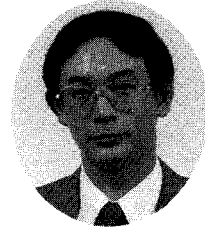


중수도의 현황과 시설의 유지·관리



崔勝一

(고려대 환경공학과 교수)

〈하〉

목차

- I. 중수도의 필요성 및 현황
- II. 일본국의 중수도 현황
- III. 세계 각국의 중수도 현황
- IV. 우리나라의 중수도 현황
- V. 중수도 시설의 유지관리
- VI. 결언

IV. 우리나라의 중수도 현황

1. 중수도 관련 법규

우리나라의 물 수지는 그동안 다목적 댐등을 집중적으로 건설하여 수량공급 증대에 노력한 결과, 대부분의 지역에서는 현재까지도 수량부족 현상이 일어나지 않고 있다. 그러나 울산 지역과 같이 수자원은 부족하고 공업용수의 수요가 큰 특수지역에서는 이미 물 부족현상이 심각한 지경에 이르고 있다. 이에 건설부에서는 장차의 수요부족에 대처하기 위하여 중수도의 도입을 적극 추진하고 있다. 이를 위하여 '91년 12월 14일 개정된 수도법(법률 제4429호)에서는 중수도와 관련하여 다음의 4가지 사항을 포함하고 있다.

- 1) 중수도를 정의함으로써 중수도 도입의 법적근거를 마련하였고,
- 2) 건설부 장관과 시장·군수가 매 10년 마다 수립하여야 하는 수도 정비기본계획에 중수도의 개발 및 보급에 관한 사항을 포함시키도록 하였으며,

3) 국가 및 지방자치단체는 물을 다량으로 사용하는 자로서 대통령령이 정하는 자에게 중수도를 설치 관리하도록 권장할 수 있도록 하였으며,

4) 중수도의 시설기준, 유지관리, 기타 필요한 사항을 건설부령으로 정하게 하였다.

이에 1992년 12월 9일 공포된 수도법 시행령(대통령령 제13771호) 제15조에서는 수도법 제11조에서 언급된 "대통령령이 정하는 자"를 구체적으로 6개 항목에 걸쳐 명시하였는 바, 기본 개념은 첫째, 1일 물사용량 1000톤 이상의 공장 소유자, 둘째, 숙박업, 목욕탕 및 공중위생시설을 포함하여 1일 물 사용량 500톤 이상의 각종 시설물 소유자, 셋째, 30세대 이상의 공동주택의 사업주체 또는 관리주체 및 넷째로 기타 물의 효율적인 이용을 위하여 특히 필요하다고 인정하여 지방자치단체의 조례로서 정하는 건축물의 소유자 또는 관리자가 지정되고 있다. 수도법 시행령은 또한 중수도를 설치하는 자에 대하여 그 설치방법 등에 관하여 기술을 지원할 수 있도록 하고 있다. 곧 이어 '92년 12월 15일에 공포된 수도법 시행규칙(건설부령 제519호)는 제2, 3, 4조에서 중수도에 관하여 다음의 3가지 사항을 포함하고 있다.

- 1) 중수도의 시설기준
- 2) 중수도의 수질기준
- 3) 중수도 설치자에 대한 지원

시행규칙이 정하는 바, 시설기준은 중수도는 사용된 수도물을 용도에 적합한 수질로 재처리 할 수 있는 침전지, 여과지, 소독시설 등의 재처리 시설과 필요한 양을 송·배수 할 수 있는 펌프, 송수관, 배수관을 갖

〈표 4.1〉 중수도의 수질기준(시행규칙 제3조 관련)

중수도의 용도 항목	수세식변소용수	살수용수	조경용수
대장균군수	1㎡당 10을 넘지 아니할 것	검출되지 아니할 것	검출되지 아니할 것
진류염소(결합)	검출될 것	0.2mg / ℓ 이상 일 것	-
외 관	이용자가 불쾌감 을 느끼지 아니 할 것	이용자가 불쾌감 을 느끼지 아니 할 것	이용자가 불쾌감 을 느끼지 아니 할 것
탁 도	5도를 넘지 아니 할 것	5도를 넘지 아니 할 것	10도를 넘지 아니 할 것
생물화학적 산 소요구량(mg / ℓ)	10mg을 넘지 아니 할 것	10을 넘지 아니 할 것	10을 넘지 아니 할 것
냄새	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것
수소이온농도	pH 5.8이상~8. 5이하일 것	pH 5.8이상~8. 5이하일 것	pH 5.8이상~8. 5이하일 것

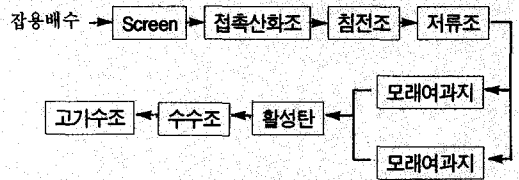
- 비고 : 1. "살수용수"라 함은 도로청소작업, 건설공사 등을 하는 경우
에 뿌리는 물로 이용되는 중수도를 말한다.
2. "조경용수"라 함은 주택단지등의 인공못, 인공폭포, 인공
하천 및 분수 등에 이용되는 중수도를 말한다.
3. 공업용으로 쓰는 중수도에 대하여는 수질기준을 적용하지 아
니한다.

추고 위생 및 안전에 필요한 조치를 취하도록 규정하고 있다. 중수도의 수질기준은 표 4-1에 나타난 바와 같이 수세식 변소용수, 살수용수, 조경용수로 용도를 구분하여 각기 적정 수질을 정하고 있다. 또한 중수도에 대한 경제적 지원으로서 지방자치단체는 조례가 정하는 바에 따라 중수도를 설치한 자에 대하여 중수도 설치비용의 전부 또는 일부를 용자하거나 수도요금을 감면할 수 있도록 허용하고 있다. 건설부는 이외에도 중수도 시설기준 및 유지관리 지침을 1992년 12월 15일로 제정하여 중수도를 설치·관리할 세부사항을 다듬어 가고 있다.

2. 국내 중수도 시설의 운영 예

우리나라의 중수도 시설은 대형빌딩을 중심으로 시행되고 있으며 몇 개의 예를 든다면 잠실 Lotte World에 약 1000톤 규모가 인터콘티넨탈 호텔에 약 500톤 규모의 중수도 시설이 설치되어 있으며 산본 신도시에는 417세대의 공동주택에서 세면, 목욕용수로 사용하여

비교적 유기물 오염부하가 적은 물을 원수로 하여 응집, 침전후 모래여과, 활성탄여과를 거쳐 화장실 세정수로 활용하는 중수도 시설을 갖추고 있다. 또 양재동에 건설 중인 스포타임에도 1일 약 100톤 규모의 중수도 시설이 건설되고 있다. 이 중에서 성공적으로 오랜 기간 운전되고 있는 Lotte World의 중수도시설을 예로 들어보면 다음과 같다. 1989년에 실질적으로 가동된 이래 현재 호텔 롯데, 롯데 월드, 백화점의 세면대, 목



〈그림 4〉 Lotte World 중수도 시설 공정 개요

〈표 4.2〉 Lotte World 중수의 '91, '92 수질평균
1991년 평균

항 목	단 위	원 수	처리수
pH	-	6.8	7.1
탁도	도		0.4
BOD	mg / ℓ	147.7	4.9
COD	mg / ℓ	101.8	4.4
SS	mg / ℓ	56.6	3.2
ABS	mg / ℓ	0.9	0.2
경도	mg / ℓ	83.1	41.8
증발진류물	mg / ℓ	419.0	130.0
진류염소	mg / ℓ		0.2

1992년 평균

항 목	단 위	원 수	처리수
pH	-	6.78	7.05
BOD	mg / ℓ	92.58	5.02
COD	mg / ℓ	76.72	4.26
SS	mg / ℓ	51.48	3.5
ABS	mg / ℓ	0.93	0.27
탁도	도	-	0.8
경도	mg / ℓ	83.16	60.57
증발진류물	mg / ℓ	-	287
N-H	mg / ℓ	32.0	2.80
SiO ₂	mg / ℓ	-	0.07
진류염소	mg / ℓ	-	0.22

욕탕에서 사용된 1일 약 1000톤 가량의 물을 재처리하여 화장실용수로 활용하고 있는 바, 그 처리시설의 공정개요는 그림 4-1과 같다. 모래여과지의 여과 속도는 85m / 일이고 활성탄 여과지의 여과속도는 약 170m / 일로 활성탄 여과지내의 EBCT는 약 15분으로 운영되고 있는데 1991년과 1992년의 원수와 처리수의 평균수질은 표 4-2에 나타난 바와 같다. Lotte World의 경우 중수생산의 직접비용은 약 120원 / ton으로 상업용 수도요금 800원 / ton보다 저렴하여 Lotte World 측은 시설투자비를 이미 회수한, 성공적인 것으로 판정하고 있다.

V. 중수도 시설 및 유지·관리

1. 시설 설치시 주의사항

중수도 시설을 도입하고 유지·관리함에 있어서 시설이 총체적으로 효율적이거나 경제성이 있는 시설이 됨은 자명하다 하겠다. 효율적 시설이 되기위하여 시설도입의 계획과정, 유지·관리단계에서 각별히 고려할 사항을 정리하여보면 다음과 같다 하겠다.

1.1 설계수량

중수도의 각 시설은 소요수량을 원활히 공급하기 위하여 처리시설과 송수시설은 일 최대 사용수량을 기준으로 하고 배수시설은 시간 최대 이용수량을 기준으로 설계하여야 한다. 일본의 자료분석에 따르면 시간 최대 수량은 일 최대 수량의 약 2배인 것으로 나타나고 있다.

1.2 기본계획시 검토사항

중수도 시설이 사용목적에 맞는 수질을 가장 경제적으로 생산해 내는 효율성 있는 시설이 되기 위하여서는 처리시설, 송배수시설 및 이용설비 시설들에 대한 상세한 계획이 필요하다. 처리시설의 계획에는 처리방식의 선정, 시설의 위치, 제원 등이 포함되어야 하며, 송배수시설 계획에는 송·배수방식의 선정 송·배수관로의 배치 등이 고려되어야 할 것이다.

1.3 처리방식

중수의 처리방식은 원수의 수질, 중수의 이용수량, 용도별 수질기준 소요부지면적 등을 고려하여 결정하여야 한다. 중수의 원수는 목욕용수, 세면용수 만으로 할 것인지, 화장실 배수나 주방배수를 포함시킬 것인지

가에 따라서 원수수질의 차이가 생기게 되는데 이 차이는 전호에서 표로 비교한 바 있다. 어느 쪽이든가 제거해야 할 주 성분으로는 부유성 물질, 탁도성분, 색도성분, 냄새성분, 암모니아성 질소, 음이온 계면활성제 등을 들 수 있으며 사용목적에 따라서는 살균이 필요한 경우가 있다. 중수처리 공정으로 활용할 수 있는 단위공정은 현재로서는 생물처리, 응집·침전, 모래여과, 활성탄 흡착, 오존주입 및 막분리 등이 있는데 이들중수개를 조합하여 유지·관리가 간편하고 경제적으로 안정된 공급을 할 수 있는 시설이 되도록 하여야 할 것이다.

1.4 송배수관로 재질 및 배관

중수도는 생산특성상 경제성을 최우선으로 하게되는 경우가 일반적이다. 따라서 생산수질은 설정된 용도별 수질기준을 만족시킨다 하더라도 관망내 부식 및 스케일 생성을 억제하는 것은 기대하기 어렵다. 따라서 상수관망 보다 스케일 및 부식에 대한 가능성은 더욱 높을 것 이므로 건물의 수명을 고려하면 스케일이나 부식에 강한 PVC관, PE관 또는 내면 부식방지 처리한 관으로 설치하는 것이 궁극적으로 경제적인 수 있다.

중수도 송·배수관의 배관시 특히 주의해야 할 사항은 상수관과 중수관의 오접이 있어서는 안된다는 점이다. 만약 오접이 일어나게 된다면 심각한 문제를 야기하게 되므로 최대한의 주의를 기울여야 한다. 또한 이용시설도 중수를 활용하는 시설은 상수를 활용하는 시설과 구별 할 수 있어야 한다. 급수관의 오접을 피하고, 시설을 구별하기 위하여 다음의 조치를 하도록 정하고 있다.

- 1) 배관시 수도관과 교차배관을 금지하고 역류방지에 특히 주의한다.
- 2) 중수도관과 상수도관은 색 및 표시 등으로 완전히 구분한다. 각종 배관용도별 표시색은 표 5-1에 따른다.
- 3) 급수전에 오용방지의 주의표시를 명확한 모양으로 표시한다.
- 4) 위생기구는 중수도용과 상수도용을 형·색에 있어서 완전히 구분한다.
- 5) 동일용기에 상수도용의 급수전과 중수도용의 급수전을 설치하지 않는다.

〈표 5.1〉 배관용도별 식별색

종 류	식 별 색	색상기준
상수도 배관	감 청 색	10B 1004
운 수 배 관	적 색	2.5R 0028
중수도 배관	연분홍색	10P 1296
하수 배관	회 색	N7
가 스 관	황 색	도시가스 사업법 제27조 및 동 시행규칙 제28조에 의함

주) 색상기준은 한국표준색표집(Korea Standard Color)에 의함

6) 중수도 탱크와 수도물탱크의 배관에 의한 접속은 금지한다.

7) 배관후 시험·검사는 오배관, 오접속, 교차배관 방지를 위하여 특히 엄중히 실시한다.

8) 지중매설배관은 수도관과 중수도관을 평행으로 부설해서는 안된다

9) 중수도를 공조용 냉각수 또는 수세식변소에 사용할 경우에 전용수 세기는 별도로 수도물을 사용하는 것으로 하여야 한다.

2 시설의 유지·관리

2.1 운전관리

중수도 시설은 용도에 적합한 수질기준을 만족시키는 중수를 안정되게 생산하여야 한다. 이 목적을 달성하기 위해서는 적절한 운전관리체계를 확립하여야 하되, 구체적으로 다음의 것들을 설정하여야 한다.

- 1) 일상적인 관리내용의 설정
- 2) 각종 관리기록의 기재 및 유지
- 3) 중수도 시스템 각 부분의 정기적인 점검 및 수리
- 4) 긴급시 대응방안 설정

상기 언급된 항목중 1항의 일상적인 관리내용은 건설부의 중수도 시설기준 및 유지관리 지침에 표 5-2와 같이 설정되어 있으며 일본 하수도협회가 정한 필요하다고 생각되는 각종 관리기록의 내용은 표 5-3에 나타내었다.

2.2 수질관리

중수도가 비록 상수도와 같이 엄격한 수질관리에는 미치지 못한다 하더라도 활용용도에 따라 사용자를 위생적으로 보호하고, 불쾌감을 유발하지 않으며 배관

〈표 5.2〉 일상 관리내용

	운 전			보 수 정 리		
	운 전 조 작	감 시	제 어	점 검	보 수	청 소
중수구조물				건물, 구조물, 문, 울타리, 도장, 냄새, 소음, 수목, 잔디, 수로	건물, 구조물, 문, 울타리, 실내	
리	펌프, 게이트, 밸브, 역세조작 오존발생기	유입수량, 처리수량, 송기량	역세빈도, 역세시간, 역세속도	펌프, 게이트, 밸브, 사여과기, 활성탄, 흡착기, 오존발생기	고장기기, 윤활유 등의 보급	배수관의 청소
설	조작 염소주입기	오존발생량, 오존급수량, 염소주입량	오존 흡수량, 염소주입량	존처리기, 염소 주입기, 계장제어 기기, 전기설비	도장 소모품의 보급	오존 처리조 펌프, 게이트, 밸브
송배수물	-	-	-	구조물	구조물	배수탱크
시	펌프, 게이트, 밸브	송수량, 배수량, 압력, 수위, 운전시간	수 량 수 압	펌프, 게이트, 밸브, 송배수관, 계장제어기계	고장기기, 윤활유 등의 보급	펌프, 게이트, 밸브, 송배수관
설				전기설비		계장 니토시설

등의 시설을 최대한 보호하기 위한 수질기준을 만족하도록 관리를 해야 함은 당연하다 하겠다. 일반적으로

관을 만들어 놓아야 한다.

〈표 5.3〉 관리 기록 항목

구분	항목
수량	유입, 송수, 배수
전력량 등	전력량, 약품, 염소, 활성탄, 여과사
운전기록	사여과, 활성탄(운전시간, 역세시간) 오존(운전시간, 오존발생량, 배오존량) 염소(운전시간, 유입량, 유입율) 펌프(운전시간, 양수량)
수질기록	일상검사, 정기검사
특기사항	고장, 보수, 수질이상, 사고 등

중수도의 수질검사는 정기검사와 임시검사로 나뉘어진다. 정기검사는 물론 정기적으로 수질의 상태를 파악하기 위하여 행하는 것이나 원수수질의 악화와 중수처리시설의 기능저하에 따라 수질이 악화될 염려가 있을 때 임시검사를 하도록 한다. 정기검사 및 임시검사 별로 표준적인 검사항목, 검사회수 및 검사장소는 표 5-4와 같이 정하고 있다.

〈표 5.4〉 수질검사항목, 검사회수 및 검사장소

	정기검사		임시검사		비고
	검사항목	검사회수	검사항목	검사장소	
대장균군수	월 1회이상	사용장소에	검사항목은	정기검사에	
진류염소	일 1회이상	가장 가까운	처리기능의	정하는 검사	
외관		저수조의	저하 등으로	장소 이외에	
냄새	일 1회이상	출구부근	중수의 수질	급수전등	
탁도			기준에 적합	필요한 장소	
pH			하지 않을		
* COD	주 1회이상		위험이 있을		
			때		

2.3 안전관리

중수처리시설에 갑작스런 변화가 일어날 경우에는 관리책임자는 즉시 적절한 대책을 강구하여야 한다. 특히 정전, 수리 등에 의하여 중수의 공급이 일시적으로 중단될 경우에 관리책임자는 곧 바로 이용자에게 통지함과 동시에 중수의 이용설비에 지장을 주지 않도록 필요한 조치를 취하여야 한다.

또 보수시 중수도의 오염 및 오식이 일어나지 않도록 안전을 기하여야 하며 최소한 중수이용시설에 표시

3. 중수도 시설의 사고원인 및 대책

중수도시설은 주의깊게 계획되고 관리되어야 한다. 그러나 아무리 주의를 한다 하더라도 간혹 어려움이 생기게 되는 바, 일본의 중수도시설 앙케이트 조사에서 나타난 각종 문제점의 유형과 대책을 정리하여보면 다음과 같다.

3.1 수질관련

3.1.1 냄새

일본의 경우 응답자의 10%가 최고 년 10회까지 냄새로 인하여 어려움을 겪은 경우가 있었는데 그 원인은 활성탄의 능력저하, 처리시설의 능력부족, 잔류염소의 농도저하 또는 배관 부식 등으로 인한 오수의 혼입이 지적되었으며 이러한 문제들은 활성탄의 교환, 우수 및 냉각수의 재이용, 염소주입량의 증가와 저류시간 단축 및 배관의 응급처리 처리의 강화로 대처하였다고 응답하고 있다.

3.1.2 착색

응답자의 6%가 1년에 1회로 부터 3회까지 착색으로 인한 문제가 발생하였음을 보고하였는 바, 착색상은 담황색 또는 옅은적색으로 착색의 원인과 대책은 다음과 같았다. 첫째로 활성탄의 흡착능력이 저하되어 착색이 나타난 경우는 활성탄을 교환함으로써 개선이 되었고, 둘째는 활성오니법에서 활성오니 상태가 악화되어 문제가 된 경우에 생물량 등 운전지표를 조정하였다. 셋째로 시설청소시 오수가 혼합한 경우가 있어 오수원을 격리하여 혼입을 저지하였고 넷째로 공급초기에 황색으로 착색이 되어 있었으므로 청색 착색용액을 주입하여 해결하였다.

3.1.3 발포

응답자중 7%가 발포로 인한 문제를 년 2회까지 경험한 적이 있다고 응답하였다. 발포의 원인은 세제의 혼입과 이에 대비한 소포제가 부족한 것이었으며 세제의 혼입을 예방하고 소포제의 투입 및 상수의 공급으로 해결하였다고 응답하였다. 그러나 이러한 발포현상은 활성탄시설이 있는 곳에서는 발생하지 않았음을 조사결과가 보여주고 있다.

3.2 수량관련

3.2.1 공급정지

응답자의 약 21%가 공급정지에 이르는 사고를 경험하였다. 평균적으로 1년에 0.5-2회 가량의 빈도였으며 대부분이 1일 이내에 회복이 되었으나 2-3일간 정지된 경우도 있었다. 원인은 우수의 유입에 따라 처리설비가 수몰됨에 기인하였는데 부품교환 및 수리와 청소로 해결하였다.

3.2.2 수량의 저하

응답자의 27%가 중수도의 수량저하의 어려움을 겪었다. 원인은 원수의 수량부족, 한외여과막의 성능저하, 원수수질의 악화, 기기고장 등이었으며 원수의 수량부족이 전체 발생건수의 반을 차지하였으며 원수수질 악화는 주로 기름성분이 흘러들어옴으로서 발생하였다. 원수의 수량부족의 경우에는 부족량 만큼 상수를 공급하였으며, 한외여과막의 성능저하는 여과막의 세정 또는 교환으로 대처하였고, 원수수질이 악화된 경우는 주방수조 및 기름유입의 원천을 청소함과 동시에 상수를 공급하였다. 기기고장의 경우에는 부품의 교환과 세정빈도를 증가시키고 역시 2시간 동안에 상수를 공급함으로써 대처하였다.

3.3 부식 스케일 및 슬라임 발생

3.3.1 부식

처리설비의 부식건수는 전체 응답자의 50%가 경험하였으며 부식발생장소는 스크린이 전체의 27%, 생물반응조가 16.2%, 펌프류가 21.6%, 활성탄 흡착탑, 여과탑 등이 5.4%, 수조 및 부대설비 5.4%로 나타났다. 처리설비 외에 배관류와 이용기기류는 응답자중 28.6%가 경험한 바 있다고 하였다. 이에 대한 대책으로는 스텐레스관, FRP, 염화비닐 등의 재질로 대체하거나 방식도장을 하였다.

3.3.2 슬라임 및 스케일

슬라임 발생은 전체 응답자중 6%가 경험하였는데 발생장소는 배관, 유량계, 수조 등이었으며 여기에는 세정, 교환, 청소로 대처하였다. 스케일의 발생은 응답자중 약 18%가 인식을 하였다고 답하였으며 발생장소는 배관에서 42.8%, 밸브류에서 28.5%, 계기류에서 14.3% 등이었다. 스케일의 형성은 문제부분의 교환, 세정, 청소로 대처하였다.

VI. 결론

지난 9월호부터 시작하여 3회에 걸쳐 중수도의 필요성, 일본 및 세계 여러나라의 중수도 활용현황, 우리나라의 현황 및 중수도의 시설, 유지·보수에 관한 사항을 전반적으로 살펴보았다. 우리나라는 늘 물이란 싸고, 풍부한 것이라고 생각해 왔으나 근본적으로 수자원은 유한한 반면 사용량은 증가하고 있으며, 그나마 수질오염이 심하여져 감에 따라 가용 수자원이 갈수록 줄어들고 있음을 생각하여 보면 멀지않아 물이 부족하게 될 것이라는 것을 어렵지않게 알 수 있다. 이에 대한 대비책으로 물의 재사용은 오염의 양을 줄이면서 물 부족 현상을 타개할 수 있는 일석이조의 효용을 가지는 타개책이라 할 수 있다. 세계적으로 볼 때 물을 재사용하고 있는 나라는 미국이나 일본같은 선진국뿐 아니라 많은 개발도상국가들도 이미 도입하여 활용하고 있음을 볼 때, 우리나라의 중수도 도입이 결코 희귀한 일이 아님을 알 수 있다. 다행히 근년에 건설부가 주도하여 중수도 도입의 법적근거를 마련하고, 주변 환경을 조성하려 노력하고 있음은 고무적인 것이라 할 수 있다. 우리나라의 중수도 도입 현황은 아직 규모상으로나 도입건수로 볼 때 초보단계에 지나지 않으나, Lotte World의 경우에 이미 경제적 타당성이 입증되었으며, 산본신도시와 양재동에 건립중인 스포타임의 중수생산시설의 생산단가를 200-250원/ton으로 추정하고 있어, 경제성이 있는 것으로 예상하고 있다. 더하여 정부에서는 중수도 관련 기술의 개발을 G7 Project의 정수기술개발 분야에서 지원하고 있으므로 제도의 확립과 기술개발에 이어 설치건수 및 규모가 급격히 증가될 것으로 전망된다.

중수도라는 새로운 시설이 도입됨에 있어 여러가지 면에서 세심하게 계획하고, 설치하여 예기치 않았던 문제점으로 어려움을 겪는 일은 없어야 할 것이며 이미 중수도 시설을 활용하고 있는 여러나라의 경험과 문제점을 참고삼아 경제적이고도 안정된 공급을 할 수 있는 중수도가 되도록 노력하여야 할 것이다. ◀

눈길모아 오염예방 마음모아 환경보전