

금속-유기 골격체의 결정도와 막 제조 특성의 균형 개발을 통한 고성능 가스 분리막 개발

조계용 | 부경대학교 공업화학과 (E-mail: kieyongh@pknu.ac.kr)

금속-유기 골격체기반 소재는 유기계 리간드와 무기계 금속 이온 또는 클러스터가 결합하여 규칙적인 구조를 형성하고 있는 다공성 결정소재로 유-무기 소재가 하이브리드 형태로 조화를 이루고 있어 유기-무기 소재의 장점을 기반으로 독특한 특성을 가지고 있어 분리막을 포함하는 다양한 응용분야에서 큰 관심을 가지고 있다. 특히 규칙적인 기공구조(gate 및 cage)를 가지고 있어 분리막에 sieving소재로 적용 연구되고 있으나 높은 결정특성은 sieving 효과는 향상시킬 수 있으나 무결함 분리막 제조가 어려워 가스분리성능에 한계점을 보여주고 있다. Taiyuan University of Technology의 Jinping Li 그리고 Libo Li 교수 연구팀에서는 in-situ modulation을 통하여 Modulator-Ligand의 비율조절연구를 기반으로 금속결정도와 막 제조 특성의 적절한 조절을 통하여 최적의 가스분리성능을 보이는 분리막을 제조가능성을 제시하였다.

다 결정질 금속-유기 골격체(metal-organic framework, MOF) 분리막은 우수한 분자체 특성으로 인하여 고성능의 가스분리막으로 많은 관심을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 높은 결정특성으로 인해 다결정질 MOF 분리막 제조시 결정간에 발생할 수 있는 defect이나 crack들로 인하여 완성도 높은 고성능의 분리막 제조가 굉장히 도전적인 실정이다.

Taiyuan University of Technology의 Jinping Li 그리고 Libo Li 교수 연구팀에서는 처음으로 다결정질

MOF 분리막 제조시 in-situ modulation 전략을 통하여 결정도와 분리막의 선택층 형성특성의 균형잡힌 최적화 연구를 통하여 성공적으로 고성능의 다결정질 MOF 분리막을 제조할 수 있었다. Modulator로써 monocarboxylic acid를 사용하여 다결정질 MOF 분리막 제조시 금속-유기체간의 complexation의 성장의 경쟁관계에 참여함으로써 결정도를 조절 하였고 이를 통하여 결합이 최소화된 다결정질의 MOF 분리막의 제조를 가능하게 하였다. 특히 유기계 리간드와 Modulator의 비율 조절을 통하여 상기 언급된 결정도와 결합이 최소화된 막제조의 trade-off 관계에 있어 균형점 (Modulator/Ligand = 8.3)을 찾을 수 있었고 개발된 분리막은 H_2/CO_2 분리에 있어서 굉장히 높은 82.5 선택도를 달성할 수 있었다.

해당 연구 결과는 다결정질 MOF 분리막 제조시 항상 issue화 되었던 결합이 최소화된 분리막 제조를 통한 고성능의 가스분리막 제조의 문제점을 쉽고 간단한 방법으로 해결할 수 있는 방법을 제시함으로써 가스분리를 목적으로 하는 다결정질 MOF 분리막의 상업화 적용에 크게 이바지할 것으로 기대된다.

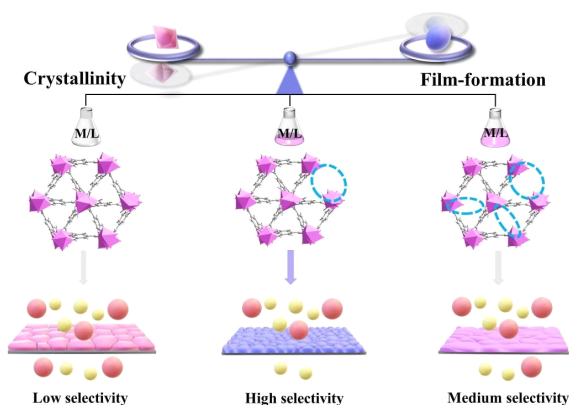


그림 1. In-situ modulation 전략을 기반으로 결정도와 결합이 최소화된 다결정질 MOF 분리막 제조 특성사이의 trade-off 관계에 있어 modulator/ligand 비율 최적화 조건설정을 통한 고성능의 가스분리막 개발.

본 연구결과는 *Angewandte Chemie*에 "Balancing the Crystallinity and Film Formation of Metal - Organic Framework Membranes through In Situ Modulation for Efficient Gas Separation"의 제목으로 2023년 7월에 게재되었다 (DOI: 10.1002/anie.202309095).