

대기오염물질의 기체분리막 투과 특성

이상윤, 이선영, 이광우
(주) 리가스 가스분석과학연구소

The Permeation Properties of Hazardous Air Pollutants (HAPs) through Gas Separation Membranes

Sangyun Lee, Sun-Young Lee, Kwang-Woo Lee
Research Institute of Gas Analytical Science

1. 서론

산업적 또는 실생활 용도에 이용되는 기체분리막은 혼합 가스의 분리, 농축, 회수 등에 이용되고 있으며 그 특성상 분리의 대상이 되는 가스상 물질이 대기오염물질을 함유하고 있는 경우 전체 가스 분리 특성에 영향을 미치는 물론 회수 가스가 인체에 노출되는 경우 그 부작용에 대한 세심한 고려가 요구된다. 예를 들어 차량 등 도심에서 활용되는 환자용 산소발생기에서 대기오염물질 등이 농축되어 환자에게 투입되는 경우의 부작용 등을 고려하여야 한다.

이 연구는 대표적인 대기오염물질을 함유한 혼합 가스의 고분자 기체 분리막 투과 특성을 각 성분별로 측정하여 분석하는 방식으로 진행되었다.

2. 실험

실험에 이용된 대기오염물질 함유 혼합 가스는 모두 당사에서 제조한 primary급 표준가스만을 이용하였다. 분리막을 투과한 가스의 농도는 대상 물질에 따라 표준화된 방법을 이용하여 정량하였다. 실험 대상으로는 여러 대기 오염 물질 중 성분별로 대표적인 것을 선정하였으며 질소산화물, 일산화탄소, 그 외 각종 악취가스를 대상으로 하였다. 그 종류와 분석법은 표 1에 정리한 바와 같다.

실험에 이용된 장치는 그림 1에 도시한 바와 같다. 특정 성분을 포함한 공급 가스의 압력을 제어하여 분리막 모듈에 투입하였으며 막을 투과한 혼합 가스의 유량과 그 성분 가스의 농도를 실시간으로 측정하였다. 실험에 사용된 막은 국내의 A사에서 제조한 기체 분리용 폴리술폰 증공사막을 이용하였다.

따라 최대 150% 정도로 농축되는 것을 확인하였다. 또한 투과 가스의 농축도는 투입된 가스의 농도가 큰 경우, 막에 가해진 압력이 큰 경우 다소간 증가함을 확인하였다.

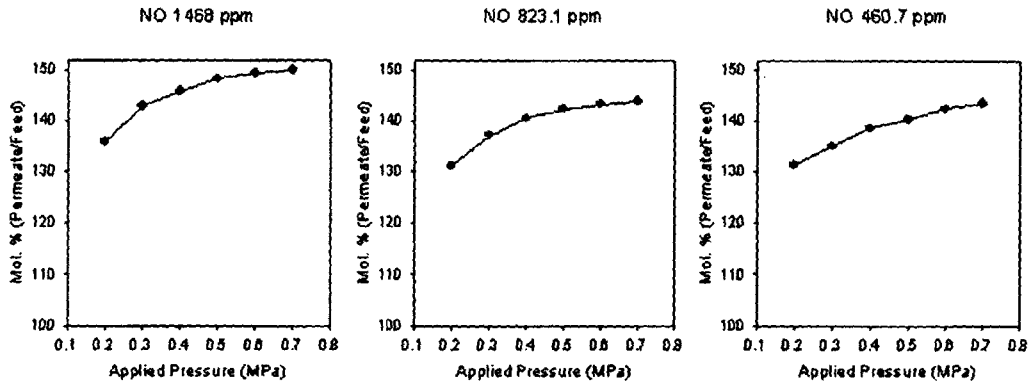


그림 2 Nitrogen Oxide (NO)의 분리막 투과도 결과

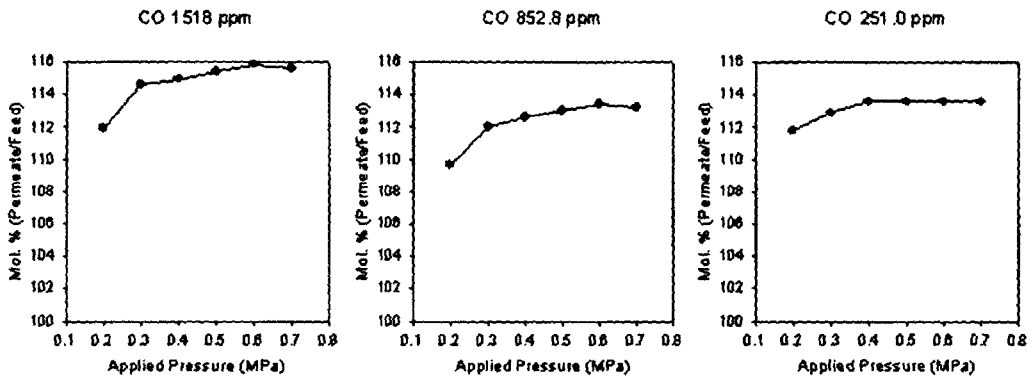


그림 3 Carbon Monoxide (CO)의 분리막 투과도 결과

한편 환경부 고시에 의해 악취관련 물질로 규제 대상이 되는 22종의 화합물 중 아민 (Trimethylamine)과 황화합물 (Methyl Mercaptan), 그리고 방향족 (Benzene) 계열 물질에 대한 기체분리막 투과도 평가도 수행하였다. 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 이 물질들은 주어진 조건에서 10% 이내의 분리막 투과율을 보였다.

이 연구를 통해 기체분리막이 인체 흡입을 목적으로 하는 산소부화의 용도로 활용될 경우 NO, CO가 산소와 함께 농축되어 공급될 우려가 있음이 확인되었다. 한편 다양한 종류의 악취물질은 거의 투과하지 않으며 질소와 함께 배출됨을 확인할 수 있었다.

대표적 대기오염 물질인 이산화황(SO₂)의 경우 장시간에 걸쳐 막에의 지속적인 흡착 현상이 일어남을 확인하였으며 이에 따라 제한된 조건에서의 투과량의 정량이 불가능하였다. 기타 대기환경보전법에 의해 규제를 받는 물질 중 흡착성이 강한 것으로 알려진 황화합물

표 1. 실험에 이용된 가스의 종류와 그 분석법

성분가스	표준가스농도 ($\mu\text{mol/mol}$)	바탕가스	분석법
Nitrogen Oxide (NO)	460.7 823.1 1468	Nitrogen	NDIR
Carbon Monoxide (CO)	251.0 852.8 1518	Nitrogen	NDIR
Trimethylamine ($\text{N}(\text{CH}_3)$)	130.7	Nitrogen	UV
Methyl Mercaptan (CH_3SH)	399.5	Nitrogen	UV
Benzene (C_6H_6)	501.7	Nitrogen	UV
Acetaldehyde (CH_3CHO)	206.8	Nitrogen	UV

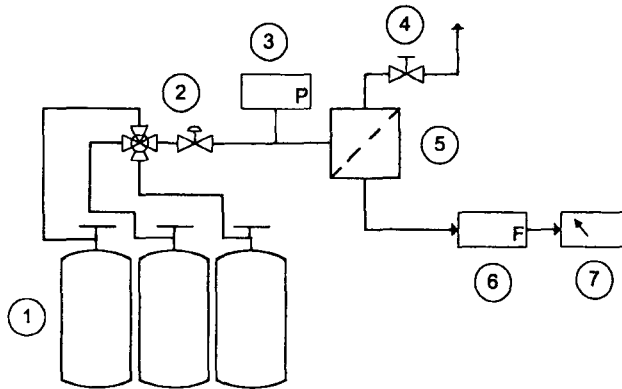


그림 1 실험장치의 개요

- | | |
|------------|-------------------------|
| 1. 표준가스 | 2. 압력조정기 |
| 2. 공급압력지시기 | 4. 니들밸브 |
| 5. 기체분리막 | 6. Mass flow controller |
| 7. 가스분석기 | |

3. 결과 및 토론

이 연구는 기체분리막이 대기오염물질에 노출되었을 경우 그 특정 물질의 기체 투과특성을 파악하는데 그 기본 취지가 있다. 그림 2와 3에 도시한 바와 같이 대표적 대기오염물질로 대기환경보전법의 규제를 받는 NO와 CO의 경우 (각각 그림 2, 3), 분리막에 대한 투과도가 질소의 경우보다 큰 것으로 확인되었다. 투과측 혼합가스에서 검지된 NO와 CO는 조건에

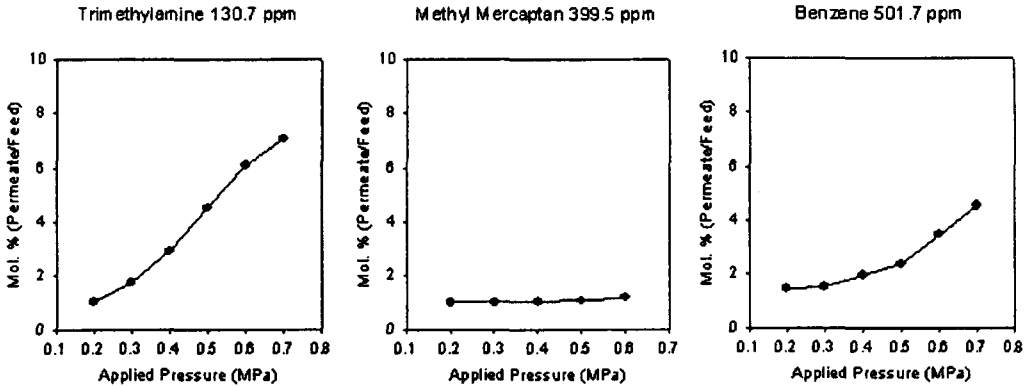


그림 4 악취가스의 분리막 투과도 결과

(SO₂, CS₂, H₂S 등)과 할로젠 화합물 (HCl, 기타 Br, F 함유 가스) 등에 대한 기체분리막과의 상호 작용에 대한 연구가 진행될 필요성이 있다. 또한 대기 중에 존재하는 미량 오염물질이 기체분리막에 투입되는 경우 어떤 조건에서 배출허용기준을 초과하는지에 대한 정량적 고찰이 필요하다. 이에 따라 기체분리막이 특정 대기오염물질의 처리 또는 제거에 이용이 가능한지 여부 또한 확인할 수 있다.

4. 참고문헌

- [1] 대기환경보전법 시행규칙, 환경부 (2003년 12월 10일)
- [2] K. Li, J. Kong, X. Tan, "Design of hollow fibre membrane modules for soluble gas removal", *Chem. Eng. Sci.*, 55 (2000) 5579-5588
- [3] S. Batterman, I. Osak, C. Gelman, "SO₂ sorption characteristics of air sampling filter media using a new laboratory test", *Atmospheric Environ.*, 31 (1997) 1041-1047