

## 6. 분리막을 이용한 빌딩용수 재활용 기술

한림대학교 환경생명공학과 교수 박진용

### 1. 서론

대도시의 대형건물의 일부에서는 주방 폐수와 급탕실 배수 등 건물 배출수를 회수하여 건물 내에서 정화한 후 잡용수로 재이용하는 개별순환방식을 채용하는 경우가 증가하고 있다. 잡용수는 먹는물 이외의 용도로 공급하는 물로 일본수도협회의 잡용수문제 검토위원회 보고 (1981~1982년)에 의하면 수세식 화장실 용수가 가장 많다. 또한 1981년 4월 후생성이 통제한 잡용수의 수세식 화장실 용수 잠정기준을 보면 대장균수 10개/mL 이하, pH 5.8~8.6, 색상 및 악취가 없어야 한다고 정하였으며, 이에 염소 소독을 행하여야 한다고 되어 있다. 동경도 등의 시안에서는 위의 4개 항목 이외에 BOD, COD<sub>Mn</sub>, 음이온 계면활성제 등의 수질 목표치에 대해서도 제시하고 있다.

한편 건물배수의 재이용 기술에 요구되는 조건으로는 다음과 같은 것들이 있다.

- (1) 설치 면적이 작은 것
- (2) 부하변동에 강하고 간헐적인 운전에 적합할 것
- (3) 운전이 용이할 것
- (4) 충분한 수질의 재생수를 얻을 수 있을 것
- (5) 악취가 나지 않을 것
- (6) 폐기되는 슬러지 발생량이 적을 것

일반적으로 생물학적처리법과 응집침전법, 여과법 등의 물리화학적처리법을 단독으로 사용하거나 조합시켜 사용하는 건물의 잡배수 처리는 적용 가능한 물의 범위가 넓고, 비교적 처리수질이 양호하고 회수율도 높다. 한편 단점으로는 수질변동과 간헐운전에 의한 처리 효율의 불안정과 슬러지 발생 등을 들 수 있다. 그러나 막분리법은 슬러지가 발생하지 않고 수질변동과 간헐운전에도 안정하게 운전할 수 있어 빌딩건물 폐수처리장치로 널리 활용되고 있다.

### 2. 막분리법을 적용한 잡배수 처리

막분리법에 의한 잡배수의 전처리법 및 막처리 특성, 후처리법 등을 설명

하기 위해 하수 및 주방 배수를 이용해 각종 시험을 수행한 결과 다음과 같은 점을 알 수 있었다.

- (1) 관형 막분리 장치의 전처리법에 50~100 메쉬의 필터를 적용할 수 있다.
- (2) BOD, COD<sub>Mn</sub>, 음이온 계면활성제 등 유기물 제거에는 셀룰로오스 역삼투막(탈염율 30%)이 한외여과막(분획분자량 2만 Dalton)보다 2~5배 우수한다. 따라서 셀룰로오스 역삼투막은 주방배수와 같이 오염도가 높은 물에도 적용가능하고 한외여과막은 오염도가 낮은 배수에 적용할 수 있다.
- (3) 원하는 투과수량을 유지하기 위해서는 정기적으로 약품세정을 실시하여야 한다.
- (4) 막투과수 중에 남아 있는 음이온 계면활성제과 유기물을 제거하기 위해서는 활성탄 흡착법이 효과적이다.

### 3. 막분리법에 의한 빌딩건물 배수 재이용 사례

그림 1은 A사에 설치된 빌딩건물 배수처리 계통도를 나타낸 것이다. 배수는 잡배수와 주방배수의 두 계열로 분별해 처리한다. 잡배수계에는 빗물과 여름철에 유입되는 냉각수도 포함된다. 비교적 수질이 좋은 잡배수는 한외여과막 분리장치로 처리하고, 염류와 유기물이 많이 포함된 주방배수는 역삼투막 분리장치로 처리된다.

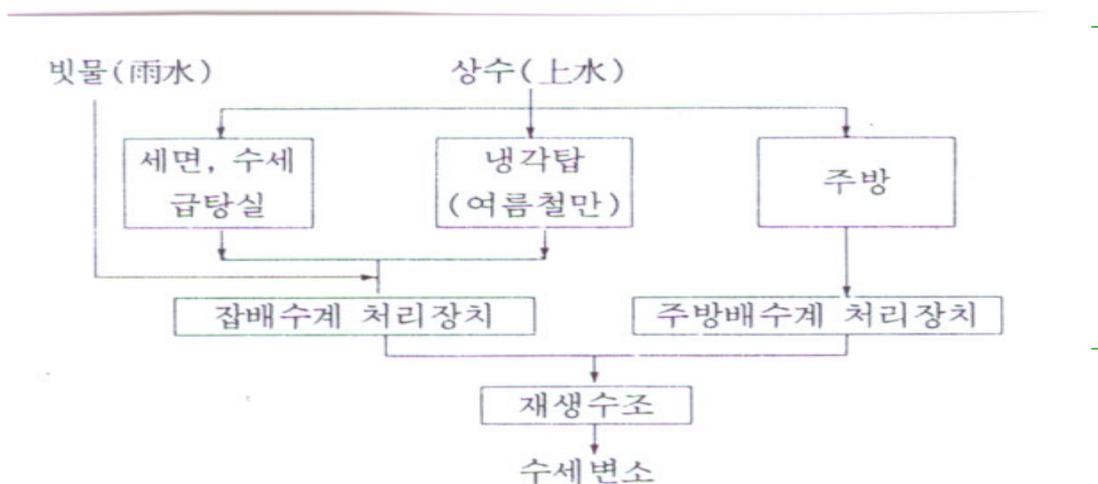


그림 1. 빌딩건물 배수처리 계통도

그림 2는 배수처리 흐름도를 나타낸 것이다. 분리막은 구조가 간단하고 막유속이 빠르며 오염물질이 부착되기 어려운 관형을 채용하였다. 따라서

전처리 공정은 기름 및 협잡물 제거장치만으로 이루어져 있으며, 후처리에 활성탄 흡착탑이 설치되어 막투과수 중의 저농도 유기물질이 제거된다.

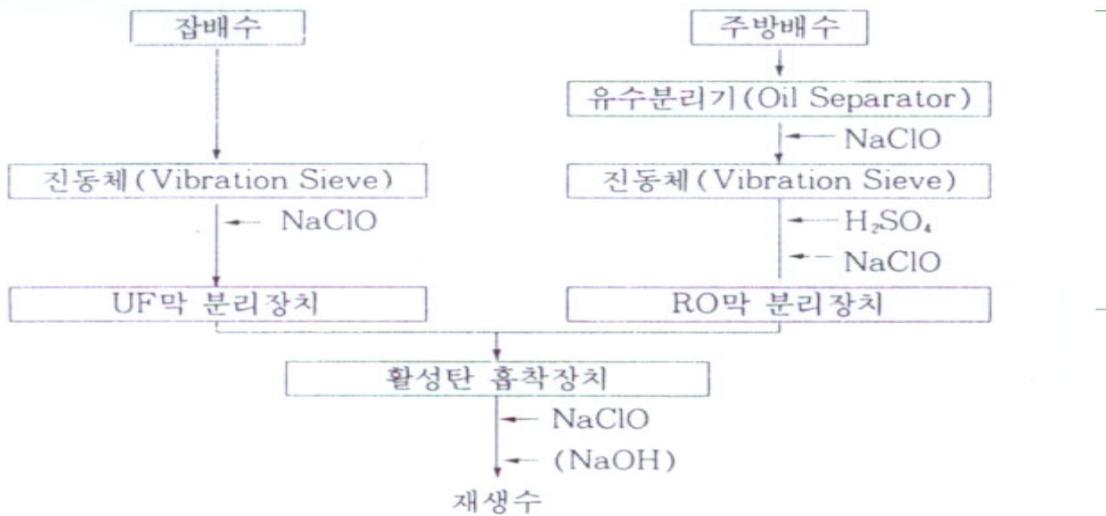


그림 2. 빌딩건물 배수처리 흐름도.

### 2.1 한외여과막에 의한 잡배수 처리

잡배수는 진동체(Vibration sieve)로 협잡물을 제거한 후 원수조에 유입시켜 한외여과 공급수로 사용한다. 원수조는 균일화와 부패방지를 위해 에어펌프로 포기하고 배기사스는 탈취탑에 보내져 처리된다. 한외여과 공급수에 차아염소산나트륨(NaClO)을 첨가한 후 와류(Vortex) 펌프로 평균 운전 압력 4 kg/cm<sup>2</sup>, 막면유속 1.0~1.5 m/sec로 한외여과막 분리장치에 보낸다.

한외여과막은 폴리올레핀계 관형막이다. 한외여과 공급수의 70%는 한외여과 투과수로 회수하여 활성탄 공급수조로 보낸다. 30%의 농축수 일부는 역삼투 원수조로 보내져 역삼투막 분리장치에서 다시 처리되어 잔류량은 배출수조로 이송시켜 하수로에 방류한다. 또한 분리막은 자동제어로 정기적인 약품세정이 실시된다.

한외여과막 분리장치에 의한 운전결과의 예로서 처리수질은 표 1에 나타내었다. 제거율은 BOD 50~90%, COD<sub>Mn</sub> 40~80%, 음이온 계면활성제 5~50%, 전기전도도 5~30%이었다. 한외여과막은 표준 성능에서는 탈염능력이 거의 없으나, 실제 잡배수를 처리하는 공정에서는 약간 높은 탈염효과를 보였다. 이는 한외여과막 표면에 오염물질이 부착되어, 그 부착물에 의해 동적 분리막 작용을 일으켜 탈염율을 높이는 것으로 보인다.

운전이 지속됨에 따라 투과수량이 완만하게 감소하는 것은 불가피 하였다. 그러나 정기적인 약품세정을 실시한 결과 안정된 투과수량을 얻을 수 있었다. 세정제는 예비시험에서 선정한 무기 용해제계 및 슬라임 박리제계 세정제를 이용하였다.

표 1. 한외여과막 분리장치 운전결과.

구 분	한외여과 공급수	한외여과 투과수
투시도 (도)	2 ~ 8	>100
pH	6.3 ~ 6.8	6.5 ~ 6.7
부유물질 (mg/L)	20 ~ 80	<1
BOD (mg/L)	30 ~ 180	2 ~ 50
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	20 ~ 100	3 ~ 25
음이온 계면활성제 (mg/L)	1 ~ 5	0.5 ~ 4
핵산추출물 (mg/L)	2 ~ 7	0 ~ 2
전기전도도 ( $\mu$ S/cm)	150 ~ 350	120 ~ 300

## 2.2 역삼투막에 의한 주방배수 처리

주방배수는 그리스 분리기로 기름이 제거된 후에 차아염소산나트륨이 첨가된 2단 진동체를 통과한 다음 황산으로 pH를 조정하여 원수조로 유입되어 역삼투 공급수로 사용하였다. 역삼투 원수조는 한외여과 원수조와 동일하게 에어펌프에 의한 포기 과정을 거치고 배기가스는 탈취탑으로 보내져 처리된다.

역삼투 공급수는 다시 한번 차아염소산나트륨이 첨가되어 다단 터빈펌프에 의해 평균운전압력 15 kg/cm<sup>2</sup>, 막면유속 1.0 ~ 1.5 m/sec로 역삼투막 분리장치로 보낸다. 역삼투막은 초산셀룰로오즈 계 관형막으로 운전압력이 낮고 투과수량이 많은 루즈 역삼투막을 채용하였다.

공급수의 60%는 역삼투 투과소로 회수되어 활성탄 공급수조로 보내지고, 40%의 농축수는 배출수조로 보내져 하수도로 방류된다. 막세정은 한외여과막과 동일하게 자동제어에 의해 정기적으로 약품세정이 실시된다.

역삼투막 분리장치에 의한 운전결과의 한 예로 처리수질을 표 2에 정리하였다. 제거율은 BOD 75 ~ 93 %, COD<sub>Mn</sub> 70 ~ 88 %, 음이온 계면활성제 70 ~ 79 %, 전기전도도 35 ~ 60 %이었다. 루즈막에서도 한외여과막과 동일하게 막면 부착물에 의한 동적 분리막 작용을 일으키는 경향이 있는 것으로 확인되었다. 역삼투막은 한외여과막과 비교하여 제거율이 높으나, 역삼투막

투과수는 공급수의 수질오염이 심하기 때문에 한외여과 투과수보다 약간 수질이 저하되었다.

표 2. 역삼투막 분리장치 운전결과.

구 분	한외여과 공급수	한외여과 투과수
투시도 (도)	1 ~ 3	>100
pH	6.2 ~ 6.7	6.0 ~ 6.5
부유물질 (mg/L)	50 ~ 150	<1
BOD (mg/L)	100 ~ 450	15 ~ 55
COD <sub>Mn</sub> (mg/L)	50 ~ 150	10 ~ 40
음이온 계면활성제 (mg/L)	8 ~ 30	2 ~ 6
hexan추출물 (mg/L)	5 ~ 20	<1
전기전도도 ( $\mu$ S/cm)	500 ~ 1,000	200 ~ 600