 재이용할 수 있는 시설을 갖추도록 명시하고 있다. 여기서 건축연면적은 건축법 시행령 제119조 제1항 4호에서 연면적은 하나의 건축물의 각층의 바닥면적의 합계로 하여 정하고 있다. 그런데 현재 공공 부문에서 발주하는 터키 공사를 제외하고는 주상복합 건물, 오피스텔, 아파트 설계가 주류를 이루고 있으며, 또한 수도법에서 규정한 건축 연면적이 6만 제곱미터 이상인 건축물은 많지가 않다. 즉, 터키 공사를 제외하면 이 정도 규모 이상인 건물의 수는 많지 않으며, 사무소 건축물과 같이 건물의 용도에 따라서는 중수의 이용에 제한이 있을 수 있는 건물도 있기 때문에 중수도의 보급은 활발하지 못하다고 할 수 있다. 또한 의무화 규정에 포함되지 않는 건물로서 물 사용량이 많은 건축물도 있기 때문에 무조건 동일한 연면적 기준으로만 의무화 대상 건축물을 한정하는 것은 문제가 있다.

가) 의무화 규정에 연면적과 1일 물 사용량을 병용하여 적용하는 방안

중수도 시설의 설치목적이 수자원의 절감, 수원의 확보 및 수질보호라는 측면을 고려하여, 중수도의 설치 보급을 확대하기 위해서는 오히려 개정전 수도법에서 1일 물 사용량이 500톤 이상인 시설에 대해 권장하는 조항이 있었는데, 이와 같은 물 사용량에 대한 조건을 채택하는 것이 중수도 시설의 보급에 보다 합리적이다. 물론, 건축물의 물 사용량은 건물의 용도, 사용인원, 입주업소의 종류 및 규모 등에 따라 달라지기 때문에 건축물 계획 단계에서 정확하게 물 사용량을 추정하기가 쉽지 않은 점이 있다.

따라서 의무화 규정에 물 사용량을 포함시키는 경우, 1일 물 사용량을 추정하기 위한(산정 기준으로 사용하기 위한) 객관적이고 합리적인 원 단위의 설정이 필요하며, 또한 경제성 있는 중수 생산량 등을 고려하여야 하겠지만 1일 물 사용량에 대한 의무화 기준의 설정치(예를 들면 500톤 이상)를 정하는 것도 쉬운 것은 아니다.

일본의 경우는 대도시에서 연 바닥 면적 30,000m² 또는 순환이용수량(중수 사용량)이 1일당 100m³ 이상인 건축물로 규정하고 있다.

참고로 <표8-14>에 우리나라의 대도시에서 2001년도 물을 다량으로 사용하는 업무용 및 영업용 건축물의 수를 나타내었다.

<표 8-14> 물 다량 사용 건축물 현황(2001년, 톤/일)

구분 지역	업무용				영업용			
	501~ 1000톤	1001~ 2000톤	2001~ 5000톤	5001~ 10,000톤	501~ 1000톤	1001~ 2000톤	2001~ 5000톤	5001~ 10,000톤
서울	127	42	41	26	228	69	46	24
부산	80	18	19	18	42	11	11	8
대구	108	36	40	48	11	6	5	2
인천	76	27	24	17	31	17	11	8
광주	11	4	6	8	6	7	3	-
대전	30	7	12	5	13	3	3	-
전국	1590	374	357	3064	3737	915	510	4822

환경부(<http://www.me.go.kr>)

8.6.2 비 의무화 대상 건축물

의무화 대상에 해당되지 않는 규모의 건축물일 경우에는(특히 업무용 빌딩) 발주처의 인식부족 및 과도한 초기 투자비로 인해 적용에 어려움이 있다.

현재 중수도의 보급확대를 위하여 <표8-12>에 나타난 바와 같은 각종 경제적 지원책이 있지만, 초기 설비비가 많이 들고, 과도한 설치 스페이스, 건축물 내 배관의 복잡성 등 때문에 비 의무화 건물에 대한 중수도 시설의 보급이 제대로 되지 못하고 있다. 따라서 이들 비 의무화 대상 건물에 대한 중수도 설치의 활성화 방안을 제시한다.

1) 중수도 시설 설치에 따른 인센티브를 확대하여 시설 설치를 유인하는 방안

<표8-12>에 현재 시행되고 있는 중수도 설치자에 대한 경제적 지원제도를 나타내었는데, 중수도 설비의 설치자에게 용자를 지원하는 제도도 있지만, 중수도 시스템을 계획하고 결정하는 건물주(또는 설치자) 및 설계자에게 설치 및 설계 장려금을 지급하는 방안을 들 수 있다.

현재 타 분야에서 이와 같은 설치 및 설계 장려금을 지원하는 예는 다음과 같다.

- 고효율 전동기 설치(에너지관리공단)
- 가스냉방설비 설치 및 설계장려금(한국가스공사)
- 부록 참조
- 축냉설비 설계장려금 제도 (한국전력공사)

2) 설계의 표준화 모델을 확립하여 보급하는 방안

실제적인 원수 유입량을 고려한 적정규모의 설계가 바람직(특히 업무용 빌딩일 경우 너무 과대하게 설계하여 초기투자비 및 유지관리비용이 높아 경제성이 없음)하며, 경제성 검토가 필요하다. 일반적으로 주택이 아닌 업무용 빌딩인 경우, 각종 보고서에 의하면 경제성이 있는 것으로 연구 발표되었으나, 설비가 과대 설계될 경우 경제성에 문제가 있을 수 있다. 이 경우, 설계자가 수자원 재활용 및 환경보전이라는 측면만을 가지고 발주처를 설득하기는 쉽지 않을 것이라고 생각된다. 그렇다고 비 의무화 건물에 대해 모두 LCC에 의한 경제성 평가를 통해 중수도 설비의 도입여부를 판단한다고 하는 것은 현실성이 없다. 따라서 일반 업무용 건물에 대한 정확한 원수량과 공급수량의 균형을 갖는 설계의 표준화 모델을 확립할 필요가 있다고 생각되며, 이를 위해 국내 건축물의 정확한 물 사용량에 대한 자료의 조사가 수행되어야 할 것이다. 또한, 설비비 및 유지관리 비용이 저렴하면서도 유지관리가 용이하고 고도의 처리기술을 얻을 수 있는 중수도 시설의 개발이 필요하다.

8.7 하수처리수의 재이용 확대

앞으로 중수도 제도가 정착되면 하수처리수의 재이용 방안도 본격적으로 연구되어야 할 과제중의 하나이다. 막대한 투자비를 들여 건설하는 하수처리장이 단순히 하수의 위생적 처리기능으로 그칠 것이 아니라 한정된 물자원의 부활을 갖는 시설로서 효용을 갖추기 위해서는 처리된 하수의 재이용을 촉진하는 것이 중요하다. '93년말 현재 42%를 상회하는 하수처리율이 '97년에는 73%까지 향상될 것이므로 정화된 양질의 하수는 그 자체가 바로 물자원이 될 것이다. 공단 내에 개별공장의 폐수처리장에서 정화되는 폐수도 자원으로 재이용한다면 경비 절감과 함께 환경오염을 크게 줄일 수 있다.

앞으로 정부에서 중수도 보급 모델 중에서 단독 및 복합 이용방식을 우선적으로 추진하고 궁극적으로 최대의 중수 원수인 하수처리수를 재이용할 수 있는 공공 이용방식을 적극적으로 제도화 하여야 한다.

9. 결 론

우리나라는 수자원 보존여건이 좋지 않고 강우량의 지역적 편차가 심한편이다. 여기에다 산업화, 도시화로 용수 수요량은 증가하지만 수자원확보 및 저장 능력에는 한계가 있어서 2011년에는 용수수급에 불균형이 초래될 우려가 있다. 따라서 장래 물 부족사태에 대비하기 위하여 댐건설과 병행하여 한번 쓰고 버린 수돗물을 재사용할 수 있는 중수도시설이 필요하다.

2002년 말 기준, 잠실 롯데월드 등 114개소에 중수도가 설치되어 하루 45만여 톤의 물을 재 이용하고 있으나, 그 중에서도 공장 등에서의 공정용수 등을 제외한 건물내의 변기 세척수 등의 잡용수로의 사용은 약 60여 개소

에 불과하다. 중수도 설비의 설치가 증가하고 있다고는 하지만, 현재까지 설치 건물수가 많지 않은 원인으로서는 생산원가보다 훨씬 낮은 수도요금 등으로 인하여 경제성이 부족하고 기존의 수도관과는 별도의 관을 설치해야 하는 등 여러 어려움으로 인하여 그 설치가 활발하지 못한 실정이다.

그렇지만 그 동안의 각종 연구에 의하면, 일반 업무용 빌딩의 경우 경제성이 충분히 있음을 입증하고는 있지만, 실제 건물을 설계하는 건축 설비인들에게는 경제성이 부족하고 기존의 수도관과는 별도의 관을 설치해야 하는 배관의 복잡성, 업무용 건축물에서 중수 원수와 중수 사용량의 비 균형성 등 여러 가지 어려움으로 인하여, 설계단계에서부터 비의무화 업무용 건물에의 적용이 쉽지 않다.

산업의 발달, 문화 수준의 향상 등으로 우리의 용수 사용은 질적, 양적으로 증대되고 있어, 제한되어 있는 수자원으로는 그 공급이 점점 부족해지고 있다. 또한, 용수 사용량의 증대는 수질 오염 부하량의 증가로 이어져 수질 환경의 오염이 심화되고, 그에 따라 양질의 수자원 확보는 더욱 더 어려워지고 있다.

이러한 상황에서 중수도는 그 제반 문제점을 효과적으로 개선할 수 있는 대안으로서, 적극적인 중수도의 보급과 활용은 수자원 확보, 수질오염 부하량 경감, 지역간 용수 공급의 불균형 해소, 정수·하수 처리시설의 증설 및 신설 억제, 경제적 물 관리 등의 효과를 기대할 수 있다.

이에 우리나라에서도 중수도의 중요성을 인지하고 정책적으로 중수도 보급 확대를 도모하고 있으나, 현재로서는 그 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다. 개별 순환 방식을 중심으로 중수도가 보급되고 있으나, 아직 제도적, 정서적, 기술적 문제로 적용이 활발하지 못하며, 적용 분야 또한 호텔, 업무용 빌딩에서 화장실 변기 세정수, 냉각탑 보충수 등 제한적으로 이용되고 있는 실정이다.

중수도의 설치 운영은 한정된 수자원 보존 및 확보와 오염 부하량의 경감 나아가서는 물 절약으로 이어지는 미래 지향적인 제도이므로 이를 적절히 활용할 경우 국가나 개인의 입장에서 커다란 경제적 이익을 가져다 줄 수 있을 것으로 판단 된다.

중수도제도는 가뭄발생시에도 용수수요 절감에 커다란 역할을 할 수 있으며, 하수발생량 저감에도 큰 효과가 있다. 중수도제도는 '91년 수도법개정시 중수도 관련조항을 규정하여 중수도 설치를 국가적으로 권장하고 지원할 수 있는 법적인 뒷받침을 마련하였다.

그러나 중수도는 생산비가 수돗물보다 비싼 경제성 때문에 현재까지도 보급에 문제점을 안고 있다. 중수도는 사적인 목적보다는 사회적인 필요성 때문에 경제성에 문제점이 있다고 하여도 국가적인 차원에서 보급에 적극 나서야 한다.

- END -

【 참고문헌 】

- 1) 환경부, “수도법령집”, 1998.
- 2) 환경부, “수도법 시행규칙중개정령”, 2001.
- 3) 서울특별시, “수도정비기본계획”, 1997.
- 4) 환경부, “전국수도종합계획”, 1998.
- 5) 건설부, “중수도 기술개발 방안 연구”, 1994.
- 6) 환경부, “중수도 이용확대를 위한 정책방안 연구”, 1999.
- 7) 김영란, “하수처리수 재이용의 타당성 연구”, 서울시정개발연구원, 1999.
- 8) 이봉훈역, “중수도 편람(배수재이용시스템 설계지침 및 기술,빌딩에서의 순환 이용)”,동화기술, 1994.
- 9) 노재화, 선우중호, “수자원 종합개발계획의 연혁”, 1997.
- 10) 김갑수, 국내외의 중수도 활용사례, “99하반기 하수도 종사자 연찬회(환경관리공단), 1999.
- 11) 김갑수, 하수처리수의 수자원화 방안, 대한상하수도학회 하수연구회, 100회기념 하수도 자원화 심포지움, 2000.
- 12) 광주광역시, “광주천 건천화 방지사업 실시계획 보고서”, 1995.
- 13) 박중현, “중수도 개발방안 연구”, 첨단환경기술 5월호, 1995.
- 14) 김갑수, 김영란, “중수도, 빗물 처리기술 및 적용”, 환경관리연구소, 2002.
- 15) 대일 엔지니어링, <http://daeil-eng.co.kr>.
- 16) "중수도 설치현황“, 수자원현황, 제1512호, 2001.
- 17) 환경부, “중수도 실무지침서”, 1994.
- 18) 한국환경기술인연합회, “환경기술인 월간지 5월호”, 2004.
- 19) 환경관리연구소, “첨단환경기술, 7월호”, 2004.
- 20) 건설부, 중수도 기술개발 방안 연구, 1994
- 21) 건설부, 중수도 시설기준 및 유지관리지침, 1992
- 22) 건설부, 중수도 실무지침서, 1994
- 23) 건설교통부, 건축법·건축법시행령·건축법시행규칙
- 24) 건축설비포켓북, 한미, 1995
- 25) 공기조화·냉동·위생공학편람, 사단법인 대한설비공학회, 2001
- 26) 대한주택공사, 중수도시설의 설치평가 연구, 1994
- 27) 박선구, 중수도 현황과 처리기술, 설비 18권 2호, 2001
- 28) 일본 공기조화 위생공학회, 공기조화 위생공학 편람(제12판), 2001
- 29) 일본 공기조화 위생공학회, 급배수위생설비규준 동해설(HASS 206), 2000
- 30) 일본 공기조화 위생공학회, 급배수위생설비계획설계의 실무지식, 1995
- 31) 일본 공기조화 위생공학회, 건축설비집성(사무시설), 1987
- 32) 재정경제부, 조세특례제한법·시행령·시행규칙
- 33) 한국환경정책 평가연구원, 중수도 시설기준 및 관리방안 등 마련에 관한 연구, 2001
- 34) 환경부, 2002 환경백서, 2002
- 35) 환경부, 세계물의 해 자료집, 2003

- 36) 환경부, 수도법·수도법 시행령·수도법시행규칙·환경개선비용부담법
- 37) IAPMO, Uniform Plumbing Code, 1998
- 38) <http://www.me.go.kr> (환경부)
- 39) <http://www.emc.or.kr> (환경관리공단)
- 40) <http://www.moct.go.kr> (건교부)