

중수도 시스템

中水道

럭키개발 기술연구소 윤 대진

서론

산업의 발달과 더불어 대도시로의 인구집중 현상이 더욱 가속화되고 또 전반적인 생활수준의 향상으로 물 사용량이 급격히 증가하고 있다.

서울지역의 수돗물 사용 증가추세를 살펴보면, 1987년에는 하루 최대수용량이 416만톤에 불과하던 것이 '91년에는 546톤, 92년에는 약 572만톤에 달하고 있다. 이러한 수돗물 사용의 증가로 '92년에는 하루 약 7만톤의 물이 부족 하여 고(高)지대에서는 단수(斷水) 현상이 발생하고 있다.

이러한 물부족 현상은 서울 등 대도시에서만 발생하는 것이 아니고 여천, 울산 등 공단에서의 공업용수도 상당히 부족한 상태에 있다.

물부족 현상의 대책으로는 다목적 댐의 건설, 지하수 개발, 우수(雨水) 이용, 중수도(中水道)의 도입 등이 있다.

다목적 댐의 건설은 막대한 건설비, 댐 건설 적지(適地)의 감소, 주민 이주 및 보상문제, 환경파괴 요인 등으로 계속 건설하기 어려운 상황에 놓여 있고, 지하수 개발은 우리나라 대수층(大水層)이 얕아 부존량(賦存量)이 적고, 개발에 있어서 기술적, 경제적 타당성이 매우 적은 것으로 나타났다.

따라서 물부족 현상에 대처하는 방법중의 하나로 한번 사용한 물의 적절한 수처리를 거쳐 재 사용하는 '중수도(中水道)'에 대하여 관심이 높아지고 있으며, '92년 12월 말(未)부터 일정 규모 이상의 건물 신축시 의무적으로 도입해야

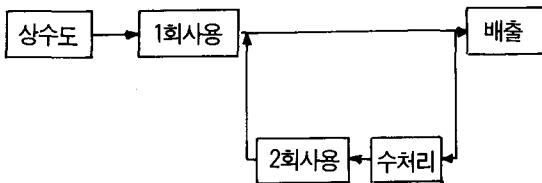
됨에 따라 이에 대한 대책을 서둘러야 할 때이다.

여기서는 수자원(水資源)의 합리적 이용의 한 형태로서 관심의 대상이 되고 있는 중수도 시스템에 대한 제반 사항과 이용가능성을 고찰하고자 한다.

중수도(中水道) 시스템의 개요

1. 중수도의 정의

중수도란 '한번 사용한 물을 재(再) 이용하는 시설의 총체(總體)', 즉, 오염도가 낮은 배수(排水)를 재처리(再處理)하여 주로 인체에 접하지 않는 용도(주로 수세식 화장실, 세차, 살수(撒水)용수)로 재 이용하는 시설을 말한다. <그림 1>에 그 개요를 나타내었다.



<그림1> 중수도 시스템의 개요

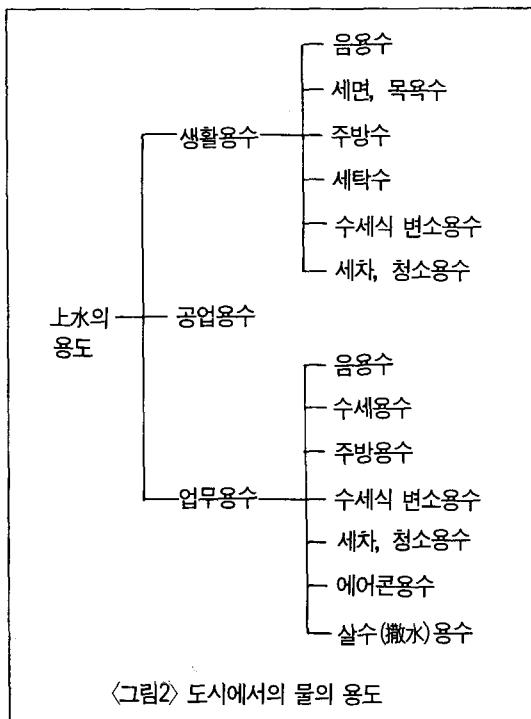
중수도는 간접적 수도수원(水道水原) 확보 대책으로(직접 확보대책으로는 댐의 개발, 해수(海水) 이용, 우수(雨水) 이용 등이 있다) 그 효과로는 수원(水原) 확보가 곤란한 지역의 물 공급대책 및 하수도의 수량 부하경감을 들 수 있다.

이러한 중수도의 보급을 위해서는 금후 여러 가지 문제가 있지만 크게 구별하면 다음의 3가지가 있다.

- (1) 기술적인 문제
- (2) 재정상 문제
- (3) 법제면의 문제

2. 중수(中水)의 용도

도시에서의 물(上水)의 용도는 아래〈그림2〉와 같이 분류할 수 있다.



〈표1〉 인체에의 접촉가능성으로 분류한 급수용도

접촉가능성 용 도	반드시 접촉 (經口的)	반드시 접촉 (經皮的)	비교적 접촉 가능성이 높은것	접촉 가능성이 낮은것
생활용수	음료수, 주방용수	목욕용수, 세탁용수 세수용수, 청소용수	세차용수, 살수용수	수세식 변소용수
업무용수	음료수, 주방용수	세수용수, 청소용수	세차용수, 살수용수	수세식 변소용수, 에어콘용수
공업용수	원료용수		세정용수, 제품 처리용수	수보일러 용수, 냉각용수
도시기능용수			식목살수용수, 하천유지용수 공원유지용수(조경용수)	도로청소용수, 소화용수

중수의 용도를 결정할 때에는 사용처의 수질 기준, 인체에의 안정성, 사회적 인식 등을 고려하여야 한다. 현재 중수의 용도는 수세식 변소, 에어콘 냉각 보급수, 살수 등 인체에 직접 접촉이 안되는 곳에 대부분 사용하고 있다. 이외에 사용이 가능한 곳은 세차용수, 도로 청소용수, 조경용수, 소화용수 등을 들 수 있겠다.

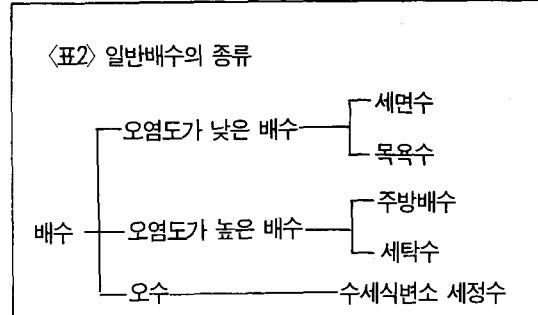
〈표1〉은 인체에의 접촉 가능성으로 본 급수용도를 구분한 것이다.

3. 중수원수(中水源水)

중수도의 수원으로 이용할 수 있는 원수(源水)를 크게 분류하면, 빌딩 등에 있어서 잡배수(雜排水), 수세식변소 세정수, 냉각탑 배수, 하수처리수, 오탁(汚濁) 하천수, 우수(雨水), 지하수, 해수(海水) 등을 들 수 있다.

이중 하천수와 우수는 지역, 자연조건 등의 영향을 크게 받고, 또 지하수는 지질에 따라 수량(水量)이 크게 차이가 난다. 따라서 일반적으로 중수도의 원수로서는 일반배수, 즉 건물 또는 기타 시설물의 잡배수, 수세식 변소 세정수를 우선적으로 생각할 수 있다.

일반배수의 종류를 살펴보면 〈표2〉와 같다.



위의 표에서 원수(源水)는 대부분 오염도가 낮은 목욕 및 세면수를 이용하는 경우가 많으며, 원수량이 부족할 때에는 세탁수 및 주방배수를 이용하는 경우(이 때에는 수처리 설비에 유지(乳脂)분리조를 별도 설치)도 있다.

한편 아파트에서의 물 사용 구성비는 <표3>과 같다.

<표3> 아파트에서의 물 사용 구성비

용 도	사용비율 (%)
음료 및 취사용	20~30
목욕 및 세면용	20~35 (=28)
세탁용	25
변기용	20
청소 및 기타	5~10

* 아파트 1세대당 물 사용량(5인기준)

$$= 5\text{人} \times 0.2\text{m}^3/\text{人} \cdot \text{日} = 1\text{m}^3/\text{日}$$

* 중수용량 설계치(1일1戸)

$$= (\text{1가구} \times 1\text{일물사용량}) \times (\text{목욕 및 세면용수비율}) \\ = 1\text{m}^3/\text{日} \cdot \text{戸} \times 0.28 = 0.28\text{m}^3/\text{日} \cdot \text{戸}$$

4. 중수도의 순환형태

① 개별 순환방식

오피스 빌딩 등에 있어서 그 건물에서 발생하는 배수를 자가처리(自家處理)하여 중수도 용수로서 순환 이용하는 것을 말한다. 원수로서의 전체 배수가 대상으로 되지만 충분한 수량(水量)이 확보 가능한 경우에는 수세식 변소의 배수를 제외 하므로서 위생상의 제문제(諸問題)를 경감 시킬 수 있다.

현재 가장 많이 이용하고 있는 방식이다.

② 지구 순환방식

비교적 한곳에 집중되어 있는 지구(地區), 즉 대규모 주택 단지와 시가지 재개발지구 등에

있어서 사업자와 건축물 등에 있어서 중수도의 수용에 따라 급수하는 방식을 말한다. 원수(源水)로서는 그 지역에서 발생하는 하수 처리수 외에 미(未)처리 하천수, 우수(雨水) 등이 사용될 수 있다.

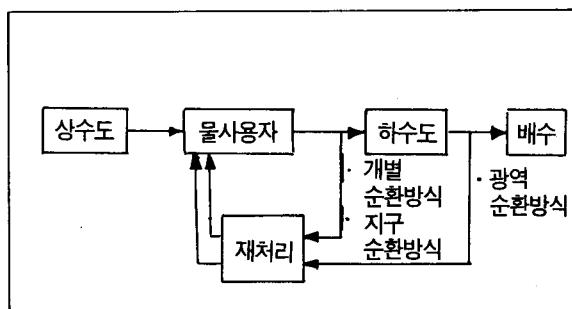
③ 광역 순환방식

일정 지역내에서 해당 지역내의 빌딩과 주택 등 일반적인 중수(中水) 수요에 따라 중수도의 광역적, 대규모적으로 공급하는 방식을 말한다.

원수로서는 하수처리수, 미처리 하천수, 우수(雨水), 농업용수 등이 사용될 수 있다.

5. 중수의 수질기준

현재 중수도 정책에 있어 가장 시급한 문제 중의 하나가 바로 중수의 수질기준이다.



<표4> 중수도의 수질기준

구분 항목	공조·위생 편 람	일 본 건 설 성	일본주택 공 단	롯데월드	SUMITOMO TWIN BLDG.
PH(PPM)	5.8~8.6	좌 동	좌 동	좌 동	좌 동
BOD(PPM)	20 이하	20 이하	10 이하	10 이하	-
COD(PPM)	40 이하	30 이하	20 이하	10 이하	-
SS(PPM)	-	-	5 이하	10 이하	-
ABS(PPM)	2 이하	-	1 이하	1 이하	-
탁 도	30 이하	-	5 이하	5 이하	-
색 도	불쾌감 無	좌 동	10도 이하	-	30도 이하
악취	불쾌감 無	좌 동	좌 동	좌 동	좌 동
대장균	-	10개/mL 이하	-	-	불검출
잔류염소(PPM)	-	-	-	0.2 이하	-

* PH : 수소(水素)이온 농도 7이면 중성, 7이하면 산성, 7이상이면 알카리성을 나타냄

* BOD : 생화학적 산소요구량. * SS : 부유(浮遊)물질.

* COD : 화학적 산소요구량. * ABS : 중성세제.

중수의 수질기준은 중수원수(中水源水)의 수질상태, 중수의 사용처 등에 따라 달라지지만 일반적으로 다음과 같은 기술적인 사항에 따라 검토하여야 한다.

- ① 위생상의 문제를 발생시키지 않을 것.
- ② 이용상의 장애나 불쾌감이 없을 것.
- ③ 시설이나 기구(器具)에 영향을 미치지 않을 것.
- ④ 용수처리기술의 안정성이 확립될 것.
- ⑤ 관리수준의 확보 및 판정을 위한 적절한 지표가 있을 것.

현재 국내·외에서 사용되고 있는 중수의 용도는 대부분 화장실 세척용이며 <표4>에 각 중수도의 수질기준을 나타내었다.

수처리 시스템

1. 일반적인 수처리 시스템

상수(上水)나 하수 등의 처리 방법에는 편의상 1차처리, 2차처리, 3차처리로써 구분하여 설명된다. 중수도에 있어서도 처리 방법은 이를 준용한다.

즉, 1차처리는 물리적인 처리, 2차처리는 생물학적 처리, 3차처리는 고급처리를 의미한다.

특히 중수도는 유입하는 원수의 수질과 용도에 의해 요구되는 목표수질(目標水質)에 따라 그 처리 방법이 크게 달라진다.

<표5>는 각 처리과정의 내용을 나타내었고, <그림 3>은 배수처리의 Flow-Sheet를 나타내었다.

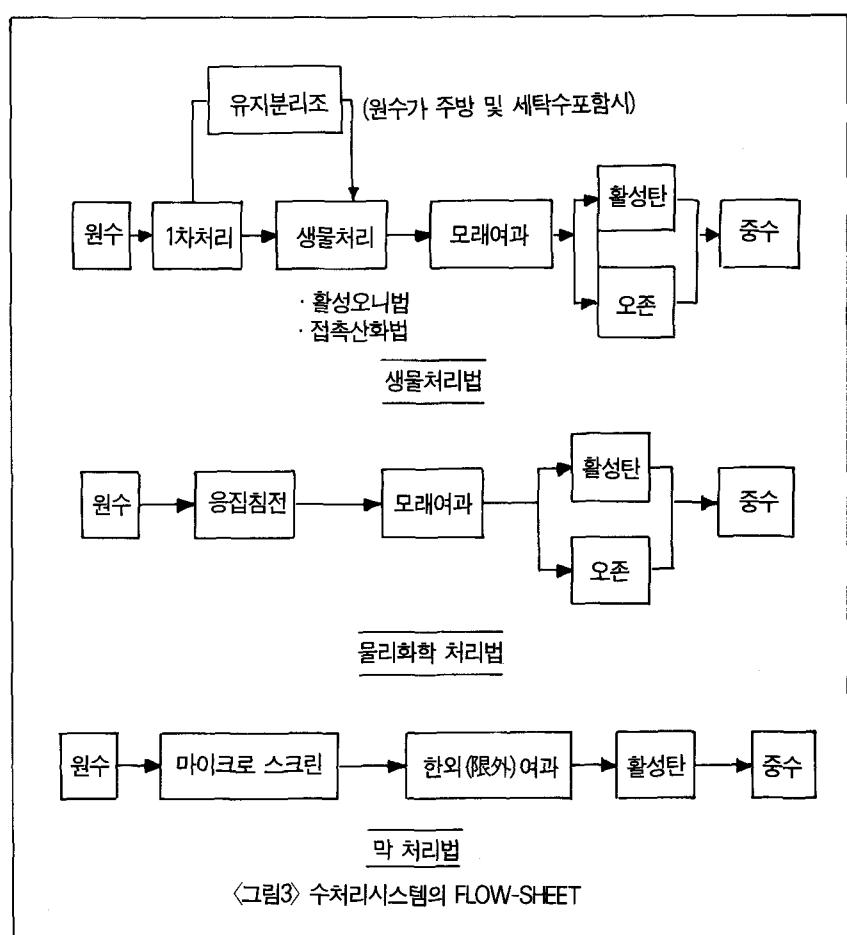
- ① 1차 처리
전처리(前處理)이며 스크린으로 대형 고형물을 제거하고, 혹은 이것을 파쇄기로 파괴한다.

또 오수(污水) 등의 고형물을 침전, 분리하기 위한 침전조를 설치하는 경우 등 물리적인 방법을 말한다.

오수유량의 변동이 클 때에는 2차처리에 있어서 안정된 유량을 유지하기 위해 2차처리전에 유량조정조를 설치한다.

<표5> 수처리 각 과정의 처리내용

1차처리	조대(粗大) 고형물질(固形物質)의 제거
	부유물질의 제거
2차처리	용해성 유기물질 제거
3차처리 (고도처리)	염소제거
	인 제거
	미세현탁 물질제거
	세균제거
	미량유기 물질제거
	무기염 제거

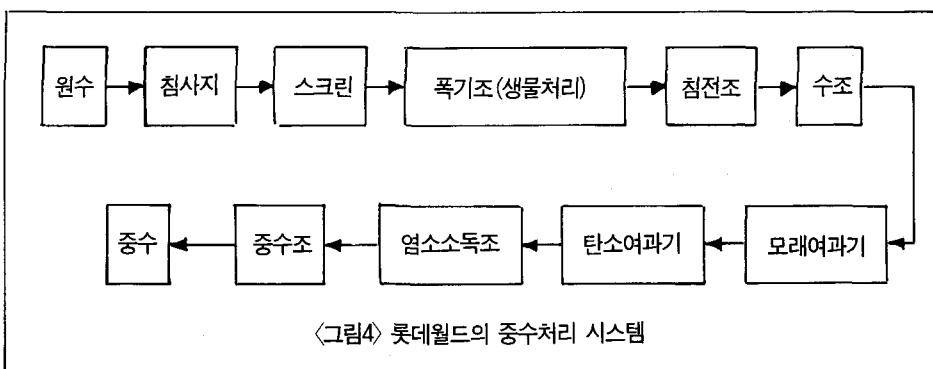


② 2차 처리

2차 처리는 생물(세균, 원생동물 등)의 작용으로 오수를 정화시키는 방법이며, <표6>에 표시하는 종류가 있다. 이러한 것은 모두 출구에 침전조를 설치하여 오니(汚泥)를 침전시켜서 청정한 상등수(上登水)를 소독해 방류한다.

③ 3차 처리

3차 처리는 고도처리로써 재이용수로 사용하기 위해 2차 처리후 행하는 모래(沙)여과기, 소독 등의 방법으로 2차 처리까지 제거하기 어려운 잔류된 유기물과 질소, 인은 물론 일부 세제까지도 제거할 수 있는 고도의 처리 시설이다.



〈표7〉 일반적인 수처리 시스템의 조합

순환방식	용 도	원 수	처 리 과 정
개별순환방식	수세변소용수	잡 배 수 (주방배수 불포함)	생물화학적처리 → (응집침전) → 여과 → 염소
		잡 배 수 (주방배수 포함)	생물화학적처리 → (응집침전) → 여과 → 염소
		오 수	상 동
	수세변소용수	잡 배 수 (주방배수 불포함)	생물화학적처리 → (응집침전) → 여과 → 활성탄처리 → 염소 (생물화학적처리) → 막처리 → 감소
	냉각탑보급수	잡 배 수 (주방배수 포함)	생물화학적처리 → (응집침전) → 여과 → 활성탄처리 → 염소
	조 경 용 수	오 수	생물화학적처리 → 막처리 → 감소 상 동
지구순환방식	수세변소용수	하 수 처 리 수	(응집침전) → 여과 → 염소
	냉각탑보급수	하 수 처 리 수	(응집침전) → 여과 → 활성탄처리 → 염소 → 막처리 → 염소
	조 경 용 수		
	살 수 용 수		

- 註 : 1. 생물화학적처리방식에는 활성오니법, 회전원판법, 접촉폭기법 등이 있다.
- 2. 지구순환방식은 주택단지를 대상으로 하고 있지만, 수개의 빌딩을 대상으로 하는 경우의 원수, 처리과정은 개별순환방식에 준한다.
- 3. ()내의 처리기술은 원수, 이용자 등의 조건에 따라 생략가능하다.
- 4. 주방배수를 포함하지 않은 잡배수만이 원수로서, 수세변소용수, 냉각탑보급수, 조경용수 각 용도까지 이용 가능한 경우는 거의 없다.

〈표6〉 2차처리의 종류

분류	명칭	구조
生物膜法	回轉板接觸法	오수내에 절반넓은 다수의 원판을 회전하여 공기에 접촉시켜 원판표면에 생물막의 작용으로 오수를 정화한다.
	接觸曝氣方	조내(槽內)에 플라스틱제의 하니코움, 골판 등으로 된 접촉재를 마련하고, 이 표면에 생물막을 형성한다. 폭기를 위해 조내에 공기를 보내고, 이 작용으로 오수를 접촉재 사이로 순환시킨다.
	살수여상방식 (撤水濾床方式)	쇄석(碎石) 또는 플라스틱의 여성상부(漿上部)에서 오수를 살수하고, 이것이 여재의 사이를 내려갈 동안 여재표면에 생물막으로 정화된다.
活性汚泥法	長期曝氣方式	활성오니방식이며, 폭기조 용적을 크게해서 장시간 폭기를 하면 오니처리가 쉽게된다.
	標準活性汚泥方式	폭기조내에 공기를 주입하여 오수를 폭기하면, 오수중의 유기물은 호기성의 미생물에 의해 산화분해되어 침전하고, 활성오니가 된다. 이 상징수(上澄水)는 정화되어서 BOD는 감소한다.

이상과 같이 각 처리방법에 대하여 알아보았다. 이러한 1, 2, 3차 처리시설을 조합하여 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 수처리 시스템을 〈표7〉에 나타내었다.

참고로 잠실 롯데월드의 수처리 시스템을 〈그림4〉에 나타냈다.

2. 초심층 폭기법

① 개요

폐수를 처리하는 방법은 크게 물리화학적 처리방법과 생물학적 처리방법으로 나누어 지는데 물리화학적 처리방법은 생물학적 처리방법에 비해 건설비가 적게 소요되는 반면 운전비가 많이드는 단점이 있다.

최근 선진국의 경우 물리화학적으로 처리하는 방법도 미생물을 유전공학적으로 변이시켜 적용하므로써 점차로 생물학적 처리방법으로 변화하는 추세에 있다. 미생물에 의한 폐수처리의 경우 국내에서는 호기성 폐수처리 방법인 활성오니법(Activated Sludge Process)이 주종을 이루어 왔으나, 고농도 폐수처리에 있어 혐기성 폐수처리 방법이 호기성 폐수처리 방법보다 건설비가 운전비면에서 경제성이 있음이 확인되었고, 국내에서도 실제로 공장고농도 폐수처리에 이 방법 이용시 독성물질이 존재한다면 처리가 불가능하고 이런 경우 폐수를 회석하여 활성오니법을 하여야 하는데 건설비가 급격히 증가하게 된다.

초심층폭기법(超深層曝氣法)의 경우 혐기성 처리에서와 같은 저해물질에 대한 커다란 영향이 없어 자체 회석효과에 의해서 처리가 가능하며, 활성오니법 대신 이용할 경우 소요부지와 운전비를 상당하게 절감할 수 있다.

① 원리

초심층폭기법은 영국의 ICI(Imperial Chemical Industries)가 1970년 중반에 개발한 Process로서 폭기조내의 용존산소를 일정수준 이상으로 유지하기가 불가능하고, 용존산소를 소모하는 폭기조내의 미생물 양도 한정되어 있는 기존의 활성오니법과는 달리 직경 0.5~10m, 수직으로 50~150m를 끌착하여 폭기조를 설치하므로써, 수압상승에 비례하여 산소 용해도를 높이고 용존산소를 풍부하게 유지할 수 있도록 하여 미생물이 짧은시간 동안에 폐수에 함유된 유기물질을 처리하는 공법이다.

〈그림5〉에 초심층폭기법과 활성오니법의 개요를 나타내었다.

〈그림5〉의 초심층폭기법을 보면 초기 운전시 공기를 초심층폭기조내의 상층부에 주입하여 미생물 혼합액이 순환되기 시작하면 공기를 하강부에 주입시키는데, 혼합액의 유속은 1~1.5 m/sec, 기포의 상승속도는 약 0.3m/sec이므로 주입된 공기가 혼합액과 함께 초심층폭기조의 저부에 도달한 후 다시 상층부로 부상된다.

이러한 이유로 수심에 따라 수리학적 압력이 증가하여 수표면에 비해 11배의 산소 용해도가 증가한다.

③ 효과

1) 유기물 제거시간의 단축

초심층 폭기조내의 혼합액 유속이 빠르기 때문에 흐름은 난류 상태로 되며, 이 때문에 산소의 전달량이 매우 높아지고 용해 산소가 증가함에 따라 미생물의 활성도가 증가하여 짧은 시간에 유기물의 제거가 이루어 진다. (체류시간 : 1 ~ 2Hr)

2) 산소 이용효율 증대

산소와 미생물간의 접촉 시간의 차이 때문에(기존의 활성 오니법 : 7~8초, 초심층 폭기법 : 1~2분) 산소의 이용율이 10 이상 증가하게 된다. 이러한 이유로, 초심층 폭기법은 산소 공급량이 기존의 활성오니법에 비해 약 3~4배 높으며 소요부

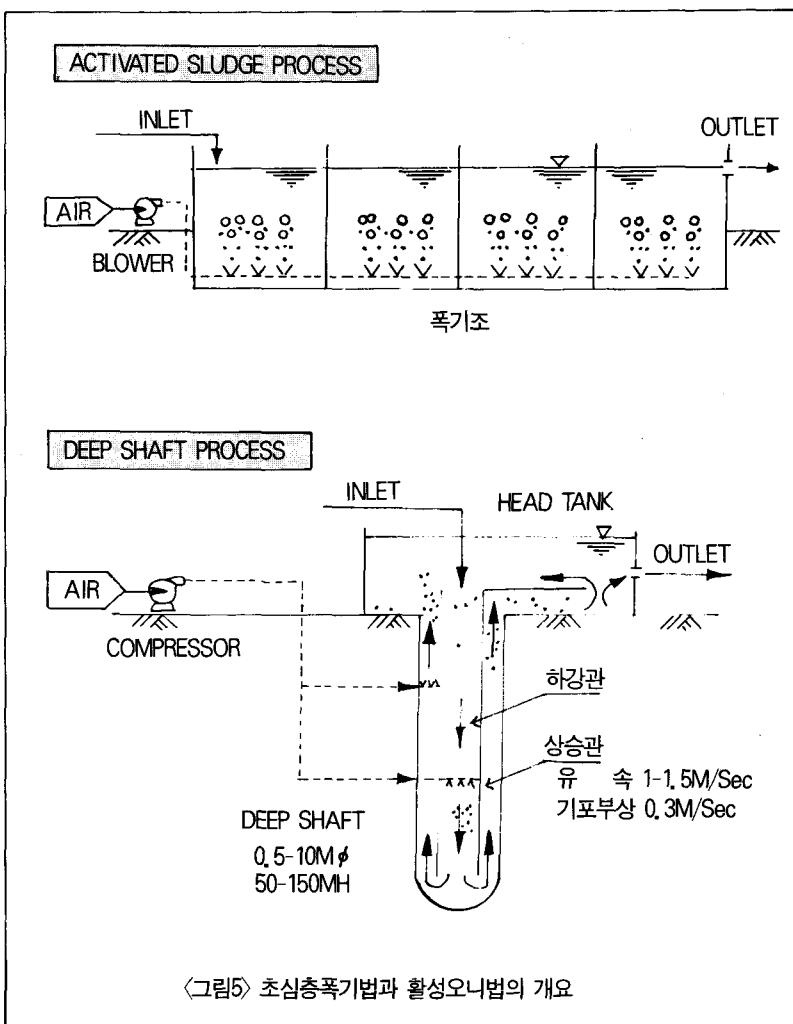
지도 활성오니법에 비하여 50~80% 정도이다.

3) Head Tank에서의 자체 희석효과에 의하여 독성 물질에 의한 방해 및 충격부하에 강하다.

4) 주(主)설비의 지하매입으로 소음 및 냄새가 적어 건축 주변환경이 쾌적하다.

5) 공정설비

초심층 폭기법의 처리는 크게 두 종류의 공정이 사용 되어지고 있으며 부상법(Flotation) 및 침전법(Sedimentation), 부상법의 경우 폭기조 내에 미생물 양을 침전법보다 더 많이 유지할 수 있기 때문에 폭기조의 크기가 줄어들 수 있고, 탈기장치(Degasser)를 설치할 필요가 없으므로 건설비가 적게 소용된다.



〈그림5〉 초심층폭기법과 활성오니법의 개요

기존 폐수처리장을 만들 경우에는 부상법으로 건설하는 것이 바람직하고 기존처리장이 있

〈표8〉 초심층폭기법과 활성오니법의 비교

구 분	표준활성오니법	초심층폭기법
소요부지	100%	50~80%
시 설 비	100%	100~120%
운 전 비	100%	50~70%
용존산소농도	1~2ppm	20~30ppm
체류시간	4~8시간	1~2시간
MLSS 농도	1500~2000ppm	4000~6000ppm

* 시설비는 땅파는 비용으로 약간 많이 소요되나 부지 절감으로 인한 비용절감을 고려하면 시설비는 유사하다고 판단됨.

는 경우에는 침전조를 사용해야 하기 때문에 침전법으로 하는 것이 좋다. 또한 폐수가 매우 고농도이고 엄격한 처리수질이 요구되는 경우 초심층 폭기조와 기존의 활성오니법을 조합하여 폐수처리장을 건설하면 소요부지, 운전비의 절감 및 높은 처리효율을 얻을 수 있을 것이다.

〈표8〉은 초심층폭기법과 활성오니법을 비교 검토한 것이다.

④ 각국 현황 및 국내현황전망

1) 외국 기술보유사

국가명	기술보유사
일본	竹中工務店 日立建設
영국	T.W.T
독일	LURGI
프랑스	S.G.N
캐나다	C.I.L SIMMONS DRILLING

2) 적용실적

① 적용실적 : 1980년 이후 지가(地價)가 높은 일본에서 생활오수처리 및 식품제조폐수에 가장 많이 적용되고 있음

② 국가별 적용실적

국가명	실적(基)
일본	40
영국	4
독일	2
미국	1
캐나다	3

③ 업종별 적용실적

구분	적용실적
생활오수	일본 HILTON HOTEL 등 18기
식품제조	캐나다 BARRIE 등 13기
펄프 제지	영국 PRUDOE 등 7기
주정공장	일본 YAMATO 등 3기
일반산업	영국 WILTON 등 10기

3) 국내 활용전망

초심층폭기법은 국내에 1980년에 소개되었지만 그 당시 국내의 땅값이 높지 않았기 때문에 관심 대상이 되지 않았으나 국내의 급격한 지가

(地價) 상승으로 최근에 각광을 받기 시작하고 있다.

현재 세계적으로 초심층폭기법이 50여군데 설치, 가동중인데 이중 40기가 일본에서 가동되고 있는 점만 보아도 초심층폭기법의 적용 가능성은 땅값과 밀접한 관계가 있다고 생각된다. 초심층폭기법은 모든 산업폐수와 도시하수에 적용할 수 있으며, 특히 기존의 활성오니법에 비하여 높은 유기물 농도를 함유한 폐수에도 적용이 가능한 바, 적용폭이 기존공법에 비하여 크다고 할 수 있다. 또한 공장의 증설시 증설부지가 확보되어 있지 않은 경우, 기존 폐수처리장의 여유공간에 설치할 수 있으므로 별도의 부지가 필요로 하지 않기 때문에 봉착된 부지(敷地) 부족 문제를 해결 시켜주리라 생각된다.

3. 막(膜) 처리법

① 개요

현재 실용화된 막시스템 중 막 단독처리법은 원수의 50~70%밖에 여과수로 회수 되지 않아 점차 적용이 감소되고 있으며, 원수를 100% 가까이 재생(再生), 회수할 수 있는 생물화학적 처리와 막 분리법을 조합한 처리 시스템이 주류를 이루어 가고 있다.

생물화학처리와 조합할 경우 활성오니의 강한 흡착 성능에 의해 저분자 BOD는 거의 활성오니에 포집되기 때문에 여액으로의 BOD 유출이 현저히 줄어든다. 또한 유기성분은 활성오니에 의해 처리되기 때문에 100% 가까이 원수를 재생, 회수할 수 있는 이점이 있다.

막 시스템은 역삼투막(RO)과 한외여과막(UF)으로 대별되며, RO는 중수 회수율이 낮고 막의 수명이 짧아 중수도 초기에 몇몇개소에 설치된 후 실적이 미비한 실정이다.

한외여과막(限外濾過膜) 법은 1976년 구(舊) 미쓰비시 본사에 설치한 30m³/day의 Pilot Plan을 시초로 보급이 시작되어 1979년 1월 처음으로 상업용 처리장을 건설하였다.

한외여과막은 UF(Ultra Filtration)법과 튜브타입으로 구분되며, UF 타입이 튜브타입에 비해 설치면적이 작고 막의 수명이 긴 장점 때문에 막법의 주류를 이뤄가고 있다. 최근 들어서는 전통적인 생물처리법에 비해 한외여과막이 급속히 보급되고 있다.

② 한외여과막의 특징

1) 설치공간이 작다

재래의 생물처리공법은 침전조에서 고액분리(固液分離)를 하였으나 막법은 여과기가 그 역할을 대신 한다. 따라서 고액분리 부분에서도 재래식에 비해 설비설치 소요면적이 줄어든다.

2) 양호한 수질, 안정된 처리

재래의 수처리방식과는 달리 한외여과에 의한 처리 수질은 원수수질에 관계없이 막의 구멍크기에 따라 정해진다.

3) 부하변동에의 강한 대응성

빌딩내의 수(水) 이용 상황은 시간대, 시기에 의해 크게 변동된다. 휴무일의 수요는 제로에 가까워지고 평일에도, 예를 들면 식사시간 전후에는 사용수량이 증가하며 원수수질도 극히 악화된다. 수질변화에 대하여는 중수처리수질에 영향이 적지만, 양(量)적인 부하변동에는 적절히 대응할 필요가 있다. 한외여과기를 사용할 경우 원수조정조의 용량과 한외여과기의 여과

속도에 여유를 갖게하면, 용량부하 변동은 용이하게 흡수할 수 있다.

4) 운전의 자동화, 무인화 가능

공장설비와 달리 일반적으로 빌딩설비에 운전 요원을 두는 것은 어렵다. 특히 배수로부터 재생하는 중수의 코스트는 저렴하게 할 필요가 있으므로 높은 인건비를 추가하는 것은 바람직하지 않다. 한외여과기에 의한 수처리는 수질관리가 용이하고 장치도 매우 단순하여 자동화, 무인화가 쉽게 달성된다.

5) 쾌적성

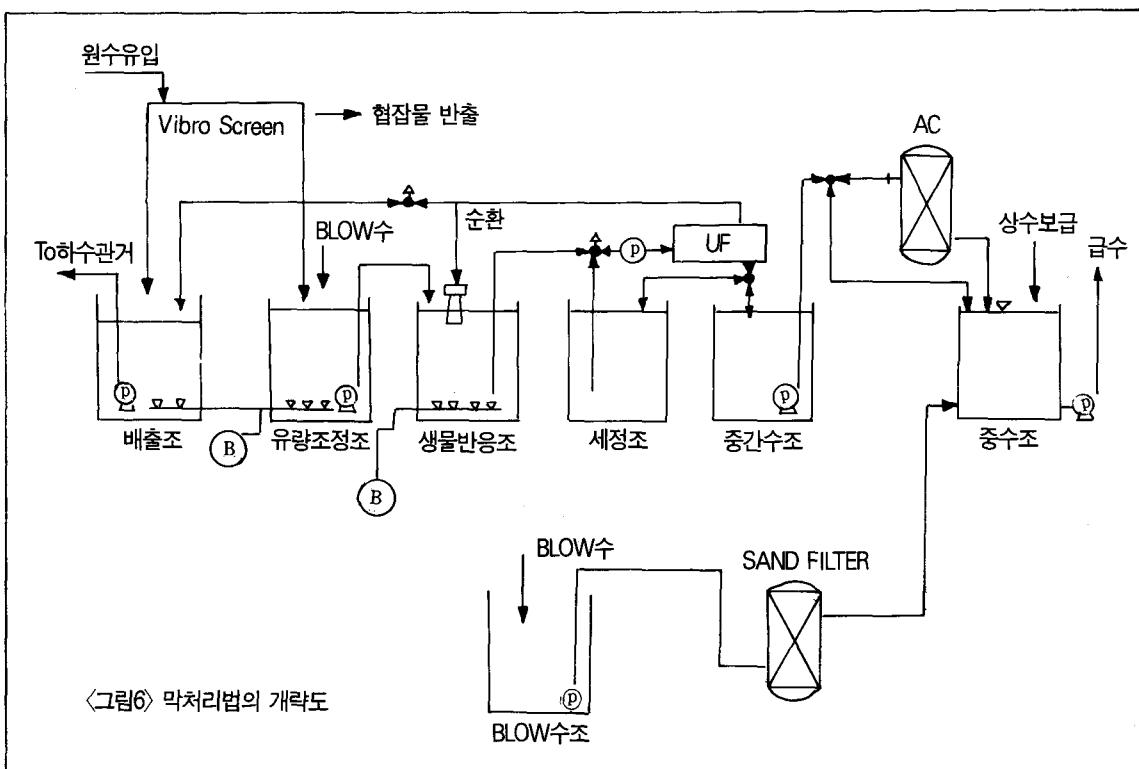
한외여과를 조합한 수처리장치는 대단히 콤팩트하고 밀폐화가 용이하다. 따라서 취기의 발산을 용이하고 안전하게 방지할 수 있다.

③ 수처리 FLOW

한외여과기의 일반적인 수처리 FLOW는(스크린) → (생물처리) → (UF) → (모래여과) → (AC)이다.

(모래여과) → (AC)는 원수에 주방배수, 변수소정수가 유입될 경우 부과된다.

UF농축액을 생물반응조에 반송하여 반응조의 MLSS를 8000~10000ppm으로 유지한다.



〈그림6〉은 한외여과막법의 개략도를 나타낸다.

④ 초심층 폭기법과 막 여과법의 비교

〈그림7〉에 양(兩) 시스템을 계통도, 개요 등 전체적으로 비교·검토하였다.

〈그림7〉 초심층 폭기법과 막 여과법의 비교

NO	항 목	막 처리법	초심층 폭기법	비 고
1	계통도	<pre> graph TD A[유입수] --> B[유량조정조] B --> C[생물반응조] C --> D[세정조] D --> E[한외여과막] E --> F[배출조] F --> G[중간수조] G --> H[FILTER] H --> I[중수조] I --> J[RECYCLE] I -- 하수도 --> K[] </pre>	<pre> graph TD A[유입수] --> B[유량조정조] B --> C[DEEP SHAFT 폭기조] C --> D[탈기 TANK] D --> E[침전조] E --> F[FILTER] F --> G[중수조] G --> H[RECYCLE] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> * 막처리법 : 한외여과기 세정시의 FLOW(1회/월) * 활성오니법의 침전조 대신 한외여과막 사용 * 초심층 폭기법 : 활성오니법의 폭기조 대신 50~150m 깊이의 DEEP SHAFT 폭기조 사용
2	개 요	<ul style="list-style-type: none"> • 기존의 침전조 대신 <ul style="list-style-type: none"> - 역침투 작용을 하는 투과막을 이용, - 유입수를 극히 미세한 구멍을 통과시키면서 - 고분자 물질과 콜로이드를 분리하며 - 통과된 유기물질은 활성탄 FILTER를 이용 제거하는 시스템 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 활성오니법의 폭기조 대신 <ul style="list-style-type: none"> - 직경 0.5~10m, 깊이 50~150m의 수직형 폭기조를 설치, - 산소용해도를 높여 - 단시간에 폐수중의 유기물질을 처리하는 시스템 	
3	수 질			
	BOD	10mg/l 이하	8~20mg/l	활성오니 : 1500~2000ppm 1~2ppm,
	COD	10mg/l 이하	10mg/l 이하	
	MLSS	6,000~10,000ppm	4,000~6,000ppm	
	용존산소농도	5~10ppm	20~30ppm	
	회수율	90%	90%	
4	시공성	일반적인 공법	DEEP SHAFT를 위한 특수장비 필요 (1m 직경×40m 깊이)	
5	부하대응성	양호	양 호	

NO	항 목	막 처리법	초심총 폭기법	비 고
6	운전비	다소높다(막 교환)	표준활성오니법의 50~70%	
7	기 타	1. 막을 2~4년에 1번씩 교환해야 함. 2. 오염에 따른 막의 성능이 저하되기 때문에 기계적, 화학적 방법에 의한 막면의 세정필요	1. 수직폭기조 설치를 위한 별도 SPACE소요 2. 시공을 위한 특수장비 필요 3. BLOWER외에 별도 COMPRESSOR 필요	

국내 및 일본의 중수도 도입 현황

1. 국내현황

현재 국내의 중수도 도입현황은 <표9>에 나타난 바와 같이 5~6곳에 설치되어 있다.

국내에 적용된 수처리 시스템은 대부분이 생물처리법과 물리화학처리법으로 외국, 특히 일본의 경우 발달되어 있는 막여과법 및 초심총폭기법(국내의 고려합섬 사옥에 건설중)의 적용이 거의 없는 실정이다.

'92년 5월 건설부에서 고시되어 '92년 말부터 시행될 '대형건물 신축시의 중수도도입 의무화'는 상·하수도 요금의 감면, 금융세제상의 혜택 및 장기처리 설치자금 지원으로 중수도의 도입이 활발해 질 것으로 예상된다. <표9>는 국내설치현황을 나타내었다.

2. 일본 현황

① 중수도 역사

빌딩의 중수도 ("배수 재이용 시설"이라고도 함)는 배수의 재 이용에 관한 국가, 자치체로부

터 나온 통치, 지도등에 의해 보급이 시작되었다. '73년 4월 통산성의 "공업용수의 잡용수 시험적 공급에 대해서"라는 통지를 시발로 건설성, 국토청, 후생성 등에서도 적극적으로 도입하게 되었으며, 일본 개발은행을 통하여 수자원 유효이용시설에 대하여 응자제도를 갖추고 있다.

'75년 東京都는 물의 유효이용(도시계획국), 절수대책(수도국), 배수량의 감소(하수도국)를 목적으로 빌딩 중수도의 도입을 적극적으로 추진하게 되었다.

이에따라,

- 1) 도내(都内) 23구에 설치하는 특정 가구(街區), 재개발사업, 고층빌딩
- 2) 건축 연면적 30000m² 이상의 대규모 건축물
- 3) 상수 300m³/day 이상을 사용하는 신설빌딩 등은 건축허가 조건으로 중수도 설치를 유도하기 시작하였다.

② 중수도 건설실적

'90년초까지의 중수시설 설치실적은 총 211 건에 이른다. <표10 참조>

<표9> 국내설치 현황

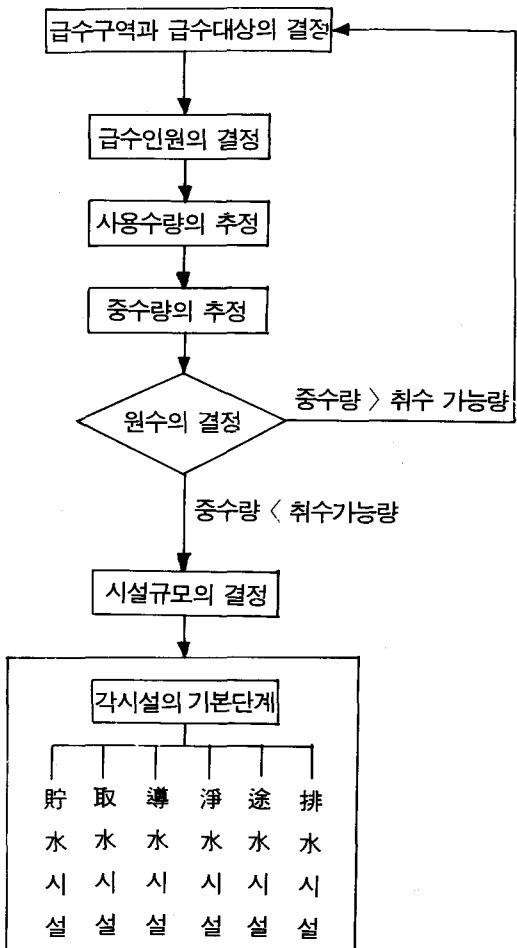
	롯데월드 (잠 실)	포항제철사옥 (현재기초공사)	주공산본 아 파트	인터콘티넨탈 호 텔	고려합섬
건물연면적 (m ²)	594,000	198,000	415세대	165,000	-
중 수 량 (m ³ /日)	800~1200	600	0.28/戸·日 × 415戸=120m ³ /日	500	-
원수종류	세면, 목욕수	세면, 목욕수	세면, 목욕수		
수 처리 시 스 템	생물처리 (장기폭기) →급속여과	-	물리화학처리 →급속여과	생물처리(회전 원판법)	DEEP SHAFT SYSTEM (현재건설중)

〈표10〉 일본의 중수도 설치 실적

年 度	全 體	
	件 數	容量 (m ³ /D)
1973	1	4
1974	2	250
1975	1	160
1976	2	609
1977	3	450
1978	6	7,786
1979	9	1,137.9
1980	11	1,671.9
1981	17	2,580
1982	21	2,137
1983	24	2,669
1984	17	2,486
1985	15	1,908
1986	9	2,031
1987	17	1,822.5
1988	18	4,984
1989	24	3,225
1990	14	2,234.8
합 계	211	38,146.1

- * 적용대상 건물 : 사무실, 점포, 학교, 주택, 연구소
- * 순환방식 : 대부분이 건물별 개별 순환방식
- * 원 수 : 잡배수 위주로 오수, 주방배수 및 세탁수도 일부 있음.
- * 옹 도 : 대·소변기 수세위주이며, 냉각탑 보급수 및 살수(撒水)용수 일부.
- * 수처리 시스템 : 생물학적 처리법, 막 여과법, 초심층 폭기법

- 5) 종합 급·배수계통의 검토
- 6) 설정수질에 의한 처리기술의 검토
- 7) 경제성 검토



〈그림8〉 중수도설계 FLOW-CHART

중수도 도입시 고려사항

1. 중수도 설계

중수도 설계는 다음의 7가지 사항을 따른다.
〈그림7〉은 그 FLOW CHART를 나타내었다.

- 1) 원수(原水) 설정
- 2) 중수용도의 설정
- 3) 중수용도별 수질기준의 설정
- 4) 원수 및 중수량의 밸런스 검토

2. 중수도 이용시 유의사항

- 1) 중수를 일반 음료수와 간단히 구별할 수 있는 색(일반적으로 청색)을 첨가하여 이용자의 잘못된 사용을 막아야 한다.
- 2) 의료시설에는 Virus, 특수 오염물질 등의 위험이 뒤따르므로 되도록 피한다.
- 3) 일반배관과 식별이 용이하도록 색으로 구분한다.

4) 이용자의 교육(중수의 사용제한, 위험성, 운전방법 등)을 철저히 한다.

결 론

이용 가능한 물 자원의 총량이 한정되어 있는 제약 조건 아래에서, 늘어나는 물 수용량은 공급량을 늘리는 것 만으로는 한계가 있기 때문에, 중수도제도를 도입하여 물 공급의 원활을 기하는 것은 현실적으로 당위적인 선택이라 판단된다.

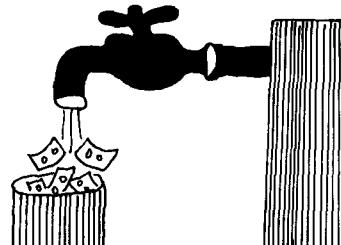
그러나 국내의 경험과 기술축적이 극히 부족한 현상태에서 중수도 설치를 확대 보급하는데에는 많은 어려움이 따른다. 중수도의 보급을 눈앞에 둔 현 시점에서 해결해야 할 과제를 열거하면 다음과 같다.

- 1) 중수도 설계기준과 유지, 관리지침 제정
- 2) 기술상 문제에 대한 대책
- 3) 위생상의 문제에 대한 대책
- 4) 관리상의 문제에 대한 대책
- 5) 재정적 지원대책

〈참고문헌〉

1. 市川 龍, 中水道 システム, 空氣調和·衛生工學, 제62권9호, pp. 75-79
2. 小林千秋, 地區循環 中水道設備の施設例, 設備と管理, 1989. 8, pp. 46-52
3. 小林千秋 排水再利用設備の実施例, 設備と管理, 1989. 8, pp. 53-57
4. 太田喜興, 雨水 回收施設 設備システム, 建築設備と配管工事, 1987. 2, pp. 76-80
5. 島田 治夫, 排水利用の考え方と実施例, 建築設備と配管工事, 1985. 6, pp. 103-109
6. 한국 냉동공조기술 협회, '92 하계 기술강습회(중수도시스템), 1992. 7. 3
7. 한국 과학기술원, 산업폐수처리 및 처리수 재이용 신기술, 1992. 11. 3
8. 竹中公務店, DEEP SHAFT SYSTEM(카타로그)
9. 이규성 외 3인, 수질오염 방지기술, 동화기연, 1992
10. 한국건설기술 연구원, 폐수처리 시스템 개발현황 조사연구, 1985. 12

중수도를 설치한 자에 대해 금융세제상 혜택 부여



건설부는 한 번 쓰고 버리는 상수를 다시 사용하는 중수도의 제도 도입을 확대하기 위해 중수도를 설치한 자에 대해 수도요금을 감면할 수 있도록 하고 중수도 설치비용의 일부 또는 전부를 응자해주거나, 중수도 시설투자액의 10%까지를 과세연도의 소득세 또는 법인세에서 공제 또는 시설투자액의 90%에 상당하는 금액을 감가상각비로 해 과세연도소득금액 계산 때 원금으로 산입토록 재무부와 협의해 93년 중 조세감면법 개정 때 반영토록 할 계획이며 중수도수질 기준을 중수도의 용도별로 나누어 정했다.

이와 관련 건설부는 93년도부터 상수원보호구역 관리업무가 환경처로 이관됨에 따라 중수도설치자에 대해 시설투자비의 일부 또는 전부를 환경개선비용부담금에서 장기저리의 응자금을 지원할 수 있도록 환경처 등과 협의하기로 했다.

그리고 중수도시설에는 침전지·여과지·소독설비 등의 처리시설과 송수시설 및 배수시설을 갖추고 중수도에 설치하는 배관의 경우 상수도·하수도배관과 구분해 설치도록 했다.

한편 건설부는 하루 물 사용량이 5백톤이상인 목욕탕, 숙박시설, 병원, 백화점, 학교, 3백 가구 이상인 공동주택 등과 1천톤 이상인 공장에 대해 중수도설치를 적극 권장하고 있다.