

## 멤브레인 필터의 특성과 응용

### The characteristics and application of membrane filters

이 재 근  
J. K. Lee

부산대학교 기계공학부 환경유체연구실



- 1959년생
- 환경유체, 공기청정 시스템 분야에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

기체나 액체 중에 부유하는 입자를 제거 및 분리하는 매체를 필터라 말하며 디스크, 카트리지 형태, 필터케이스, 유량계, 압력 기기 등으로 구성된 여과 공정 시스템을 이용하여 입자분리 또는 제거하고 있다. 그림 1은 입자를 제거하는 여과공정의 개념도를 나타낸 것으로 가압하거나 진공흡입 방법으로 유체를 필터 케이스 내부로 유입시키고 필터케이스에 장착된 필터에 의해 기체나 액체에 부유한 입자를 제거 또는 분리하는 것이다. 필터에 부착 또는 흡착된 입자는 정전기력 또는 분자간의 상호인력에 의해 필터 표면에서 잘 떨어지지 않는다. 널리 이용되고 있는 필터의 종류로는 종이 필터, 멤브레인 필터(membrane filter)와 섬유 필터가 있다.

멤브레인 필터는 미세한 포어(pore)를 이용하여  $0.001\mu\text{m}$  입자 크기까지 제거가 가능하며 초순수 제조, 캐미칼 정제, 정수기, 수질 오염 개선, 미생물학, 제약 및 병원, 음료수 및 주류산업 등에 응용 분야가 다양하다. 본 고에서는 멤브레인 필터의 구조와 기능, 제조방법, 성능평가 기법, 그리고 응용분야에 대해 자세히 기술하고자 한다.

#### 2. 필터의 종류

입자크기에 따라 여과 공정이 달라지므로 입자의 크기와 종류에 대해 먼저 알아보고 그에 해당하는 필터의 종류를 설명하고자 한다. 그림 2는 기체나 액체에 부유하는 입자 종류와 크기를 나타내며 그에 해당하는 여과 방법을 나타낸 것이다. 액체에 부유하는 입자로는 바이러스, 박테리아, 실리카, 금속 이온 등이 있고 기체 중에는  $0.001\sim 100\mu\text{m}$  범위로 다양하다. 일부 큰 미생물 세포는 직경이  $10\mu\text{m}$ 보다 크며, 꽃가루 입자같은 생물 재료는 직경이  $50\mu\text{m}$ 정도이다. 박테리아류는 직경이  $0.1\sim 1.0\mu\text{m}$ , 바이러스는  $0.01\sim 0.1\mu\text{m}$  범위이다. 멤브레인 필터를 이용하여 입자를 제거하기 위한 여과 공정은 미세여과(microfiltration)와 초미세 여과(ultrafiltration)가 있으며, 미세여과는  $0.05\sim 10\mu\text{m}$  크기 범위의 입자를 분리해내는 것인 반면 초미세 여과는  $0.001\sim 0.1\mu\text{m}$  범위의 미립자 및 거대분자를 분리해내는 것이다. 초미세 여과는 화학이나 생화학을 비롯 여러 응용산업에 이르기까지 널리 사용되는 방법이고, 이에 대해 미세 여과는 초순수 제조, 제약 산업 등에서 사용되고 있는 비교적 최근의 방법이다. 작은 미립자를 포함해 이온 크기까지를 분리해

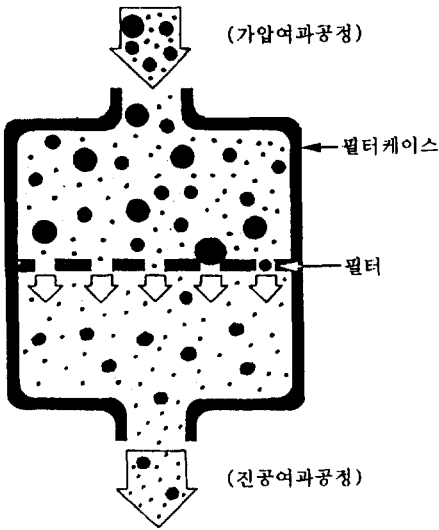


그림 1 여과 공정의 개념도

내는 투석법(dialysis)이 있으며 이를 응용해 투석법을 반대로 행하는 역삼투압방식(reverse osmosis)도 있다.

기체나 액체 정화용으로 사용되는 필터로는 그림 3에서와 같이 섬유 필터, 맴브레인 필터, 뉴클리어포어 필터(nuclepore filter) 등 3가지 주요 형태가 있다. 섬유 필터는 그림 3(a)과 같이 종이나 석면, 유리 섬유 등의 섬유질이 불규칙적으로 배열된 구조로서 필터 구조의 가운데를 통해 꼬여진 입자 통로가 형성되기 때문에 입자의 확산운동, 관성 충돌, 간섭, 정전기력 등의 원리로 여과 작용을 할 수 있다. 섬유 필터는 종이, 석면, 유리 섬유, 모피, 비단, 모직, 삼, 마, 아마사, 금속, 나일론, 폴리에스터, 아세테이트, 레이온, 탄소, 세라믹, 석영, 고무 등으로 만든다. 때로는 플라스틱 접착제나 아교등이 섬유를 엮는데 사용되고, 원형 매트나 시트 혹은 카트리지로 만들기 위해 가압되기도 한다. 박테리아나 바이러스

주: 1 $\mu$ m = 10,000Angstrom

크기 ( $\mu$ m)	0.001	0.01	0.1	1	10	100
	X선		자외선	가시광선		적외선
하이드로졸	금속이온	바이러스		박테리아		원생동물
		콜로이드 실리카		페인트 입자		
에어로졸		담배입자		석탄입자		꽃가루
		연소성입자				모래
						머리카락
						대기분진
여과공정	투석법 역삼투압법			미세여과공정		
		초미세여과공정				일반필터공정

그림 2 액체나 기체에 존재하는 입자 크기, 종류, 여과공정(Lee, 1992)

스같은 입자를 제거하기 위해 섬유 필터를 사용할 수 있지만 완전히 여과할 수는 없다.

멤브레인 필터는 매우 얇은 두께(0.2mm 이하)로 이루어져 있으며 미세 포어들이 서로 연결되어 있는 구조로 그림 3(b)와 같다. 다공성은 80% 정도이며 최소 포어 크기는  $0.025\mu\text{m}$  정도이며 필터 효율은 포어 직경과 같은 크기의 입자를 99.99999% 까지 여과할 수 있어 초순수 기체

및 액체의 생산이 가능하다. 필터 재질은 주로 폴리머 재질을 사용하며, 셀룰로즈, 비닐, 나일론, PTFE, PVDF, 소결 금속 등이며 디스크, 카트리지, 시스템 형태로 상업화되어 있다. 뉴클리어 포어 필터는 그림 3(c)와 같이 분자크기의 포어가 밀집된 폴리머 박막으로 이루어져 있다. 입자제거 원리는 섬유 필터의 경우와 매우 유사하나 표면에 대부분의 입자가 여과되는 캐이크 여과 특성이 뛰어나다.

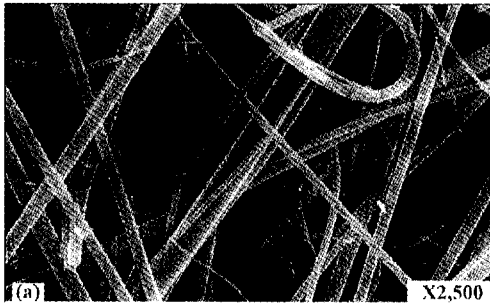
유리섬유, 석면, 종이로 만든 섬유 필터와 콜로이드 폴리머 재질로 만든 멤브레인 필터의 주요 특성을 표1에서 비교하였다. 이와 같이 섬유 필터로 여과되는 대부분의 입자들은 표면이 아니라 미로와 같은 채널 내부에 입자들이 필터 섬유에 부착되지만, 멤브레인 필터의 경우 대부분의 입자들은 표면에서 입자들이 여과되고 내부를 관통하는 입자들은 거의 없다. 따라서, 섬유 필터에 의해 여과된 입자들은 필터 내부에서 유실되므로 여과된 입자들을 관측하거나 수거할 수 없지만, 멤브레인 필터에 의해 여과된 입자들은 주로 필터 표면에서 여과되므로 여과된 입자들을 분석하거나 연구할 수 있다. 그러나, 섬유 필터는 높은 유량에서 막힘이 없으므로 주로 정화용이나 큰 입자의 제거에 사용되고, 멤브레인 필터는 쉽게 막히므로 비교적 적은 유량에서 주로 작은 입자를 제거하는데 사용한다.

그림 4는 섬유 필터, 멤브레인 필터, 뉴클리어 포어 멤브레인 필터의 입자 크기에 따른 여과 특성을 나타낸다. 뉴클리어포어 필터는 크기 분별력이 뛰어난 여과특성을 보여주나 여과 처리 용량이 떨어지고, 섬유 필터는 여과 크기 분별력 면에서 다소 떨어지나 처리 용량이 뛰어나다. 멤브레인 필터의 미세한 포어 크기를 이용할 때 여과 특성이 양호하고 여과 처리 능력을 크게 할 수 있다.

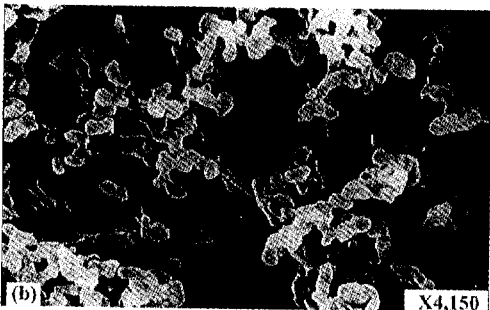
### 3. 멤브레인 필터의 구조 및 제조

#### 3.1 멤브레인 필터의 구조

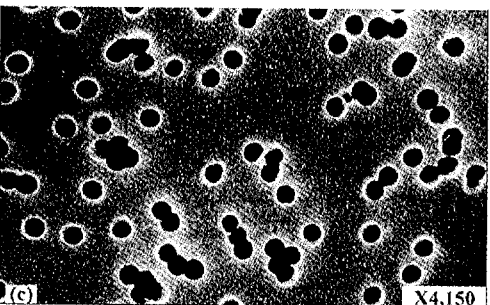
멤브레인 필터는 0.2mm 두께의 매우 얇은 막으로  $0.1\sim 10\mu\text{m}$  범위의 미세 포어들로 구성되어



(a) 섬유필터



(b) 멤브레인 필터



(c) 뉴클리어포어 멤브레인 필터

그림 3 여러 종류의 필터 전자현미경 사진

표 1 멤브레인 필터와 섬유 필터의 특성 비교

멤브레인 필터	섬유 필터
평균 pore 크기 이상의 입자 모두 제거	초기효율을 %로 표시
규칙적인 pore 배열	불규칙한 fiber matrix
대부분의 입자가 필터 표면에 부착	filter matrix 내부에 입자 포집
입자포집 능력의 한계성이 있음	입자 포집 능력이 뛰어남
bubble point로 integrity test 가능	bubble point test 불가능
fiber 누출이 없음	fiber 누출
130°C 까지 안정성	500°C 까지 안정성
유기성 용제 (solvents)에 민감	유기성 용제 (solvents)에도 사용가능
microorganisms 포집 가능	microorganisms 포집이 어려움
pore size 한계 : 0.05 $\mu$ m	retention rating 한계 : 0.7 $\mu$ m

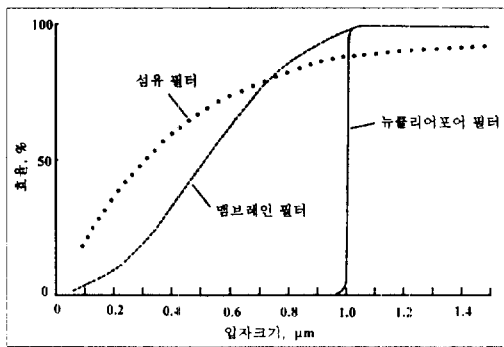
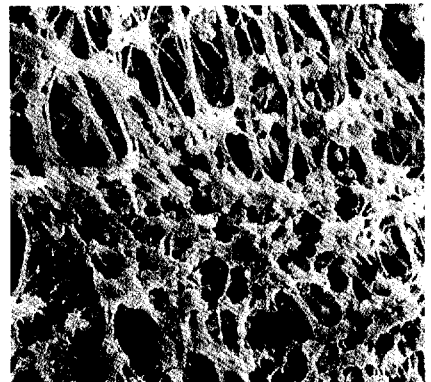
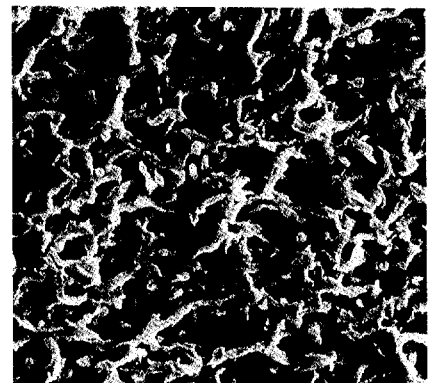


그림 4 섬유, 멤브레인, 뉴클리어포어 필터의 여과 특성



(a) PTFE 멤브레인 필터 X 5,000



(b) PVDF 멤브레인 필터 X 5,000

있으며, 80% 정도의 필터 다공성을 지닌 폴리머 재질로 필터 효율은 포어 직경과 같은 크기의 입자를 99,999,999%까지 여과할 수 있어 초순수 기체 및 액체의 생산이 가능하다. 그림 5(a)는 인장(stretching) 방법으로 제조된 PTFE 멤브레인 필터 사진이고 그림 5(b)는 캐스팅(casting) 방법으로 제조된 PVDF 멤브레인 필터 표면의 전자현미경 사진이다. 표면에 불규칙 형태의 포어들이 존재하지만 큰 크기의 포어라고 해서 단면을 관통하는 것이 아니고 크고 작은 꼬불꼬불한 포어들이 서로 연결되어 구성되어 있다. 필터 표면의 구조는 필터 내부 구조와는 다소 다른 구조를 갖고 있으며 이는 필터 제조 방법 때문이다. Kesting(1971)은 멤브레인 필터를 “벽

그림 5 PTFE와 PVDF 멤브레인 필터의 전자현미경 사진

이 갈라져서 생긴 발포된 열여있는 조직이 밀집되어 있는 시스템이고, 삼차원 공간에 긴 호스로 연결된 골이 산재되어 있는 세포 조직을 고정시킨 것과 같다”고 묘사하였다. 따라서 포어는 원형이라기보다는 갈라진 틈과 같으므로, 포어의 직경은 여과되는 입자의 크기와 관련이 적으나 포어 크기 분포 특성은 여과 성능과 포집할 수 있는 입자 크기에 크게 영향이 있다(Lee, 1992).

### 3.2 멤브레인 필터 제조

멤브레인 필터의 제조 방법은 소결(sintering), 캐스팅(casting), 인장(stretching), 에칭(etching) 등이 있다. 캐스팅 방법은 그림 6과 같이 폴리머 재질의 필터 재질 용액에 포어 형성을

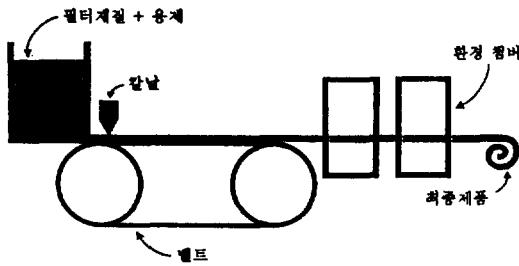


그림 6 캐스팅 방법에 의한 멤브레인 필터 제조 방법

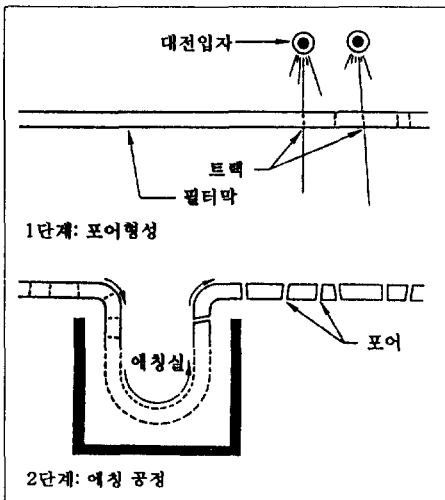


그림 7 뉴클리어포어 멤브레인 필터 제조 기법

위한 물질인 용제를 혼합하여 칼날로 얇게 자르고 벨트로 막을 이동시키면서 용제를 증발시켜 미세 포어를 만드는 방법이다. 스트래칭 방법은 테플론이나 폴리프로필렌 막을 사방으로 잡아당겨 만든 멤브레인 필터이다. 뉴클리어포어 멤브레인 필터를 제조하는 방법은 그림 7과 같이 2단계로 이루어져 있다. 첫단계에서는 핵반응 장치에서 대전된 방사능 입자를 폴리카보네이트 박막에 평행하게 투사시켜 방사능 입자가 통과한 자리에 감광 작용을 하여 흔적을 남기고, 두번째 단계에서 감광된 흔적을 에칭시켜 균일한 원통형 포어를 생성한다. 이 과정에서 포어의 밀도는 첫번째 단계의 방사능 조사 장치 내부 잔류 시간에 의해 정해지고, 포어의 크기는 두번째 단계에서의 에칭 시간에 따라 결정된다.

멤브레인 필터 제조 방법은 회사마다의 핵심 요소 기술로 취급된다. 멤브레인 필터 및 제품을 생산하기 위해 필요한 기술적 사항은 (1) 멤브레인 포어 형성 기술, (2) 필터 여체 개발 및 양산성, (3) 열유동 특성 해석, (4) 필터 성능 및 수명 평가, (5) 프레임, 접착제 및 세퍼레이터류 개발, (6) 카트리지, 케이스 설계 기술 등으로 분류할 수 있다.

### 4. 멤브레인 필터의 특성

멤브레인 필터는 여과 효율이 중요하지만 여과 처리 용량, 막힘 현상, 압력강하 등이 필터 선정에 크게 영향을 주고 그러한 필터 특성은 포어 크기 분포에 따라 결정된다. 주요 특성으로는 다공성(porosity), 친수성, 이방성, 정전기, 굴절지수 등이 있다. 필터에서 다공성은 내부의 공백이 차지하는 양을 나타내는 필터의 개방 정도를 나타내며 대부분의 크고 작은 포어들은 서로 연결되어 있다. 필터의 다공성으로 필터의 압력손실을 대략적으로 평가하여 보면, 대부분의 멤브레인 필터는 약 80%의 다공성을 가지므로 유량이 크고 압력 손실이 적을 것이라고 평가할 수 있다. 멤브레인 표면의 단위 면적당 포어의 개수를 포어 밀도라고 하는데, 일반적인 상용 필터는 단위 cm<sup>2</sup>의 면적당 약 10<sup>8</sup>~10<sup>9</sup>개의 포어 밀도를

가진다. 제작사에서 제시하는 포어의 직경은 직접 전자 현미경으로 측정된 자료가 아니라 다음 절에 설명될 수는 투과법과 공기 다공성 측정법에 의한 자료로써 평균값으로 제시되며, 이 평균값은 일정한 범위를 가지게 된다. 이러한 포어의 크기와 다공성의 차이점은 다공성은 멤브레인 필터의 개방정도를 나타내는 것으로 포어의 체적을 정량적으로 나타내지만, 포어의 크기는 포어 개개의 크기를 나타내는 것이다.

필터를 사용함에 있어 또다른 중요한 특성으로는 필터의 친수성이 있다. 필터는 셀룰로즈 에스터나 플라스틱 재질로 만들기 때문에 재료의 고유 특성상 소수성이 강하다. 그러나 필터를 제작할 때 친수 매개물을 첨가하면 필터가 친수성을 띄게 할 수 있다. 높은 압력을 사용할 때는 소수성이 강한 필터라도 액체가 멤브레인 필터로 주입할 수 있지만 포어 크기가 1 $\mu$ m 이하일 때는 비실용적으로 압력이 높아져야 하므로, 친수성이 강한 필터를 사용하면 쉽게 액체를 주입할 수 있다.

필터는 전체가 등방성이거나 이방성 구조를 가지고 있다. 일부 이방성 필터는 제조 과정에서 노출된 표면과 캐스팅 받침에 접촉하고 있는 표면이 서로 환경에서 제조되므로 필터의 상하 표면이 다른 포어 형상으로 생성된다. 대부분의 멤브레인 필터 한면은 광택이 나는데 이것은 캐스팅 과정 중에 공기중에 노출된 표면으로 필터의

상류면으로 하는 것이 바람직하다. 어떤 필터는 필터의 여과성능이나 다른 특성을 향상시키기 위하여 그림 8과 같이 이방성을 증가시킨 초미세 여과용 멤브레인 필터도 있으며 외부에서 내부로 유체가 흐른다. 예를 들면, 수질 오염 분석에 사용하는 밀리포어 필터 형의 HC 필터는 내부보다 표면에 구멍이 더 많은데, 이것은 박테리아들이 여과되기 전에 필터내부로 약간 관통하도록 한다. 대장균 검사에서 이러한 필터를 사용하는 데, 이것은 부분적으로 필터에 묻혀 있는 박테리아들이 건조하거나 다른 유해한 요소들이 존재하는 필터 표면보다 그들이 배양된 조건과 좀 더 유사하기 때문이다.

대부분의 여과과정에서 건조할 때 필터의 정전기 값은 300V 정도까지 음으로 대전되어 있다. 이러한 대전은 필터 무게 측정시 오차를 유발할 수 있어 방사선형 정전 제거기에서 나오는  $\alpha$ 방사선으로 제거될 수 있다. 필터의 중요한 다른 특성으로는 필터의 굴절지수가 있다. 멤브레인 필터의 환부분은 필터를 통과한 빛이 포어 속의 공기와 폴리머 매트릭스간의 높은 굴절률의 차이 때문에 산란되어 나타나는 것이다. 셀룰로즈 니트레이트 필터의 굴절지수는 1.51이고, 셀룰로즈 아세타이트 필터의 경우는 1.47이다. 건조한 필터에 파라핀이나 현미경 침투 오일과 같은 기름으로 공백을 채우면 필터는 투명하게 된다.

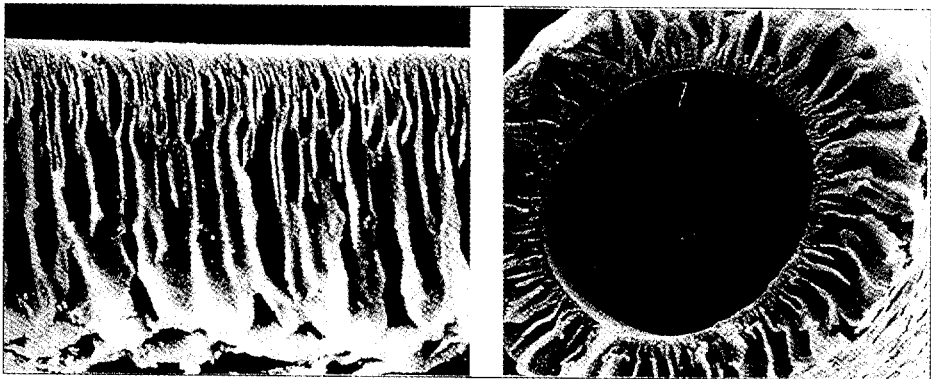


그림 8 이방성 구조를 지닌 멤브레인 필터

### 5. 멤브레인 필터 성능 평가법

필터에서 포어의 크기 분포는 입자 제거 능력에 직접적인 관련이 있으므로 필터 성능을 포어 분포 특성으로 나타내며 주로 공칭 등급(nominal) 또는 절대 등급(absolute)으로 나타낸다. 공칭 비율은 여과된 입자 크기의 98%에 해당하는 값이다. 이것은 입자가 관성, 간섭, 정전기 특성에 의해 흡착되거나 표면에서 일어나는 여러 가지 현상 때문에 여과되는 입자의 크기가 필터의 포어 크기보다 작다. 따라서 공칭 여과 효율은 유량이나 압력차, 입자 농도, 제타 포텐셜 같은 필터 표면으로 흡착되는 현상에 의존한다. 반면, 절대 여과 효율은 체거름에 의한 입자포집 원리와 유사한 것으로 여과 효율이 거의 100%이며 입자가 모두 제거되는 것을 의미한다. 예를

들면, 0.2 $\mu\text{m}$  절대 등급 필터란  $\text{cm}^2$ 당 0.2 $\mu\text{m}$  크기의 박테리아가 99.9999% 이상 여과된다는 것을 의미한다(Brock, 1983). 멤브레인 필터는 협소한 포어 크기분포를 가지므로 주로 절대 등급 필터로 분류한다. 그림 9는 멤브레인 필터의 포집 효율을 입자 크기별로 나타낸 것으로 작은 입자는 확산운동력으로 큰 입자는 관성력과 간섭 현상으로 제거되지만 0.1 $\mu\text{m}$  범위의 입자는 잘 제거되지 않고 투과한다(Rubow 등, 1981).

멤브레인 필터의 포어 크기 분포는 크고 작은 포어가 꼬인 상태로 불규칙하게 분산되어 서로 연결되어 있기 때문에 확실한 측정법은 없다. 실제 포어 분포에 근접하게 측정할 수 있는 방법은 현미경 분석법, 수은 투과법, 공기 다공성 측정법(air flow porosimetry), 입자 평가법 등이 있다(Poreter, 1990; Brock, 1983). 멤브레인 필터의 표면 포어 크기를 전자현미경으로 측정하는 방법은 용이하지만 꼬여있는 내부 구조에 대한 분석은 어렵다. 수은 투과법은 포어 크기 분포를 보다 정확하게 측정할 수 있는 방법으로 현재 널리 사용되고 있다. 이 방법은 모세관현상과 표면 장력을 이용한 것으로 압력은 표면장력에 비례하고 포어 직경에 반비례한다. 대체로 압력이 증가하면 증가할수록 수은은 멤브레인의 작은 포어에 큰 힘을 가한다. 각 압력에서 멤브레인의 포어에 가하는 수은의 누적 체적이 밝혀지고 이것은 포어 크기 분포 데이터로 바뀌지게 된다. 하지만, 수은 투과법이 포어 크기 분포를 나타낼 수 있어도 멤브레인 필터가 높은 압력에 포어 크기나 구조가 바뀌는 경향이 있어 최근 공기 다공성 측정법이나 입자 평가법이 널리 시도되고 있다.

공기 다공성 측정법은 멤브레인 필터의 기포 측정법(bubble point test)과 평균 유동에 해당하는 포어 크기 측정이 가능하며 또한 필터 누설 탐지로 불량상태도 파악할 수 있어 현재 멤브레인 필터의 중요 성능 평가에 이용되고 있다. 기포 측정법은 쉽고 정확하게 간단한 장치를 가지고 반복될 수 있는 공업 표준 시험법으로 필터 상류에 기체를 가압하여 하류에있는 액체에 기포를 발생시켜 압력과의 상관관계식을 풀어 포어 분포를 구한다(ASTM F316-86). 기포 측정법은

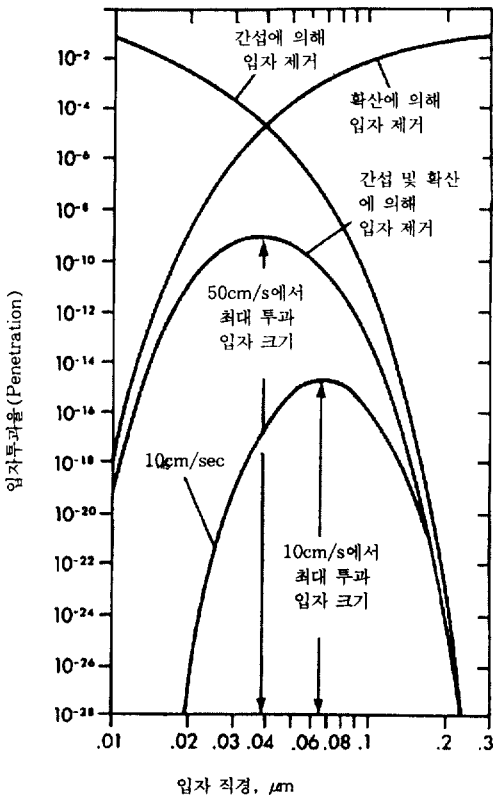


그림 9 멤브레인 필터의 포집 효율(Rubow et al., 1981)

라텍스 입자와 박테리아를 이용한 신뢰성 있는 다른 여과 실험과 상관관계를 가질 때 보다 큰 의미가 있다.

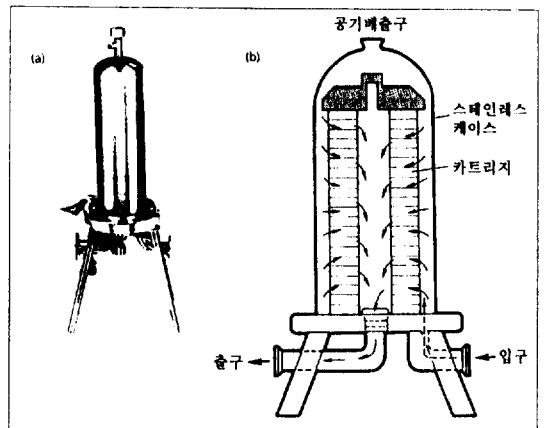
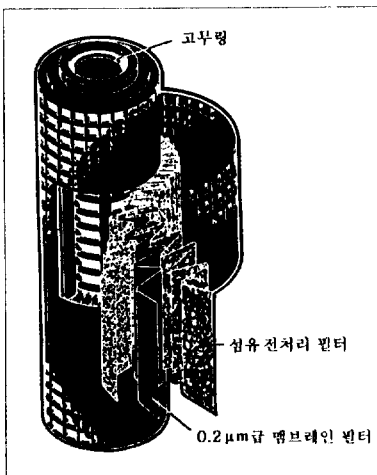
입자 평가법(particle challenge test)은 멤브레인의 유기물이나 라텍스 입자와 같은 특정 입자의 100% 여과 능력을 평가하는 것으로 가장 확실한 방법이다. 예를 들면, 0.22 $\mu\text{m}$  비율의 멸균 등급의 멤브레인 필터는 0.22 $\mu\text{m}$ 의 직경을 가질 것이라고 여겨지는 유기물인 *pseudomonas diminuta* 박테리아의 99.999999%의 여과에 바탕을 두고 이르는 것이다. 유사하게 *serratia marcescens* 박테리아는 0.45 $\mu\text{m}$  등급의 필터 평가에 사용된다(Porter, 1990). 0.342 $\mu\text{m}$  PSL 입자가 0.2 $\mu\text{m}$  등급 필터를 통과할 수 있으므로 입자 크기와 필터 등급에 대한 연구가 필요하다(Lee, 1992).

### 6. 응용분야

멤브레인 필터는 디스크나 카트리지 형태로 상품화되어 있으며 주된 응용분야로는 (1) 반도체 공정이나 TFT-LCD 공정에 사용되는 초순수 기체 및 캐미칼 정제용, (2) 정수기 및 수질 오염 제거용, (3) 미생물학에서 입자, 미생물 포집용, (4) 제약 및 병원, (5) 식품, 음료수, 주류 산

업, (6) 대기오염 제거용 등이 있으며 수요가 급증하리라 예측된다.

그림 10은 카트리지 필터의 구조를 나타내며 유체 흐름은 바깥쪽에서 내부로 흐르면서 절곡된 필터에 의해 입자가 분리된다. 카트리지 필터를 만들기 위해서 넓은 멤브레인 필터를 글리세롤 같은 약품으로 적셔 유연하게 만든 후 주름지게 만든다. 그런다음 주름진 멤브레인 필터를 홈이 있는 플라스틱 원통에 고정시키고 보호관을 씌워 멤브레인 필터를 수지 접착제로 필터 상단과 하단이 마개에 접합시키고 마개를 덮어서 제작한다. 경우에 따라 같이 여과 성능을 높이고, 입자 묻힘을 없애기 위해 카트리지 필터 주위에 주름진 전처리 필터를 넣고 내부에 멤브레인 필터를 넣어서 만들어 신뢰성 향상과 막힘 현상을 줄일 수 있다. 카트리지 필터는 필터 처리 용량이 400리터 이상되는 여과 고정에 사용되고, 디스크 필터보다 상당히 높은 압력차에서 사용되어진다. 카트리지는 일반적으로 스테인리스 스틸 재질의 카트리지 하우징 내에 가스킷이나 고무링으로 고정된다(그림 11). 일반적으로 카트리지 필터 제품 사양에 카트리지의 유효 여과 면적, 포어 크기와 온도, 압력차 등의 운용조건이 명기되어 있다. 카트리지가 필터성능을 만족하는지를



(a) 스테인레스 케이스  
(b) 카트리지 케이스에 설치된 카트리지의 구조도

그림 11 카트리지 하우징에 설치된 카트리지의 모습(Brock, 1983)

그림 10 카트리지 필터의 구조(Brock, 1983)



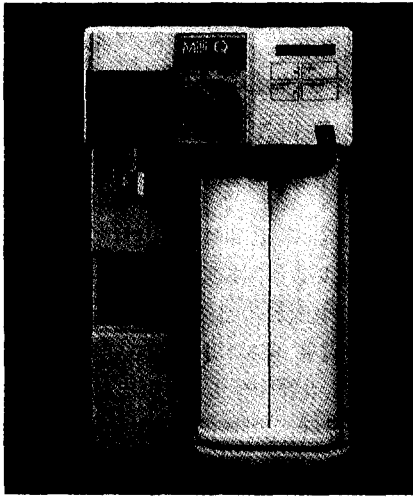


그림 12 카트리지 멤브레인 필터를 이용한 초순수 제조용 정수기(Millipore 카탈로그)

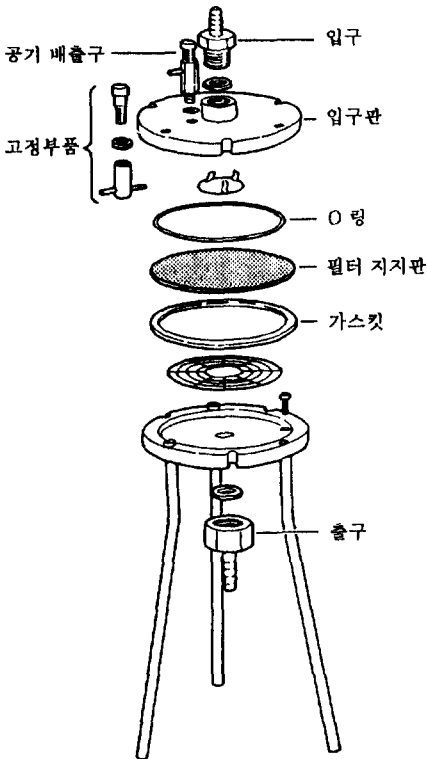


그림 13 멤브레인 평면 필터를 사용한 고압력용 필터시스템(Brock, 1983)

알아보기 위해 기포 측정 시험을 반드시 실행해야 한다.

그림 12은 카트리지 멤브레인 필터를 사용하여 시판되고 있는 초순수 제조용 정수기이다. 필터의 재질은 폴리프로필렌을 사용하였고 하우징은 316-스테인레스 스틸로 구성되어 있다. 그림 12는 일반적인 고압력용 필터 시스템에 사용되는 디스크 필터를 나타낸 것이다. 이 장치는 압력차가 조심스럽게 제어되어야 하는 공정에서 처리 용량이 큰 물질을 여과할 때 주로 사용한다. 고압력용 필터 시스템은 진공 여과에서 발생하는 포말이 압력 여과에서는 발생하지 않으므로 조직 배양물과 같은 유기성 물질의 여과에 적당하다. 또한, 기밀이 유지되고 진공으로 발생하는 기포 발생이 억제되기 때문에, 압력 필터 여과는 화기성 액체를 안전하게 취급할 수 있다. 여과될 액체는 일반적으로 입구와 출구를 갖춘 압력 용기에 저장되고, 압력은 펌프나 압축 공기, 질소같은 비활성 가스로부터 발생된다. 압력 용기의 출구는 공기 여과 장치의 출구부의 수용 용기와 연결되어 있다. 압력의 파동이 여과 공정 중에 발생되어 시스템 하류부에 순간 진공을 만들어지면 외부의 공기가 시스템 안으로 역류를 일으키는 것을 방지하기 위해 이러한 여과장치를 사용하고 있다.

### 7. 맺음말

멤브레인 필터는 0.2mm 두께의 매우 얇은 막으로 0.1~10 $\mu$ m 범위의 미세 포어들로 구성되어 있으며, 80% 정도의 필터 다공성을 지닌 폴리머 재질로 필터 효율은 포어 직경과 같은 크기의 입자를 99.99999%까지 여과할 수 있어 초순수 기체 및 액체의 생산이 가능하다. 멤브레인 필터의 제조는 캐스팅, 인장, 에칭 등의 방법으로 제조하며 주요 제조 공정이나 평가 기술이 잘 알려지지 않고 있다. 멤브레인 필터의 주요 특성은 다공성, 친수성, 이방성, 정전기, 굴절 지수 등이 있으며 포어 분포 특성이 필터 성능에 가장 중요하며 주요 평가법으로는 수은 투과법, 입자 평가법, 공기 다공성 측정법 등이 있다. 공기 다

공성 측정법은 멤브레인 필터의 기표 측정법과 평균 유동에 해당하는 포어 크기 측정이 가능하며 또한 필터의 누설 탐지도 할 수 있어 현재 멤브레인 필터의 중요 성능 평가에 이용되고 있다.

멤브레인 필터를 이용한 제품으로는 평판형 또는 카트리지형태로 상용화되어 있고, 반도체 공정에서 초순수 기체 및 캐미칼 정제용이나, 정수기 및 수질 오염 제거용, 미생물학에서 입자, 미생물 포집용, 제약 및 병원에서의 살균용, 대기 오염 제거용 등으로 다방면에서 응용되어 사용되고 있으므로 그 수요가 급증하리라 예상된다. 현재 국내 사용되고 있는 멤브레인 관련 제품은 전량 수입에 의존하고 있어 멤브레인 필터에 대한 기술적 개발이 절실히 요구된다.

#### 참 고 문 헌

1. ASTM Designation F316-86, 1986, "Standard Test Methods for Pore Size Characteristics of Membrane Filters by Bubble Point and Mean Flow Pore Test".
2. Brock, T. D., 1983, Membrane filtration : A User's Guide and Reference Manual, Science Tech, INC. Madision, WI, USA.
3. Kesting, R. E., 1971, Synthetic Polymeric Membranes, McGraw-Hill, New York.
4. Lee, J. K., 1992, "Particulate Retention by Microporous Membrane Filters in Liquid Filtration", Ph. D. Dissertation, University of Minnesota, Dept. of Mechanical Engineering.
5. Porter, M. C., 1990, "Microfiltration", Handbook of Industrial Membrane Technology, Edited by M. C. Porter, Noyes Pub., Park Ridge, NJ, U. S. A.
6. Rubow, K. L., 1988, B. Y. H. Liu, and D. C. Grant, "Characteristics of Ultra-High Efficiency Membrane Filters in Gas Applications", The Journal of Environmental Sciences, pp. 26~30, May/June.

1. ASTM Designation F316-86, 1986, "Standard Test Methods for Pore Size Characteristics of Membrane Filters by Bubble