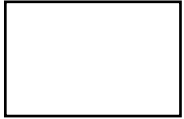


19. 막 분 리



막분리 : 기체나 액체의 혼합물 중에서 목적물만을 막(membrane)으로써 성분에 따른 막 통과속도의 차이를 이용하여 선택적으로 분리하여 얻어내는 방법

막 : 다공질 유리나 소결 금속 등 단단한 물질의 박층, 특정 분자의 투과도가 커지도록 조제한 합성고분자의 유연한 필름 => 2개의 3차원 균일상을 분리시키고 있는 상(phase)으로, 상의 물리화학적 성질에 의해 물질 및 에너지의 교환속도가 좌우되는 제3의 상.

19-1 막분리 현상

19-1-1 막분리 추진력

막분리속도의 요인

- ① 막의 물리화학적 특성,
- ② 분리 대상 물질의 물리화학적 특성,
- ③ 물질의 이동을 조절하는 압력차, 농도차 및 전위차 등의 추진력

막분리의원리 : 이동현상의 저항이 총집중되어 있는 막의 저항은 물질에 따라 선택적으로 다르므로 물질에 따라 막을 통한 이동속도가 다르게 되어 물질의 분리가 일어난다

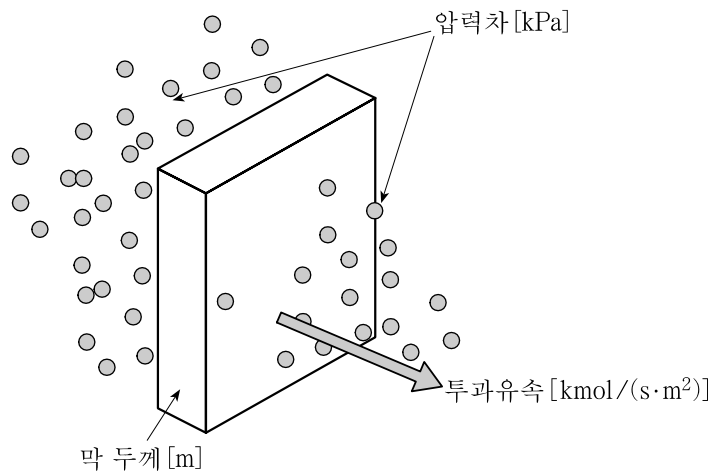


그림 19-1 투과모델

19-2 막의 분류

19-2-1 막의 구조에 따른 분류

표 19-1 막의 구조에 따른 분류

다공막	공경이 0.1~10 μ m로 매우 크고 주로 거대분자, 콜로이드 및 미세입자 등을 분리. 이온이나 물과 같은 용매는 쉽게 통과.
미세다공막	공경 50~500Å 정도로 고분자 사슬의 크기에 준하는 막으로서 주로 유기화합물, 고분자 등이나 Knudsen 흐름에 의한 기체분리에 사용
균질막	막구성물질의 분자간격 정도만이 존재하는 균질한 막으로서 이온의 95% 이상이 분리되는 역삼투막, 기체분자 등이 용해되어 확산되는 고분자막, 금속막 등이 이에 속함.

19-2-2 막분리법의 종류와 범위

기체분리 : 다공질 또는 비다공질 막을 이용한 기체 혼합물의 분리

액체분리 : 투과증발, 역삼투, 투석 등 액체 혼합물에 의한 공정

표 19-2 막분리의 종류

종류	응용분야	추진력	막투과물질	잔류물질
정밀여과막	용액 중의 부유물 분리 공기 중 분진분리	압력차 0.05~2 kg/cm ²	물·용제	부유물
한외여과막	수용액 중 유기물 분리	압력차 0.5~10 kg/cm ²	물 저분자 유기물	현탁물질 콜로이드 고분자 유기물
역삼투막	해수 중 염분리 수용액 중 이온분리	압력차 10~70 kg/cm ²	물	염이온
기체분리막	공기 중 질소/산소 분리	압력차·농도차	산소	질소
투과증발막	공비혼합물 분리	압력차	에탄올	물
이온교환막				
투석	인공신장	농도차	요소	단백질·세포
전기투석	염수를 담수화	전위차	양이온 음이온	물

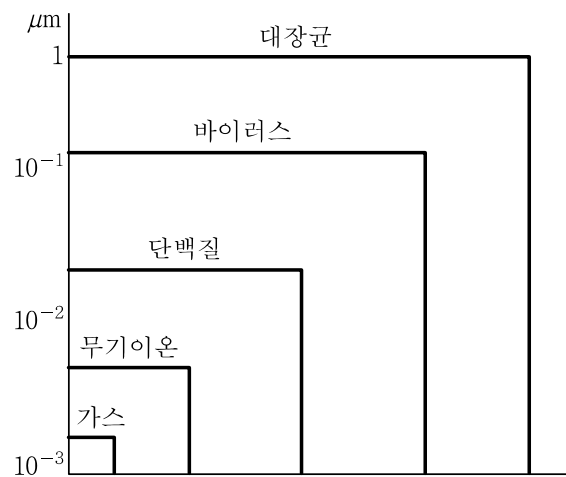


그림 19-2 막분리의 적용범위

19-2-3 막의 재질

막재질 : 유기 및 무기고분자가 사용되고 있으며 주로 유기고분자 재료가 사용 => 가능한 한 막을 얇게 만들어야 하는데 기체 분리공정은 압력차 1~20atm에서 조작하므로 압력에 견딜 수 있으면서 기체 흐름에 저항이 거의 없는 다공질 구조물(porous substructure)로 얇은 막을 지지하며, 받침물(support)은 막의 일부가 되도록 다공질 세라믹, 금속 또는 고분자로 만들며, 세공도가 50% 이상인 것으로 함

표 19-3 막의 재질

막 재 질	이 용 분 야
polypropylene	정밀여과
polysulfon 계	한외여과, 기체분리
polyimide 계	기체분리
polyamide 계	역삼투
polyacrylonitrile	한외여과
cellulose 계	정밀여과, 한외여과, 역삼투

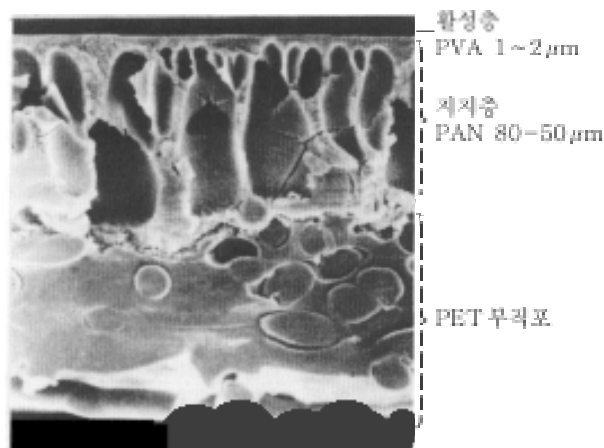


그림 19-3 막의 재질과 구조

비대칭막 : 한쪽이얇은 중질층(표피)이고 나머지 부분은 고도의 다공질부분 구조(그림 19-3).

19-2-4 막의 형태에 의한 분류

모듈(module) : 막은 단독으로는 사용되기 어렵고 분리공정에 이용할 수 있도록 장치화하여 사용하게 되며, 이렇게 막을 삽입하여 장치화한 설비

표 19-4 막모듈의 종류와 적용 예

막모듈의 종류	주이용분야
평판형 모듈 (plate-and-frame module)	정밀여과, 한외여과
관형 모듈 (tubular module)	한외여과
중공사막 모듈 (hollow fiber module)	한외여과, 기체분리
나권형 모듈 (spiral-wound module)	역삼투

19-2-5 막의 물성에 의한 분류

① 세포막(biological membrane) : 생물체의 생존을 위한 생체 내에서의 물질대사를 조절하는 막(적혈구막, 폐막, 신장막).

② 인조막(synthetic membrane) : 인공적으로 제조한 막

19-3 막분리 조작

19-3-1 역삼투

【1】역삼투란

삼투(osmosis) : 염수와 담수 같이 농도차가 있는 용액을 반투막으로 분리해 놓고 일정 시간이 지나면 저농도 용액의 물이 고농도쪽으로 이동하여 수위에 차이가 나는 현상 => 발생하는 수위의 차이는 삼투압

역삼투(reverse osmosis) : 고농도 용액에 삼투압 이상의 압력을 가하면 저농도 용액쪽으로 물이 이동하게 되는 현상

표 19-5 역삼투 막분리의 용도

분 야	용 도
순수제조	담수화, 용수의 전처리, 탈염, 초순수제조
낙농·수산·축산	락토오스 회수, 어육가공배수로부터 아미노산의 분리·농축
식품가공	대두 웨이(whey) 배수처리, 야채주스, 과즙의 농축, 포도주 제조, 당액의 농축·정제, 전분공업 배수처리, 커피 추출액의 농축
의약품공업	피로젠(pyrogen) 제거, 생약의 농축·정제, 의료·의약·용수제조
화학공업	석유화학공업 배수처리, 사진공업 배수로부터 유효물질회수, 펄프폐수로부터 리그닌(lignin) 회수
섬유염색공업	염색폐수로부터 염료의 회수
표면처리 및 기계공업	함유배수처리, 알루미늄 전착도료회수, 도료폐수에서 유효금속 회수
수처리·배수처리	하수, 건물배수의 처리, 이온교환재생액의 처리, 방사성 세탁 폐수처리, 병원·연구소 배수처리

[3] 역삼투막의 기능 및 특성

역삼투막의 기능 : 농축, 정제 및 여과

19-3-2 한외여과

[1] 한외여과란

한외여과(ultrafiltration) : 10~1000 Å 정도의 기공 크기를 갖는 한외여과막을 이용하여 액체중에 용해되거나 분산된 물질을 입자크기나 분자량 크기별로 분리하는 방법

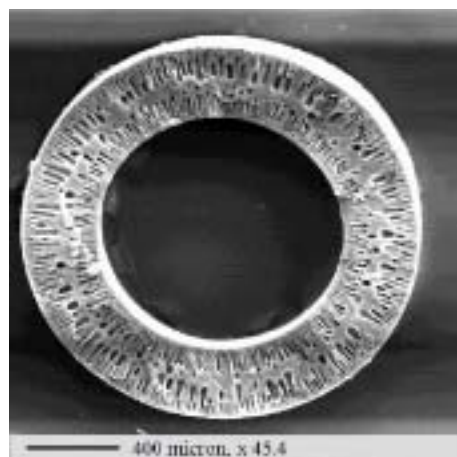


그림 19-4 중공사 한외여과막

【2】 투과 원리

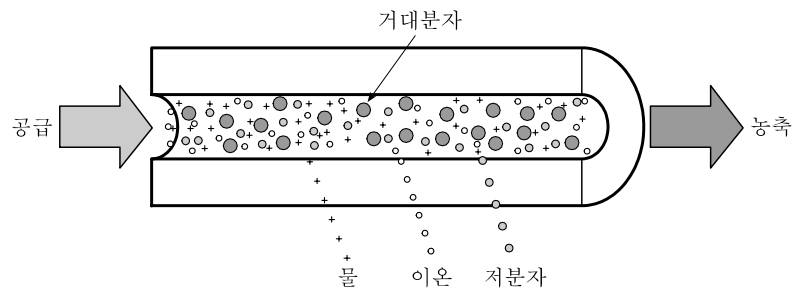


그림 19-5 투과원리도

19-3-3 투과 증발

【1】 투과증발이란

투과증발(pervaporation) : 투과(permeation)와 증발(evaporation)의 합성어로서 치밀한 비다공성막(dense nonporous membrane)을 사이에 두고 한쪽에 분리하고자 하는 혼합액체를, 다른 한쪽은 감압하든가, 또는 불활성 기체를 흘려서 낮은 증기압을 유지하여 그 압력차에 의하여 액을 투과시켜 저압쪽에서 증발시킴으로써 분리하는 방법

【2】 투과증발의 투과 메커니즘

solution-diffusion 모델 :

- ① 용해단계(sorption step) : 액체분자들이 공급혼합물로부터 막표면으로 용해
- ② 확산단계(diffusion step) : 용해된 액체분자들이 막 내부의 고분자 사슬운동에 의해 형성된 여유부피(free volume)을 통해 하부쪽 막 표면으로 확산
- ③ 탈착단계(desorption step) : 확산에 의해 막 하부면에 도달한 투과성분분자들은 낮은 증기압의 투과면으로 증발 또는 탈착

19-3-4 투 석

투석(dialysis) : 얇은 다공질막을 사용하여 용액으로부터 저분자량 용질을 저농도 영역으로 확산시켜 선택적으로 제거하는 방법

투석 방법 : 전기에너지를 이용한 전기투석, 농도차를 이용한 확산투석, 전기에너지와 전극 반응을 이용한 전해투석

이온선택성 막 : 음이온(anion) 교환막과 양이온(cation) 교환막

【1】 투석의 응용

신장병이 있는 사람의 혈액으로부터 노폐물을 제거하는 인공신장

【2】 전기투석(electrodialysis)

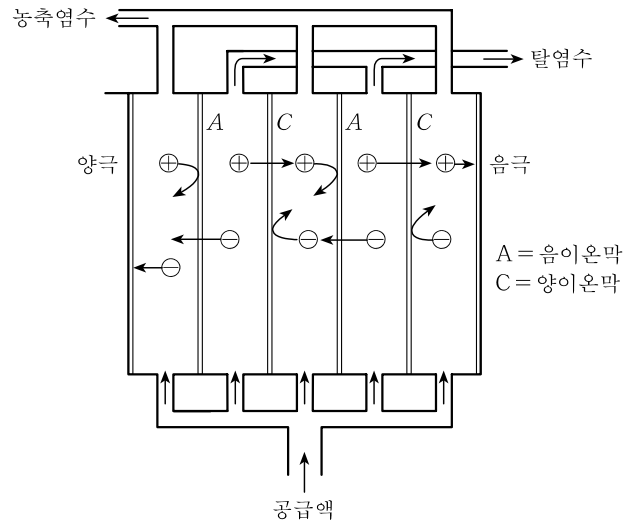


그림 19-6 전기투석조

19-4 기체분리

기체분리 : 막에 대한 선택적인 가스투과원리에 의하여 진행

CH₄ N₂ CO AIR O₂ H₂S CO₂ He H₂ H₂O
 낮음 ← 상대적인 투과속도 → 빠름

그림 19-7 기체들의 투과속도

공기분리 : 일정 압력하에서 압축공기를 중공사막 내부로 공급하고 다른 한쪽부분이 더 낮은 압력으로 유지될 때 질소에 비하여 산소와 같이 상대적인 투과속도가 빠른 기체는 막을 빠르게 투과하고 질소와 같이 상대투과속도가 느린 기체는 중공사막 내부에 남게 됨으로써 고농도의 질소와 산소를 얻게 됨

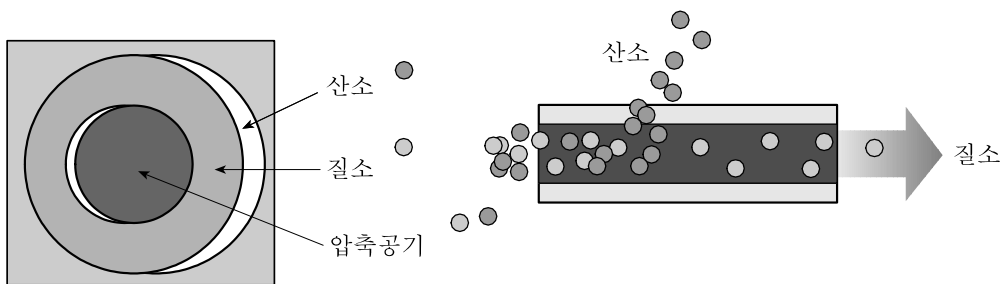


그림 19-8 기체분리에