

1C2) 심냉분리법을 이용한 온실가스 회수/저감기술

Capture and Reduction Technology of Greenhouse gas by Cryogenics

정창훈 · 서종완 · 박두열 · 황철원 · 김상진 · 김정권¹⁾ · 이승원¹⁾

(주)코아에프엔티, ¹⁾동의대학교 환경공학과

1. 서 론

기후시스템은 구성 요소들 간의 상호작용에 의하여 수세기 동안 서로 균형을 이루고 있었으나, 산업 혁명 이후 인간이 대기의 조성에 지속적인 변화를 주면서 기후시스템에 영향을 끼치게 되었다. 국제에너지기구(IEA)는 전 세계가 신재생 에너지를 주에너지원으로 사용한다고 가정해도 대기 중 이산화탄소 농도는 2050년 이후 우려할 만한 수준으로 높아진다고 보고하고 있으며, 화석연료 사용이 늘어나는 만큼 필수 불가결하게 이산화탄소의 배출량은 늘어날 것으로 판단되며 지구온난화를 방지하기 위해서는 이산화탄소를 포집하여 대기로부터 격리시키는 기술개발이 필수불가결하게 되었다. 온실가스의 배출원 중 환경기초시설인 폐기물/하폐수처리장 등에서도 CH₄와 CO₂를 포함하는 많은 양의 온실가스가 배출되고 있으며, 2020년 환경기초시설에서의 온실가스 발생량은 1998년의 약 2배정도 증가할 것으로 전망된다. 따라서 환경기초시설에서 발생된 온실가스(CO₂, CH₄)의 분리 회수 기술 개발은 시급한 상황이다. 이에 본 연구에서는 환경기초시설에서 발생된 온실가스의 분리 회수를 위한 시스템(막분리 공정 + 저온 냉각분리 공정) 개발을 위한 기초 연구 단계로써, 가스조성과 처리온도, 유량 등에 따른 막분리 공정과 저온 냉각분리 공정의 성능평가를 통해 각 공정의 최적 운전인자를 도출하고자 한다.

2. 연구 방법

그림 1은 고순도의 CH₄ 분리를 위한 최적 압력과 처리가스의 막 통과 유량 및 속도 등의 최적운전인자를 도출하기 위한 CH₄/CO₂의 기체 분리막 시스템을 나타내며, 그림 2는 저온 냉각분리 공정의 성능평가 시스템의 개략도를 나타낸다.

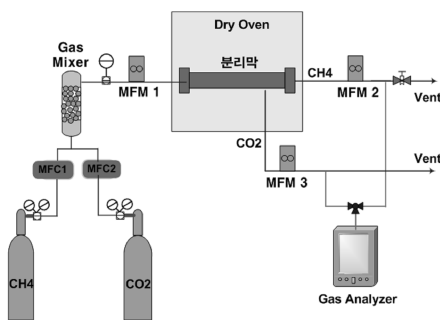


Fig. 1. Schematic diagram of experimental setup for Membrane System

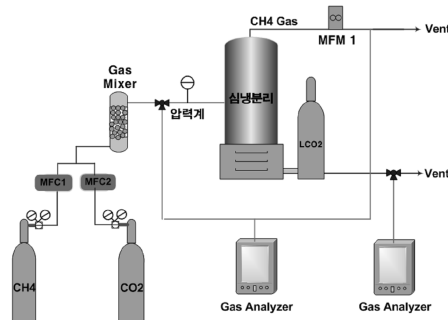


Fig. 2. Schematic diagram of experimental setup for Cryogenics System

성능평가 시스템은 시료가스 제조부, 막분리 또는 냉각분리 공정, 분석부로 나누어져 있다. 시료가스 제조부는 고순도인 CH₄(99.999%), CO₂(99.9%) Bombe 가스를 이용하여 시험 조건에 따라 적정 농도, 유량, 압력의 시료가스를 제조하기 위한 부분으로 30 bar 이상의 고압 실험을 위해 고압용 Gas Regulator를 사용하였으며, 적정 농도와 유량의 시료가스 제조를 위해 MFC(Mass Flow Controller)를 사용하였다.

MFC 후단에 Gas Mixer를 설치하여 각각의 MFC를 통과한 CH₄와 CO₂가 완전 혼합된 후 막분리 또는 냉각분리 공정으로 유입되게 하였으며, 분리 공정을 통과후 가스상의 CH₄와 CO₂의 유량을 측정하기 위해 MFM(Mass Flow Meter)를 설치하였다.

3. 결과 및 고찰

그림 3은 Flow Rate 5 ℓ/min, CH₄와 CO₂ 가스조성비(CH₄ : CO₂) 6 : 4일 때의 온도별(-5~55℃) 압력변화에 따른 막분리 공정의 CH₄ 회수율을 나타낸다. CH₄ 회수율은 4 bar에서 75.4~99.7%, 6 bar는 54.0~96.3%, 8 bar는 35.6~90.1%를 나타내며, 회수된 CH₄ 농도는 4 bar에서 78.7~87.0%, 6bar는 85.0~95.3%, 8bar는 90.1~97.2%로 막공정을 통해 회수되는 CH₄의 농도는 가스 압력이 증가할수록 증가하나, CH₄의 회수율은 감소하게 된다. 즉 막분리 공정의 CH₄의 회수 농도와 회수율은 반비례 관계가 있기 때문에 목표 CH₄ 회수 농도와 회수율을 얻기 위해서는 최적의 운전 인자의 도출이 필요하다. 혐기성 소화 공정이 정상적으로 가동될 때의 CH₄과 CO₂의 가스조성(6 : 4)에서 막분리 공정이 상온에서 운전될 때 5 LPM, 6 bar 조건에서 CH₄ 회수농도 90% 이상을 유지하며 CH₄의 회수율도 90%에 가까운 값을 나타내었다. 그림 4는 저온 냉각분리 공정에서 CH₄의 조성 변화가 CO₂의 회수율에 미치는 영향을 평가하기 위해 CH₄의 조성 변화에 따른 CO₂의 회수율을 실험한 결과이며, 이때 각각의 조건에서 회수된 액상 CO₂의 농도는 99.5% 이상(실측정치는 100%이나 GA2000의 측정오차 0.5 Vol% 고려)의 농도를 나타내었다. 회수율 실험 결과 CH₄의 농도가 증가함에 따라 CO₂의 회수율이 감소함을 알 수 있다. 이는 시스템의 압력을 실험 조건에 맞게 유지하기 위해 CH₄의 농도가 증가함에 따라 Vent되는 Gas의 유량을 증가시켰기 때문이다. 따라서 본 시스템에서는 시료가스 중의 CH₄의 농도가 낮을수록 Vent되는 유량을 감소시킬 수 있으므로 CO₂의 회수율을 증가시킬 수 있으며, 시스템내의 증류관의 이론단수를 증가시킬 수 있으므로 CO₂ 회수율을 증가시킬 수 있다.

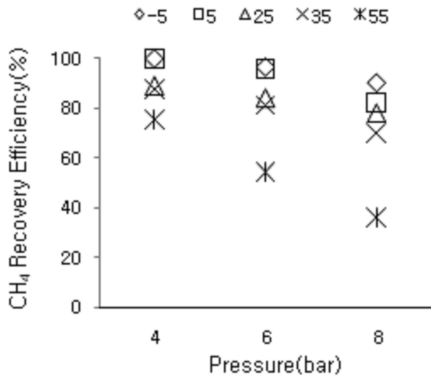


Fig. 3. Recovery efficiency of CH₄ as a function of pressure.

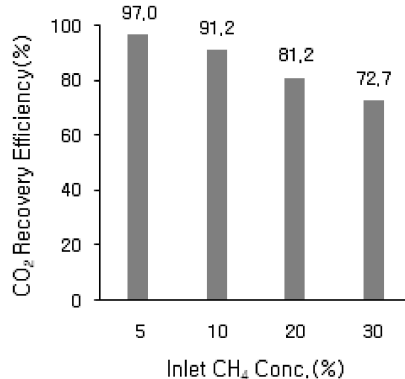


Fig. 4. Recovery efficiency of CO₂ as a function of CH₄ concentration.

사 사

본 연구는 2009년도 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 한국대기환경학회 (2003) 환경기초시설에서 발생하는 온실가스 배출량 조사.
- Harasimowicz, M. and P. Orluk (2007) Application of polyimide membranes for biogas purification and enrichment, Journal of Hazardous Materials, 144, 698-702.