1. **실리카 계 접촉막 반응기를 통한 수소생산 기술 개발**

미세 다공성 무기 막을 갖춘 접촉 반응기는 수소 생산을 위해 현재 산업 공정의 대안으로서 많은 연구적인 관심을 받고 있다. 최근 에너지 운반체로부터 수소 생산을 위한 실리카 계 접촉 막 반응기 개발에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는 추세이다. 특히 수소 분리에 사용되는 고성능 실리카계 미세 다공성 막에서 최근 발전이 두드러지고 있으며, 암모니아, 사이클로 헥산 및 메틸 사이클로 헥산을 포함하는 에너지 운반체의 반응을 통한 실리카 계 촉매 막 반응기가 개발되는데 성공하였다.

1. **초소수성 특성을 가진 유연한 나노섬유 막 개발**

이산화티탄 /탄소 나노섬유 막 기반의 나노섬유는 쉽고 효율적인 방법에 의해 합성되었는데, 제조 된 막은 높은 유연성과 친수성을 보여주는 것으로 확인되었다. 표면 에너지가 낮은 플루오루 실란으로 처리 한 후, 섬유에서 이산화티탄 나노 튜브와 나노판의 하이브리드 미세구조로 인해 생성된 소수성 표면은 막에 높은 접착력을 부여하였다. 막 표면에 물방울이 구형 모양을 나타내었으며, 막을 구부리고, 거꾸로 한 경우에도 물방울은 떨어지지 않는 것으로 보고되었다. 물방울을 기울인 막 위에 특정 높이에서 떨어뜨리면, 물방울은 작은 변위 후에 멈추게 되는 것이 관찰되었으며, 이 연구결과는 향후 다양한 분야에서 응용될 것으로 기대되었다.

1. **이온성 액체로 도핑 된 셀룰로오스 트리아세테이트를 이용한 기체 분리막 개발**

셀룰로오스 트리아세테이트(CTA)는 산업용 CO2/CH4 분리를 위한 고분자 막 소재로 널리 활용이 되고 있는데, 최근 이온성 액체로 도핑 된 CTA는 결정성이 감소되고 CO2와의 친화성을 향상시켜 CO2의 투과성과 선택성을 증가시킨 연구 결과가 보고되었다. 1-ethyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate ([emim][BF4]) 그리고 1-ethyl-3-methylimidazolium dicyanamide ([emim][dca])로 도핑 된 CTA 필름의 경우, 유리전이온도와 결정화도가 감소되었고 가스확산과 투과성이 증가하는 것으로 관찰되었다. 또한 이온성 액체의 도핑으로 인해 CO2/CH4 용해도 선택도 및 CO2/N2 투과도 선택도가 이온성 액체와 CO2의 친화도 영향으로 증가하는 것으로 관찰되었다.

1. **CO2 운반체로서 이미다졸 그룹과 아연 이온이 활용된 촉진 수송 분리막 개발**

이미다졸 그룹과 아연이온을 각각 CO2 운반체로 사용된 촉진수송분리막이 최근 개발되었다. Poly(N-vinylimidazole)@CNT (PVI@CNT) 그리고 Zn-poly(N-vinylimidazole)@CNT (Zn-PVI@CNT) 나노입자는 침전 중합을 통해 합성한 후 폴리이미드에 첨가하여 복합 막이 제조되었으며, PVI@CNT 막은 CO2 촉진수송 거동과 향상된 CO2 분리성능 그리고 습윤 상태에서 최대 90%의 CO2 투과성 증가를 보여주는 것으로 확인되었다. Zn-PVI@CNT 막은 CO2 촉진 수송 거동을 보였고 건조 상태에서 최대 93%의 CO2 투과성이 증가하였고 이는 아연이온과 CO2와의 상호작용으로 인한 것으로 분석되었다. 향후 메커니즘이 분석되고, 분리성능이 더 향상된다면 이산화탄소 분리용 촉진수송분리막이 상용화될 것으로 기대되었다.

1. **고성능 이산화탄소 촉진수송 분리막 개발**

poly(diallyldimethylammonium carbonate) (PDDACA)에 amine-group을 포함하는 polyvinylamine (PVAm)가 혼합되었다. 이것은 움직이는 운반체가 고정된 운반체 주위를 이동할 수 있게 만들었다. 반면에, CO2는 움직이는 운반체를 통해 고정된 운반체의 영역으로 지속적으로 수송되며, 고정된 운반체의 이용 효율은 증가하는 것으로 확인되었다. 반면에, 낮은 결정성이 두 가지 고분자의 혼합으로 얻어지며, 효과적인 움직이는 운반체의 수는 결정 영역에서 벗어나 움직이는 운반체의 수에 따라 증가하는 것으로 확인되었다. 이러한 현상은 단일 고분자 막보다 혼합 막의 성능을 증가시켜 주는 것으로 분석되었고, 고정된 amine 운반체와 움직일 수 있는 carbonate 운반체를 동시에 포함하는 PVAm-PDDACA 막의 CO2 투과도와 CO2/N2 선택도는 0.11 MPa에서 각각 909 GPU와 102에 도달할 정도로 뛰어난 분리성능을 보이는 것으로 확인되었다.

1. **실온에서 향상된 C2H2/CO2 분리를 위한 다공성 Metal-Organic framework 개발**

3차 다공성 metal-organic framework인 UTSA-68가 개발되었는데, UTSA-68은 높은 공극률을 보이며 이에 따른 표면적의 증가로 실온에서 흡착 선택도가 1.7-2.4보인 ZJU-30a와 비교했을 때 C2H2/CO2 분리를 위한 흡착 선택도는 3.5-5로 더 향상된 것으로 보고되었다. 더 높은 분리성능 향상을 위한 연구가 진행중이며, 분리성능 및 내구성이 향상될 경우 metal-organic framework을 통한 이산화탄소 분리막 상용화가 앞당겨질 것으로 기대되었다.