

# 중수처리시설의 설계와 적용

중수원수의 종류 및 사용처에 따른 중수처리시설의 설계와 적용 시 유의사항에 대해 알아보하고자 한다.

## 서론

우리나라의 중수도 역사는 1991년 수도법 개정시 중수도에 대한 법적 규정이 생김으로 인해 국가적인 설치권장 및 지원이 시작되었고, 2010년 하수도법에 포함 개정되었으며, 2010년 물의 재이용 촉진 및 지원에 관한법률이 제정되면서 중수 사용에 대한 법률적 지원이 강화되고 있다. 그러나 아직까지도 실제 현장에서는 경제성이 나쁘다는 인식으로 인해 설치를 꺼려하거나, 설치하였어도 운영을 하지 않는 사례가 많다. 이는 중수처리에 대한 정보와 지식이 부족하거나 잘못되었기 때문이며 현실적인 설계와 시공이 이루어지지 않아서 일 것이다. 이에 중수원수의 종류 및 사용처에 따라 중수처리시설을 어떻게 설계할 것이며, 적용 시 어떠한 사항을 유의하여야 하는지 알아보하고자 한다.

## 본론

### 중수도의 정의 및 법규

하수도법 제2조(정의)에 중수도라 함은 건물, 시설 등에서 발생하는 오수를 다시 처리하여 생활용수·공업용수 등으로 재이용하는 시설로 정의하고 있다.

하수도법 제26조, 시행령 제21조에는 중수도를 설치하여야 하는 시설물에 대해 기술되어 있으며 시행규칙 제19조에는 중수도의 시설 기준, 시행규칙 제20조에는 중수도의 수질기준, 시행규칙 제21조에는 중수도 사용수량의 산정기준에 대해 기술되어 있다.

최지용

(주)가경코스모

gakyung@chol.com

## 중수도 설계시 고려사항

중수도를 설계하는 경우 기본적으로 검토해야 할 항목은 다음과 같다.

재이용 용도 : 수세식 화장실용수, 살수용수, 조경용수, 세차·청소용수 등

중수 수질목표 : 용도에 맞는 수질기준정립

중수원수 확보 : 중수원수로 사용할 원수 확보 방안

중수처리용량 : 법규 및 재이용량, 중수원수 확보량을 고려한 처리용량 산정

유지관리 방법 : 중수처리시설의 유지관리 방법

중수처리 방법 : 위 사항에 맞는 적절한 중수처리방법 모색

급수 방법 : 처리된 중수를 공급하는 방법

중수를 어떤 용도로 활용할 것인가를 먼저 고려해야 하며, 활용할 용도에 맞는 수질목표를 선정하고 얼마나 필요한지를 검토한다. 이후 필요한 물량을 확보하기 위해 세면배수, 목욕배수, 주방배수, 기타 잡배수 등 중수원수로 활용 가능한 오수의 물량과 수질을 검토하여 중수처리용량을 산정한다. 그리고 처리용량과 목표수질, 유지관리를 고려한 중수처리방법을 결정하고 마지막으

로 사용처에 원활히 중수를 급수할 수 있는 방법을 정한다.

## 재이용 용도에 따른 수질기준

표 1은 하수도법 시행규칙 별표 6의 중수도의 수질기준이다.

표에서 보는 것과 같이 사용용도에 따라 수질기준이 조금씩 다르지만 전체적으로 수질의 차이가 크지 않음을 알 수 있다. 중수도를 살수용수와 조경용수로 사용할 경우에는 표 1에 제시된 처리수질에 적합할 경우 사용하는데 큰 문제점이 없으나 수세식 변소용수 및 세차·청소용수로 사용할 경우 BOD, 냄새, 색도, COD 항목은 법적 기준보다 더 깨끗해야 사용하기 적합하다. 실제 사용시 법적기준(수치상)에는 적합하지만 외관 및 심미적인 이유로 인한 민원발생이 많고 이로 인해 중수처리시설을 사용하지 않는 경우가 많다.

따라서 재이용 용도에 따른 수질기준이 다르며 처리공정도 달라야 효과적인 중수처리를 할 수 있고 효율적으로 활용할 수 있다.

표 1은 “하수도법”에 정하고 있는 용도이며 “물의 재이용 촉진 및 지원에 관한법률”에서는

〈표 1〉 용도에 따른 중수도의 수질기준

구분	수세식 변소용수	살수용수	조경용수	세차·청소용수
대장균군수	검출되지 아니할 것			
잔류염소(결합)	0.2 mg/l 이상일 것	0.2 mg/l 이상일 것	-	0.2 mg/l 이상일 것
외관	이용자가 불쾌감을 느끼지 아니할 것			
탁도	2NTU를 넘지 아니할 것			
생물학적 산소요구량(BOD)	10 mg/l를 넘지 아니할 것			
냄새	불쾌한 냄새가 나지 아니할 것			
pH	5.8 ~ 8.5			
색도	20도를 넘지 아니할 것	-	-	20도를 넘지 아니할 것
화학적 산소요구량(COD, Mn기준)	20 mg/l를 넘지 아니할 것			

친수용수, 농업용수, 공업용수, 하천유지용수, 습지용수, 지하수 충전수 등 다양한 사용처별 수질 기준을 정하고 있다.

사용처가 결정되었다면 다음으로 각용도별 필요용량을 산출해야 한다.

살수용수와 조경용수의 경우에는 매일 사용하지 않으므로 일정주기마다 사용되는 용량을 산정하며 조경용수 중 분수 및 수공간 담수용으로 쓰일 경우에는 추가적인 처리시설을 확보하는 것이 좋다. 수세식 변소용수의 경우 대변기에 비데를 사용할 경우 중수도를 사용할 수 없으므로 산정에서 제외하여야 한다.

### 중수의 원수 확보

중수의 원수로 사용될 수 있는 오수의 수질 특성에 대해 알아보겠다.

크게 나누면 세면배수, 목욕배수, 주방배수, 수세식 화장실배수, 냉각수 등이 있다.

여기서 주방배수와 수세식 화장실배수는 오염도가 높아 주로 사용하지 않는다.

세면배수는 공동주택 및 빌딩에서 발생하는 배수 중 발생량은 적으나 비교적 오염도가 낮기 때문에 최우선적으로 고려되어야 한다.

**표 2**는 세면배수의 수질특성이다.

목욕배수는 공동주택 및 숙박시설, 휴양시설

에서 발생량도 많으며 오염도가 낮기 때문에 중수도 원수로 적합하다. 단 오피스빌딩일 경우에는 발생량이 미미하다.

주방배수 및 수세식 화장실배수는 발생량은 많으나 오염도가 높아 중수도 원수로 사용하기 적합하지 않다. 그러나 중수처리시설의 처리용량이 크며 고도처리공정일 경우에는 일부 사용할 수 있다.

냉각수는 오염도가 낮아 간단한 처리만으로 재이용이 가능하나 여름철에만 한시적이며 발생량이 적어 활용도가 낮다.

중수의 원수로 사용되기 위해서는 일반 오수관과 구분하여 배관을 설치해야 하기 때문에 설비 비용이 증가된다. 또한 시공시 오점합이 발생하는 경우가 빈번하기 때문에 설비설계 초기단계에서부터 중수필요량 및 원수확보량을 검토하여 필요한 원수만을 차집할 수 있게 설계하여야 이

〈표 3〉 목욕배수 수질특성

수질 항목	농도(mg/l)	1인당 부하량(g/인)
BOD	48.8	7.9
SS	15.4	2.5
ABS	0.2	0.035
증발잔류물	220	35.6
T-N	4.0	0.54

〈표 2〉 세면배수 수질특성

수질 항목	단위	하계			동계		
		최소	최대	평균	최소	최대	평균
COD	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-H	mg/l	0	10	2.5	0.	25	7
PH		6.8	8.1	7.6	3.5	7.7	6.5
색도	도	0	18	8.2	30	80	50

러한 문제점을 줄일 수 있다.

### 중수처리용량 선정

법규에서 정하는 중수처리용량은 시설물에서 사용하는 총급수량의 10% 이상이다.

설치해야하는 중수용량보다는 크고, 중수필요량과 중수원수 확보량 중 작은 용량을 채택한다. 여기서 중수원수 확보량이 많을 경우에는 오염도가 낮은 중수원수만을 가려서 선택하는 것이 경제적이며, 중수원수 확보량이 너무 작을 경우에는 중수 사용처 중 사용물량이 적으나 수질이 깨끗해야 하고 부대비용이 높은 사용처를 제외한다면 경제성을 높일 수 있다.

처음부터 너무 거창한 계획을 세워 중수처리용량을 크게 잡는 경우가 많으며 이런 경우 대부분 원수 확보량이 적어 활용도가 낮아지기 마련이다.

또한 법적인 기준에만 맞추어서 설치할 경우에는 처리용량이 너무 적어 상수도비용보다 중수도 생산비용이 높아 운용을 하지 않는 경우도 많다.

표 5와 같이 공동주택에는 중수원수로 활용할 수 있는 목욕, 세면용수가 많은 대신 활용할 수 있는 화장실, 청소용수가 적은 경향을 보이며 빌딩의 경우에는 원수 확보량보다 필요량이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 아래표는 일반적인 예시일뿐, 실제 시설물의 사용용도에 따라 면밀히 검토하여 계획하여야 한다.

### 중수처리방법 선정

중수처리방법 선정은 사용처에 맞는 목표수질과 원수의 특성을 고려하고 처리용량에 맞는 처리방법을 선정한다. 또한 유지관리가 편리하고 관리비용이 저렴한 공정이어야 한다. 만약 유지관리가 불편하고 관리비용이 상수도에 비해 너무 높다면 처음부터 다시 계획하여야 한다.

중수처리공정을 크게 세단계로 구분한다면 전처리 단계, 주처리 단계, 후처리 단계로 나눌 수 있다.

전처리 단계는 주처리에 장애가 되는 큰 협잡물이나 고농도의 오염물질을 제거하는 단계로서

〈표 4〉 주방배수 수질특성

수질 항목	단 위	하 계			동 계		
		최 소	최 대	평 균	최 소	최 대	평 균
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	65	214	54.4	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	20	90	51

〈표 5〉 공동주택 및 빌딩의 용도별 사용수량 비율

건물용도	목욕	세탁	세면	주방	화장실	청소	기타
공동주택(%)	20	24	12	20	16	4	4
빌딩(%)	-	-	8	18	55	3	16

침사조, 스크린장치, 유량조정조, 1차 침전조 등이 있다.

원수 중의 여러 가지 협잡물이 존재할 수 있는데, 비닐종이나 섬유가닥, 플라스틱 조각 등의 큰 협잡물은 펌프 임펠러의 막힘 및 고장, 배관과 수로의 폐색 등의 문제점을 유발할 수 있으며 주처리시설의 기능저하를 가져오게 되므로 스크린을 설치하여 이러한 협잡물을 제거하는 것이 좋다. 또한 모래알갱이나 금속 조각 등이 유입될 수 있는 원수의 경우에는 침사조를 설치하여 침전제거하여야 한다.

유량조정조는 원수의 유입량 및 오염도가 불규칙하게 발생할 경우 주처리시설로 균등하게 공급할 수 있게 하는 기능과 중수의 원수가 과도하게 공급될 경우 비상배수펌프를 이용하여 배수할 수 있는 기능을 수행하기 위해 12시간이상의 체류시간을 확보하는 것이 좋다.

1차 침전조는 주방배수나 화장실 배수 등 고농도의 오수가 유입될 경우 설치하여 고부하의 오염물질을 1차적으로 침전 제거하는 시설이다.

주처리 단계는 전처리단계에서 제거되지 않은 미세 부유물질, 용존성 유기물질 등 대부분의 오염물질을 제거하는 공정으로 생물학적 처리, 물리 화학적 처리, 침지식 막 처리, UF막처리, R/O막처리, AOP 처리 등 다양한 처리방식이 있다.

생물학적 처리방법에는 활성슬러지법, 접촉산화법, 호기성 여상법 등 다양하지만, 그 원리는 미생물을 이용한 처리방식으로 미생물이 유기물을 흡수하여 번식하게되고 슬러지가 형성되어 침전 제거된다.

물리 화학적 처리방법은 화학약품을 이용하여 오염물질을 반응, 응집시켜 플록을 형성시키고 이를 침전 또는 가압부상, 여과기를 사용하여 처리하는 방식이다.

막 처리방법은 막이 가지고 있는 미세한 기

공을 이용하여 기공보다 큰 물질은 통과하지 못하고 작은 물질만 통과되는 기본원리를 가지고 있다. 생물학적 처리공정과 한외여과막(UltraFiltration:UF)을 결합한 막분리 활성슬러지법(Membrane Bio-Reactor:MBR)이 대표적인 공법 중 하나로서 생물학적 처리공정에서 침전조의 기능을 막이 대신함으로써 고액분리의 시간을 단축하는 한편 안정적인 처리수질을 확보할 수 있다. 최근에는 마이크로 필터와 같은 전처리필터를 포함한 역삼투막(Reverse Osmosis:RO)을 이용한 방법 등 막의 종류에 따라 다양한 처리방법이 사용되고 있다.

후처리 단계는 주처리 단계에서 미처 처리되지 못한 오염물질에 대한 선택적 처리를 하게 되며, 주로 활성탄흡착, 응집시설, 여과처리, 오존처리, 소독처리 등을 한다.

가장 많이 사용되는 활성탄흡착은 활성탄이 가지고 있는 흡착능력을 이용하여 유기물, 색도, 탁도뿐만 아니라 냄새, 계면활성제 등의 제거 효과가 높다.

활성탄의 흡착능력이 현저히 떨어지면 교체 해주어야 한다.

응집시설은 주로 콜로이드입자를 제거하기 위해 콜로이드입자가 떠고 있는 전하와 반대 전하물질을 투입하여 FLOC을 형성 침전시킴으로써 색도, 탁도 및 유기물을 제거한다. 응집제가 계속적으로 사용되기 때문에 유지관리비가 높다.

여과처리는 모래여과기, 섬유사여과기, 메탈필터 등 다양한 여과기를 이용하여 부유물질 및 유기물, 색도, 탁도를 제거하는 역할을 한다. 여과기마다의 특성을 파악하고 적용해야 한다.

오존처리는 강력한 산화력을 가진 오존을 이용하여 물속의 유해물질은 무해한 단순 물질로 산화시키며 유기물, 색도, 냄새, 계면활성제 등의 제거 효과가 있으며 살균능력도 가지고 있다. 오

〈표 6〉 중수처리 시스템 비교

구분	물리·화학적 처리	생물학적 처리	막처리
처리과정	스크린→응집침전→여과→오존→활성탄→중수	스크린→생물학적처리→오존→활성탄→중수	스크린→생물학적처리→막처리→염소소독→중수
처리효율	원수유입 부하변화에 대응이 어려움	처리효율이 좋으나 안정성이 떨어짐	처리효율이 안정적인
초기 투자비	소	중	대
동력비	소	중	중
소요면적	소	대	중
유지관리	관리인 필요	전문관리인 필요	전자동 운전가능
소모품비	대	중	중
세제류 제거능력	보통(90%이상)	낮음(85~88%)	높음(95%이상)

존발생기는 전력소비량이 높은 단점이 있다.

소독처리에는 자외선 및 오존을 이용한 살균법과 염소 등과 같은 약품을 이용한 화학적 살균법이 있는데 처리수의 수질기준에 잔류염소가 있어야 하는 경우 약품을 이용한 소독처리를 적용한다.

표 6은 중수처리시설 대표적인 처리방식을 비교하였다.

표 6에서와 같이 물리·화학적 처리방식은 초기 투자비, 동력비, 소요면적이 작고 유지관리가 어렵지 않은 장점이 있지만 약품 등의 소모품비가 들어가며 처리효율이 안정적이지 못한 단점이 있다. 따라서 물리·화학적처리방식은 소용량이면서 원수수질이 안정적인 시설물에 적합할 것이다.

생물학적 처리방식은 처리효율이 좋고 초기 투자비, 동력비, 소모품비가 중간 정도이나 소요면적이 크고 전문관리인이 필요한 단점을 가지고 있다.

따라서 생물학적 처리방식은 중, 대용량이며 목표수질이 중간인 시설물에 적합하다.

막처리방식은 처리효율이 좋으며 안정적이고 동력비, 소요면적, 소모품비가 중간이며 전자동

으로 운전이 가능하나 초기투자비가 높은 단점을 가지고 있다.

따라서 막처리방식은 중, 대용량이며 목표수질이 높은 시설물에 적합하다.

위에서 언급한 처리방식을 일부 변경하거나, 막의 종류 및 생물학적처리방식이 다양하게 있으므로 어떻게 조합하느냐에 따라 중수처리시스템은 다양하게 변할 수 있다. 그러기 위해서는 각각의 장비나 처리시설에 대해 알아야겠다.

또한 최근에는 하루 10톤 이하 규모의 패키지타입 처리장치도 개발되어 있어 중수도를 계획하는 시설물에 적합한 처리시설을 선택하면 된다.

### 유지관리방법 검토

중수를 계획하는데 있어서 초기에 간과하기 쉬운 부분이 유지관리방법에 대한 부분이다. 유지관리자의 유무 및 관리자의 능력, 유지관리의 편리성, 유지관리비 등 실제적으로 사용할 경우에 대한 검토가 꼭 필요하다. 만약 시설물에 수질 관리자가 있는 경우에는 생물학적 처리공정도 가능하지만, 관리자가 없는 경우 생물학적 처리공정으로 설계한다면 안정적인 처리수질을 확보하

기 어려워 효과적인 사용이 어렵게 된다. 또한 처리공정을 너무 복잡하게 설계한다면 유지관리가 불편할 뿐 아니라 유지관리비가 과다해져서 지속적인 운영을 하기 어렵다.

### 급수방법 선정

중수저장조의 크기는 일일 중수사용량의 50~100%정도로 계획한다.

사용처가 다양하고 후단 처리가 분리되어 있을 경우에는 저장조와 공급펌프를 분리하여야 한다. 또한 중수가 부족할 경우 상수도를 사용할 수 있도록 설비를 갖추어야 하는데 중수저장조로 유입되게 하는 방법과 공급배관에 연결하는 방법이 있다. 이는 현장여건에 맞추어 선정한다.

생산된 중수의 수질이 목표로 하는 수질에 못미칠 경우 사용할 수 없으므로 배출하거나 유량조정조로 되돌릴 수 있는 시설을 갖추어야 하며, 중수의 사용량을 측정할 수 있는 적산식 유량계를 공정의 후단에 설치한다.

공급 배관은 상·하수관망과의 오접을 피하고 타 용도의 배관 등과 구별될 수 있도록 보라색 계통의 색상으로 표시하며, 매 30m마다 별도로 “중수배관”이란 문구를 표기한다.

중수는 기본적으로 인체에 접촉하지 않아야 하므로 수세식 화장실 용수로 사용할 때 비데기가 설치된 경우는 중수를 사용하지 않아야 하며, 조경용수 중 친수용수로 사용할 경우에는 중수사용에 대한 고시가 필요하다.

### 결론

공동주택의 경우에는 중수필요량보다 원수량이 많아 중수처리시설을 설계하는 데 어려움이 없다. 그러나 오피스 및 상가 빌딩의 경우에는 중수 필요량보다 원수량이 부족한 경우가 많아 좀

더 신중한 접근이 필요하다.

사례를 통해 적절한 중수처리시설의 용량 산정을 해보자.

### 사례

시설물 총 급수량: 400톤/일

중수필요량: 수세식화장실용수 50톤/일, 조경용수 40톤/일, 청소용수 10톤/일

원수 확보량: 세면용수 50톤/일, 일반 잡배수 20톤/일, 주방배수 30톤/일

위와 같은 시설물의 경우 중수필요량은 100톤/일이고 비교적 깨끗한 원수의 확보량은 70톤이며 오염도가 높은 주방배수까지 합해야 100톤을 채울 수 있다.

오염도가 높은 주방배수로 인해 처리공정이 복잡해지고 고급관리자가 필요하게 되는 상황이라면, 주방배수를 배제하고 중수처리용량을 70톤으로 설계를 하며 부족분 30톤은 시수로 채우는 것이 더 경제적인 것이다.

또는 처리용량을 100톤으로 설계하고 주방배수를 배제하여 부족한 30톤을 우수 및 지하침출수로 보충하는 방법도 있을 것이다.

다른 방법으로는 원수 중 깨끗한 편인 세면용수만을 원수로 사용하고, 처리수질이 비교적 낮은 조경용수와 청소용수에만 중수를 사용할 경우 처리공정이 단순해지고 유지관리비가 저렴해진다면 처리용량을 50톤으로 설계할 수도 있을 것이다.

수처리공정의 가장 기본은 원수의 수질과 원하는 처리수 수질, 처리용량을 알고 처리공정을 설계하여야 한다. 중수처리시설도 마찬가지이다.

하,폐수처리시설처럼 꼭 설치해야하며 법규에 맞는 방류수수질을 확보해야만 하는 경우나 정수처리시설, 순수처리시설과 같이 필요성에 의해 설치하고 사용자에게 직접적인 혜택을 주는

시설과 다르게 중수처리시설을 애물단지처럼만 생각하기 쉽다. 그러나 분명 중수처리시설도 법규에서 정하고 있는 처리시설이며, 원하는 목표수질이 되어야만 하고, 사용자에게 직접적인 혜택이 주어지는 시설임은 분명하다.

사용처에 대한 정확한 필요물량과 수질을 알고 최적의 원수를 확보할 수 있는 방법을 모색한 뒤 유지관리가 편리한 처리공정을 계획한다면 중수처리시설은 환경친화적인 시설이 될 것이며 사용자에게 이익을 주는 시설이 될 것이다.

## 참고문헌

1. 『폐수처리공학 I, II』 / 고흥백 외 / 동화기술  
신광문화사 (2004)
2. 『물 재이용시설 설치관리 통합가이드북』 / 환경부 / (2011)
3. 『국내중수도 현황과 운영실태 분석』 / 홍광민 / 학위논문 (2003)
4. 『수질 및 수자원 관리』 / 옥치상 외 / 대학서림 (1999) 