

# 멤브레인 수처리기법



최경숙  
경북대학교  
농업토목공학과 교수  
ks.choi@knu.ac.kr



이광야  
한국농어촌공사  
농어촌연구원  
수자원연구팀 차장  
bskoh@ekr.or.kr



김해도  
한국농어촌공사  
농어촌 연구원  
수자원연구팀 계장  
bskoh@ekr.or.kr

## 1. 서론

최근 새만금 지역의 토지이용계획 기본구상이 확정되고 정부가 이 지역을 동북아 경제 중심지, 규제 없는 세계 경제중심지로 조성하기로 하는 국가 중요핵심 전략사업으로 선정함으로써 새만금 지역의 수질관리가 무엇보다도 이 사업의 성패를 가늠하는 중요한 요소로 부각되고 있다. 새만금 지역 내에 조성될 농업용지는 식량생산단지 외에도 화훼, 원예단지, 농촌마을, 첨단농업시험단지를 조성할 계획이라 고부가가치 창출을 위하여 기존의 농업 용수 수질보다 더 양호한 수질의 용수확보가 요구되고 있다. 따라서 양질의 용수공급을 위하여 새만금지역의 유역 단위의 비점오염관리와 더불어 적절한 수처리기법의 활용이 요구된다. 새만금지역의 담수수자원이용의 고도화 실현뿐만 아니라 우리나라 미래 물산업 시장의 영향력 확대를 위하여 한정된 수자원의 효율적 이용과 더불어 수처리 기술의 향상 및 합리적 이용이 더욱 더 요구될 것이다. 본고에서는 새만금 담수 수자원 정화처리에 관한 연구목적 일환으로 조사하고 있는 여러 가지 수처리기법들 중 현재 정수처리에 가장 많이 사용되고 있는 여과기법 중의 하나인 멤브레인 수처리기법에 관하여 소개하고자 한다.

## 2. 멤브레인 수처리기법

멤브레인이란 막(Membrane)을 여재로 하여 여과하는 정수처리 공정을 말한다. 막여과 기술은 고액분리, 이온분리, 가스분리 등을 행하는 분리기술로서 정수처리, 해수담수화, 식품 및 의료분야 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 액체나 기체상태의 용해되지 않는 입자 분리의 일반여과(Filteration)뿐만 아니라 액체에 용해된 용존물질이나 혼합기체의 분리까지도 가능한 특수한 막을 의미하는 것으로 멤브레인의 반투과 성질을 이용하여 물질을 분리 혹은 전달시키는 것이다. 또한 단순하게 어떠한 크기 이상을 분리 혹은 전달하는 기능 외에도 전하 반발력, 용해도, 확산률 등의 성질을 이용하여 분리 혹은 전달을 강화시키기도 한다. 멤브레인의 여러 가지 분리기능은 다음과 같다.

- 분리·농축: 응집제 등 약품첨가 없이 고체/액체 분리, 액체/액체 분리, 가스분리 가능
- 분획: 용질 혹은 미립자를 분자량이나 크기에 대응해서 개별적으로 분리
- 격리: 다른 성질의 액체 혹은 물질이 멤브레인 사이에서 양자가 혼합되지 않고 분리 상태로 있는 것
- 고정·흡착: 분리와 흡착을 동시에 행하는 것

## 2.1 멤브레인 종류 및 특성

멤브레인은 제거되는 대상입자의 크기에 따라 4가지 종류로 분류된다. 정밀여과막 (MF: Microfiltration Membrane), 한외여과막 (UF: Ultrafiltration Membrane), 나노여과막 (NF: Nanofiltration Membrane) 또는 저압역삼투막, 역삼투막 (RO: Reverse Osmosis Membrane)이 이에 속하며, 각각의 종류별 특성은 다음과 같다.

### ☐ 정밀여과막 (MF: Microfiltration Membrane)

정밀여과막의 공경은 0.025~20 $\mu\text{m}$ 로써 용질입자의 크기와 분리막의 공극을 이용한 체걸음 작용에 의해 여과작용을 하며, 제거 대상 물질로는 콜로이드 입자, 현탁질, 조류, 박테리아 등으로 공칭분획경(Pore Size)으로 분리 능력을 표시한다. 정밀여과막은 심층(Depth)형과 멤브레인형으로 나눌 수 있으며, 심층(Depth)형은 마이크로필터로 불리고 멤브레인 형태는 말그대로 멤브레인으로 불린다. 이들의 조작압력은 1kg/cm<sup>2</sup> 정도이다.

### ■ 심층여과(Depth Filter)와 멤브레인 여과(Membrane Filter)의 비교

- 심층여과: 여과체에 무질서한 기공구조를 가지고 있다. 기본원리는 일정한 두께를 가진 격자를 통한 기계적 입자제거와 흡착이며, 주로 많은 양의 이물질 제거에 사용되고 멤브레인 여과보다 가격이 상당히 저렴하다.
- 멤브레인 여과: 여과체에 기하학적으로 일정한 기공구조를 가지며, 여과막의 공경보다 큰 모든 입자들이나 유기물들을 제거한다. 멤브레인 여과는 소량의 케이크(cake) 여과에 적합하다. 정밀여과막(MF)의 여과특성은 1단계에서는 여과체의

공경보다 큰 이물질(입자)만 여과되고(그림 1), 2단계에서는 필터표면에 케이크가 형성됨으로써 필터에 의해 여과할 수 있는 입자보다 더 미세한 입자까지 여과된다(그림 2).

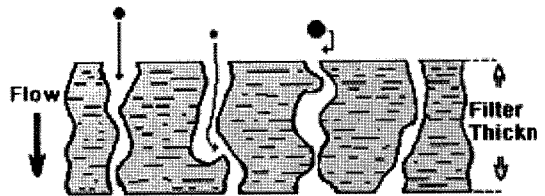


그림 1. 1단계 여과

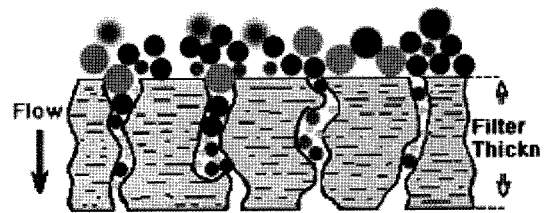


그림 2. 2단계 여과

정밀여과막의 특성은 다른 막분리 공정보다 높은 투과수량(flux)을 가지며, 재래식 응집, 침전 여과에 비하여 투과된 수질이 좋다. 또한 높은 투과수량, 용이한 세척, 적용의 유연성 및 경제성 등으로 적용범위가 넓고, 발전 속도가 빠르다. 그러나 정밀여과막의 공경은 다른 분리막에 비해 크기 때문에 공극 안으로 콜로이드가 들어가 내부 폐색을 일으킬 우려가 높은 단점이 있다. 이 공정은 해수담수화 전처리, 막여과정수 뿐만 아니라 식품산업, 화학공업, 제약산업 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

### ☐ 한외여과막 (UF: Ultrafiltration Membrane)

한외여과막(UF)의 공경은 0.01~0.001 $\mu\text{m}$ 로써 체걸음 작용에 의해 여과가 되며 제거 대상 물질은 분자량 5,000~30만 정도의 세균, 콜로이드, 단백질, 고분자 유

기물 등이다. 분리 능력 표시는 분획 분자량(MWCO), 즉 분리해 낼 수 있는 분자량의 크기로 나타내며, 여기서 분획 분자량(MWCO; Molecular Weight of Cut-Off)이란 한외여과막(UF)에서 사용되는 단위로 멤브레인에서 90%이상 제거되는 표준 고분자물질의 분자량으로 표시한다. 조작압력은 2~5kg/cm<sup>2</sup> 정도이다

한외여과막의 특성은 세척을 통하여 반복 사용이 가능한 것이며 현미경으로 관찰해도 그 세공을 볼 수 없는 것이 정밀여과막(MF)과 다른 점이다. 또한 일반적으로 비대칭성 구조로 선택분리능을 가진 표면활성층 및 다공성의 지지층으로 구성되어 있다. 공경보다 큰 물질은 필터에 걸려 여과하고 공경보다 작아 막을 통과한 물질은 확산 작용에 의해 제거한다.

☐ 나노여과막 (NF: Nanofiltration Membrane)  
또는 저압역삼투막

나노여과막(NF)의 공경은 0.005~0.001μm로써 체거름 작용과 확산 작용, 즉 삼투현상을 응용한 여과작용을 한다. 제거 대상물질은 분자량 5,000~30만 정도의 세균, 콜로이드, 단백질, 고분자 유기물 등으로 분리 능력 표시는 분획 분자량(MWCO)으로 나타낸다. 조작압력은 5~40kg/cm<sup>2</sup> 정도이다.

나노여과막(NF)의 특성은 분획분자량이 역삼투막(RO)막과 한외여과막(UF)의 중간적 특성을 가진다. 나노여과막은 일부 염을 저지하며, 유기물에 대해서는 분자량 200~500정도의 분획분자량을 가진다. 나노여과란 용어는 이러한 분자량(200~500)이 20Å의 가상 공극을 갖기 때문에 붙여진 명칭으로 주로 2가 이온이나 저분자 물질이 분리대상이다. 조작압력이 높아 경제성이 떨어지는 단점이 있다. 향후 증발법 등에서 스케일을 유발시키는 이온 물질을 제거하기 위한 전처리 등의 사용에 관한 연구가 진행되고 있다.

☐ 역삼투막 (RO: Reverse Osmosis Membrane)

역삼투막(RO)의 공경은 0.001~0.0001μm로써 체거름 작용과 확산 작용에 의한 여과작용을 한다. 삼투현상을 응용한 것으로 제거 대상물질은 무기성 이온류, 저분자 유기물 등으로 분리능력표시는 분획분자량(MWCO)으로 나타내며 조작압력은 40~100kg/cm<sup>2</sup> 정도이다.

역삼투막(RO)의 특성은 이온상태의 물질까지도 분리할 수 있어 주로 해수담수화, 펄프폐액정화, 도금폐수처리 등에 이용되고 있다. 향후 수질오염 및 댐건설 등의 어려움으로 인한 해안지역 등에 광역상수도용 해수담수화 추진 및 심층수 개발에 이용될 수 있으므로 기대된다. 역삼투막의 구멍크기는 수 Å 정도로 알려져 있으며 반투막의 분리크기와 비교하면 분리대상으로 하고 있는 물분자의 크기는 2 Å 정도이고, 식염이온의 크기는 4 Å 정도로 알려져 있다.

멤브레인 종류별 여과대상과 제거분리 성능은 각각 그림 3과 표 1와 같으며, 입경에 따른 제거대상물질, 수질정화처리방법, 멤브레인(분리막)의 종류는 그림 4와 같다.

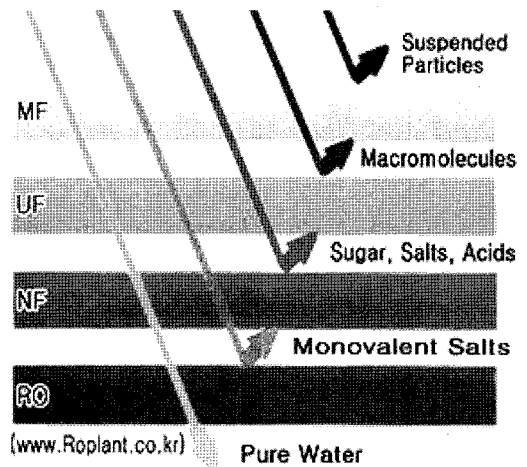


그림 3. 멤브레인 종류별 여과대상

표 1. 멤브레인 종류별 제거분리 성능

구분	분리 대상	멤브레인구조(막형태)	조작압력(MPa)
MF	입자 지름 0.025~10 $\mu$ m	균질막/비대칭막	1Kgf/cm <sup>2</sup> (감압~0.1)
UF	분획분자량 1,000~300,000Da	비대칭막	2~5Kgf/cm <sup>2</sup> (0.2~0.5)
NF	분획분자량 350~1,000Da	복합막	5~40Kgf/cm <sup>2</sup> (0.5~4)
RO	염류~분획분자량 350Da 이하	균질막, 비대칭막, 복합막	40~100Kgf/cm <sup>2</sup> (4~10)

구분	용해성분				현탁입자			
	이온	분자	고분자	미립자	조립자			
입경	0.001 $\mu$ m		0.01 $\mu$ m	0.1 $\mu$ m	1 $\mu$ m	10 $\mu$ m	100 $\mu$ m	1000 $\mu$ m
제거 대상 물질	이온(Ionic) 용해염류(Salt)	바이러스(Viruses)		대장균(Coli) 세균(Bacteria) 조류(Algae), 원생동물	점토(Clay)	실트(Silt)	모래입자(Sand)	
정수처리 방법	재래식처리+고도처리				침전 여과			
분리막 종류	정밀여과막(MF) 한외여과막(UF) 나노여과막(NF) 역삼투막(RO)				www.Roplant.co.kr			

그림 4. 여과스펙트럼

그 외에도 멤브레인은 멤브레인의 성질, 재질 및 모듈 형태에 따라서 여러 형태로 분류된다. 멤브레인 성질에 따라서는 다음과 같이 다양하게 분류할 수 있다.

■ 생체막과 합성막(인공막)

- 생체막: 미생물과 각종 기관의 세포막 등 생체 내에 존재하는 막으로 기능은 분리보다는 물질전달에 관계함.
- 합성막(인공막: Synthetic(Artificial) Membrane):

인공막은 생체막 이외의 모든 막을 일컬으며 실질적인 수처리 용도에 사용되는 통상적인 막을 의미함.

■ 다공질막과 비다공질막

- 다공질막(Porous Membrane): 막에 실제 세공이 많이 있는 막으로 세공의 크기는 수 나노마이크론 이상으로 세공수가 많고(높은 개공율), 균일한 공경을 가진 막이 가치 높음.
- 비다공질막(Non-Porous Membrane): 기체분자와

무기이온 등의 물질이 투과되는 세공경을 가진 막. 다공질막과 비다공질막 중간크기의 세공경을 가진 막은 미다공질막이라 부름.

#### ■ 대칭성막과 비대칭성막

- 대칭성막: 막의 단면을 중심으로 세공이 대칭된 구조를 가지는 막
- 비대칭성막: 막의 단면을 중심으로 표면과 내면이 다른 막으로 특수한 얇은 치밀층(0.1~1 $\mu$ m)과 이것을 지지하는 지지층, 즉 다공질 층으로 형성

#### ■ 단일막과 복합막

- 단일막: 막 재질이 한 종류인 막
- 복합막: 막 재질이 2종류 이상으로 합성되어 만들어진 막. 복합막은 비대칭성막의 일종으로서 분리 기능을 가진 특수한 얇은 치밀층과 재질이 다른 지지층으로 형성.

#### ■ 균질막과 불균질막

- 균질막: 막의 단면이 균질한 막. 대칭막으로서 막이 두꺼워 여과저항이 큼.
- 불균질막: 막의 단면이 균질하지 않은 막. 기계적 강도를 보강하기 위하여 부직포 위에 분리기능을 형성시킨 막

#### ■ 유기막과 무기막

- 유기막: PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PS(Polysulfone), CA(Cellulose Acetate), PAN(Polyacrylonitrile), PA(Polyamide) 등의 고분자 물질로 합성되어진 막. 고분자 물질로 합성되어 있기 때문에 사용되는 재질도 풍부하고 막형태도 다양함.
- 무기막: 세라믹이나 스테인레스 등의 무기물질로 만

들어진 막으로 형태가 한정적이나 내고온성, 내산화성 등이 우수함.

#### ■ 친수성과 소수성막

- 친수성막: 막표면의 물과 친화력을 보이는 소재의 막으로 CA(Cellulose Acetate), PVA(Polyvinylalcohol) 등이 있음.
- 소수성막: 막표면의 물과 친화성이 없는 막, 즉 방수성을 나타내는 막으로 PE(Polyethylene), PP(Polypropylene), PS(Polysulfone) 등이 있으며, 친화성을 위해 화학적 처리가 가능함.

멤브레인 재질에 따라서는 CA(Cellulose Acetate)막(비대칭막(Asymmetric Membrane))과 PA(Polyamide)막(복합막(Composite Membrane))으로 분류되며, 멤브레인 모듈형태에 따라서는 나선형 모듈(Spiral-wound module), 중공사형 모듈(Hollow-Fiber module), 관상형 모듈(Tubular Type module), 평판형 모듈(Plate&Frame type module), 모노리스형 모듈(Monolith type module) 등으로 분류할 수 있다.

## 2.2 멤브레인 여과방식 및 여과공정 제어방식

멤브레인(막) 여과공정에서 운전방식은 유입원수 대부분을 여과하는 전량여과방식(Dead-End Filtration Method)과 막표면에 투과되는 방향과 직각 방향으로 유속을 주어 여과하는 십자흐름여과방식(Cross flow Filtration Method)으로 구분된다(그림 5). 전량여과방식(Dead-End Filtration Method)은 막 표면에 대해 직각흐름을 만들어 종래의 모래여과와 같이 막 공급수의 전량을 여과하는 방식으로 정기적인 세정을 필요로 한다. 공급 원수 전량을 여과시키므로 펌프 용량이 작고 에너지 효율은 양호한 편이다. 그러나 공급 원수 전량을 여과시키므로 막 오염이 빨라 간헐 운전이 적합하며, 적

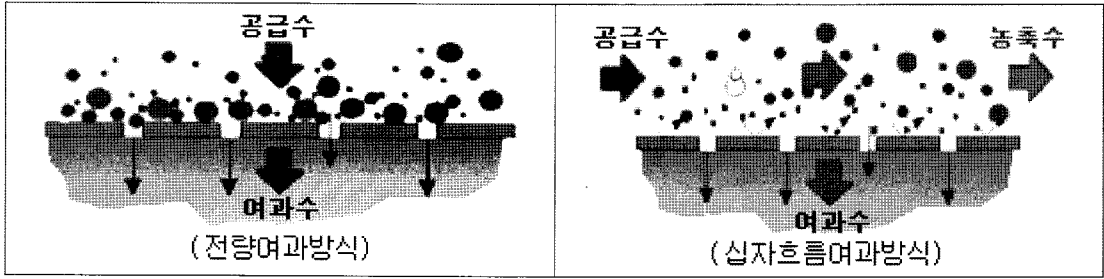


그림 5. 여과방식종류

기세정이 이뤄지지 않을 경우 통상 세정으로 회복 불가능한 경우를 초래하기도 한다.

십자흐름여과방식 (Cross flow Filtration Method)은 막면에 대해 평행한 흐름으로 원수를 공급하여 막 공급수 중의 현탁물질이나 콜로이드가 막면에 퇴적하는 현상을 억제하면서 여과하는 방식으로 막 표면에 축적되는 불순물 양을 제한 할 수 있어 높은 투과수량의 유지가 가능하다. 막면 유속에 의해 여과저항을 일정하게 유지할 수 있어 연속 운전이 적합하다. 그러나 막면 유속유지를 위한 순환량이 많아 펌프 용량은 커지고 효율은 낮아진다.

한편 멤브레인 여과 설비의 운전 제어 방식에는 투과수량을 항상 일정하게 유지하는 정유량 제어방식과 투과 구동압력을 항상 일정하게 유지하는 정압 제어방식이 있다. 정유량 제어방식은 여과유량을 항상 일정하게 유지하는 운전제어방식으로 운전경과시간에 따라 여과저항이 상승되기 때문에 막차압(여과 저항)이 서서히 상승하므로 정량펌프나 유량계 등을 이용하여 여과수량을 일정하게 유지하면서 여과한다. 정압 제어방식은 공급수 압력을 일정하게 유지하여 여과하는 운전 제어 방식으로 운전경과 시간에 따라 여과저항이 상승되기 때문에 막투과 수량이 서서히 감소한다. 정유량 제어방식과 정압 제어방식의 다양한 조정방식은 표2와 표3에 각각 나타낸 바와 같다.

표 2. 정유량 제어방식

조정 방식	운 전 방식
정유량 밸브 방식	여과수 라인에 정유량 밸브를 설치
용적식 펌프 방식	용적식 펌프에 의한 정량 공급
펌프 회전수 제어 방식	원수 또는 여과수 유량을 계측하여 펌프 회전수 제어
조절밸브 제어방식	원수 또는 여과수 유량을 계측하여 펌프 토출측 조절 밸브 제어

표 3. 정압 제어방식

조정 방식	운 전 방식
조절압 탱크 방식	조절압 탱크에 압력 스위치 설치하여 펌프 ON-OFF 제어
수위차 이용 방식	고가수조나 사이폰 등의 수위차를 일정하게 유지하여 정압을 확보
펌프 회전수 제어 방식	펌프 토출측에 압력 스위치를 설치하여 펌프 회전수 제어
감압 밸브 방식	펌프 토출측에 감압밸브 설치하여 정압 확보

### 2.3 멤브레인 설치유형별 특성

멤브레인의 설치는 침지형과 외장형으로 나눌수 있다 (그림 6). 침지형 멤브레인 시스템은 멤브레인을 원수 중에 침적시키고 막에 흡입력을 가하여 여과수만을 흡입 여과하는 형식으로, 막수명이 길고 시스템이 간단하여 공정자동화가 용이하다. 또한 전처리 공정이 불필요하며 세정 주기가 비교적 길고 고농도 및 고점도 용액처리가 가능하다. 외장형 멤브레인 시스템은 멤브레인을

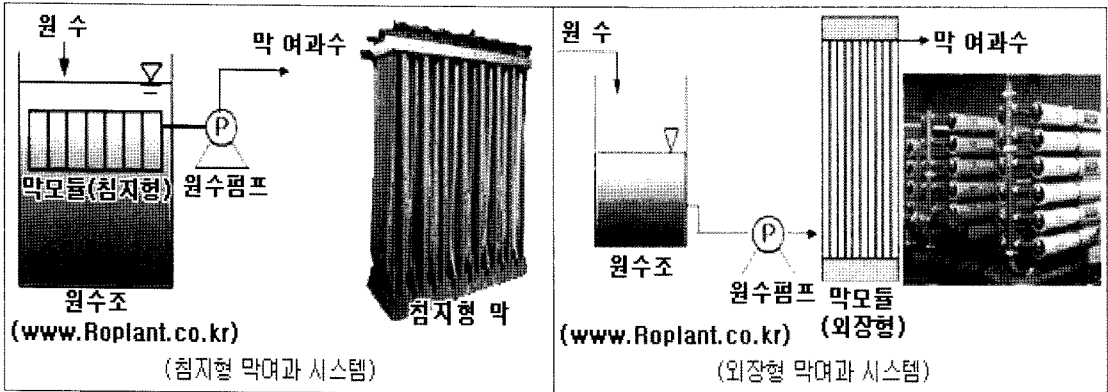


그림 6. 멤브레인 설치유형

압력베셀에 장착하고 원수를 막에 압송시켜서 여과하는 형식으로 대형화가 용이하고 세척이 쉬우며 공정자동화가 용이하나 전처리가 필요하다.

## 2.4 멤브레인 주요설계 항목 및 유지관리사항

### 가. 주요설계항목

멤브레인 여과설비의 설계시 주요 고려사항은 막 투과 플럭스(Flux), 수온, 운전압력 및 회수율 등이 있으며, 막여과 공정의 효율성과 막 성능에 밀접한 관련이 있으므로 충분한 고찰이 필요하다. 설계기준은 운영방식에 따라 서로 달라지는데 정압제어 운전일 경우는 최저 수온일 때의 투과수량을, 정유량제어 운전일 경우는 최저수온일 때의 막 차압을 기준으로 한다.

- 막 투과 플럭스(Flux) : 단위시간, 단위 막 면적당의 투과수량 (즉  $\text{Flux}(\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}) = \text{통과수량}(\text{m}^3/\text{h})/\text{막의 면적}(\text{m}^2)$ ) 임. 막 투과 플럭스의 지배인자는 막의 종류, 수온, 원수 수질 등이 있으며, 수온 영향을 가장 크게 받는다.
- 수 온: 수온에 따라 물의 점성계수가 변화하기 때문에 투과 플럭스에 많은 영향을 준다. 막여과 공정 설

계 시는 연중 최저 수온에서의 생산량과 막의 온도 특성을 충분히 고려해야 한다.

- 운전 압력: 운전압력(막차압)은 이론적으로 투과 플럭스와 비례관계를 가지고 있지만, 현실적으로는 막 차압을 크게 하면 투과 플럭스의 상승 비율이 작아지는 감소 증가 상태를 나타낸다. 막여과 공정 설계시 운전 압력(막차압)을 높게 하면 시설의 크기는 작아지고 투과 플럭스는 커지는 특징이 있다.
- 회수율: 공급수량에 대한 투과수량의 비로, 막 여과법에 있어서 양적인 처리효율을 보여주는 지표임. 즉  $\text{회수율}(\%) = (\text{투과수량}/\text{공급수량}) \times 100$  또는  $(\text{공급수량} - \text{농축수량})/\text{공급수량} \times 100$  이다. 막여과 공정에서 회수율은 막 오염 정도에 큰 영향을 받으며, 막 오염은 원수수질, 투과 플럭스, 세정 정도 등에 따라 달라진다. 해수담수화의 경우 35 ~ 40%, 일반적인 막여과 정수인 경우 90% 이상으로 설계 한다.

### 나. 유지관리사항

멤브레인기법의 적용시 유지관리사항에는 공급수 및 여과 수질, 운전압력 및 멤브레인 전후단의 차압

표 4. 막여과법의 장단점

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 원수에 포함된 일정 크기이상의 현탁 물질을 확실하게 제거할 수 있음.</li> <li>■ 기계적으로 움직이는 부분이 적어 자동화가 간단함.</li> <li>■ 시설 집약적이므로 넓은 면적을 필요로 하지 않음.</li> <li>■ 응집제 없이도 운전이 가능하거나, 필요시에도 소량만 필요로 하여 운전관리가 간단함.</li> <li>■ 공사기간이 오래 소요되지 않음.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 색, 냄새, 맛 등에 관계되는 용해성 물질을 제거하기 위해서는 재래식처리 방법과의 조합이 필요함.</li> <li>■ 막 오염을 방지하기 위해 약품세정이 필요하고, 막의 수명이 짧아 교환비용이 많이 소요됨.</li> <li>■ 건설 및 유지 관리비용이 많이 소요됨</li> <li>■ 고농도의 농축수가 발생하므로 이를 처리하기 위한 시설이 필요함.</li> </ul>

(여과저항), 투과 플럭스, 막모듈의 세정시기, 막모듈의 교환시기 등이 있다. 막분리 수처리 시설을 연속 운전하면 막의 성능 악화와 막 오염(Fouling)이 발생하고, 장기간 사용시 기능 저하, 장기간 사용과 약품 등에 의한 손상으로 인한 막의 성능 악화는 불가역적인 노화로 회복이 불가능 하다. 해수의 경우 오염물질은 용해성 염류 외에 미생물, 점토성 물질 및 콜로이드성 물질 등이 있으며, 칼슘과 마그네슘에 의한 스케일 및 미생물 번식으로 인한 막의 오염이 있다. 물리적 전처리 및 약품을 사용한 화학적 전처리로 오염물질을 제거 또는 억제시켜 막의 오염을 예방한다. 끝으로 막여과법을 이용한 수처리기법의 장단점은 표 4에 나타낸 바와 같다.

### 3. 결론

원수의 성질에 따라 정수처리에 의해 제거되는 오염

물질도 달라진다. 원수에 포함된 오염물질의 성상이나 비율이 각각 다르므로 이에 따라 정수하는 방법도 달라지기 때문이다. 따라서 요구수질별 기준에 부합된 용수공급을 위해서는 원수의 수질에 따라 여러 가지 방법을 적절히 조합시킨 최적의 수처리공정의 선택이 필요하다.

본고에서는 현재 다양한 수질정화분야에 가장 많이 사용되고 있는 수처리기법인 멤브레인 기법에 대하여 종류 및 주요특성, 여과방식 및 공정제어방식, 설치유형별 특성, 주요설계항목 및 유지관리사항에 대하여 각각 알아보았다. 요구수질별 적정 용수공급을 위하여 다른 수처리기법에 비해 보다 다양하게 활용 가능한 멤브레인 기법의 활용도가 앞으로 더 높아질 것으로 기대된다. 현장여건에 맞는 최적의 수처리 공정을 설계하기 위해서는 다양한 수처리기법에 대한 특성 분석 외에도 경제성 분석이 반드시 병행되어야 할 것이다.