

실내공간 이산화탄소 저감용 제올라이트의 이산화탄소 흡착 및 탈착성능 분석

이지윤*, 조영민*, 권순박*, 박덕신*, 이주열**

*한국철도기술연구원 철도환경연구실

** (주)애니텍

e-mail: jiyun21@krri.re.kr

Carbon dioxide adsorption - desorption characteristics of zeolite for the removal of indoor carbon dioxide

Ji-Yun Lee*, Young-min Cho*, Soon-Bark Kwon*, Duck-Shin Park*,
Ju-Yeol Lee**

*Railroad Environment Research Division, Korea Railroad Research Institute.

**Anytec Inc.

요 약

최근 실내공기질에 대한 관심이 높아지면서 실내공기질을 쾌적하게 유지하기 위한 다양한 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 기존에는 미세먼지와 부유미생물 등이 가장 중요한 오염물질이었으나, 최근에는 이산화탄소가 크게 각광받고 있다. 이산화탄소는 그 자체가 환기의 지표이기도 하지만, 최근의 저탄소 녹색성장 기조에 따라 환기에 의한 냉난방 에너지 비용을 절감하는 방안에 대한 관심도 크게 높아지고 있다. 본 연구에서는 제올라이트를 이용하여 실내공간의 이산화탄소를 제어하는 방안에 대하여 기술하였다. 소형 lab-scale의 이산화탄소 흡착성능 평가시스템을 제작하고, 이를 이용하여 제올라이트의 이산화탄소의 흡착성능을 알아보았다. 또한, 본 시스템의 실용화를 위해서는 이산화탄소가 흡착한 제올라이트의 재생이 필요한데, 이를 위하여 다양한 온도와 압력 등의 조건 하에서 이산화탄소의 탈착성능을 TSA/PSA를 이용하여 알아보았다. 흡착실험을 통하여 제올라이트를 이용한 실내공간용 이산화탄소의 저감 효과를 확인할 수 있었다. 그러나, 탈착실험 결과 2~5회 정도 열탈착 시킨 후에는 이산화탄소의 흡착 성능이 현저하게 감소하여, 이를 개선하기 위한 방안의 개발이 필요함을 알 수 있었다.

1. 서론

경제 성장과 현대 산업의 발달로 인간 삶의 질이 최근 크게 향상 되었으나 에너지 절약에 따른 건물 밀폐화 및 실내 거주시간 증가로 인하여 환기부족, 실내오염물질 발생원 증가 등 다양한 원인에 의한 실내공기 오염은 건강에 많은 영향을 주고 있다.[1] 실내 오염물질은 미세먼지, 포름알데히드 등이 대표적인 오염물질로 알려져 있으며 최근 냉, 난방 사용에 따른 이산화탄소가 실내공기질 오염물질로 대두 되었으며, 이산화탄소 증가로 인한 지구온난화(global warming)가 심각한 문제점으로 부각되고 있다[2]. 이산화탄소의 배출량은 연 평균 9.7%씩 증가하는 추세이며, 지속적으로 늘어날 것으로 전망된다.[3] 이에 따른 실내공기질에 대한 관심이 높아지

면서 실내공기를 쾌적하게 유지 하기위한 다양한 기술 연구가 활발히 이루어지고 있다.

이산화탄소를 제어하는 방법에는 흡수법, 흡착법, 막분리법 등이 있다. 흡착법은 에너지 소비가 적고 흡착제를 회수하여 다시 사용할 수 있기 때문에 경제적인 이산화탄소 분리 기술로 평가되고 있다. 기존의 흡착제의 개질 및 개량에 관한 연구는 현재 국내외에서 연구를 진행하고 있으며[4, 5]. 흡착법에 대한 연구는 흡착제를 대상으로 한 연구가 주를 이룬다. 활성탄, Aluminim oxide, Zeolite Molecular sieve, Carbon Molecular siev, Silica 등은 이산화탄소의 분리공정에 가장 많이 적용되는 대표적인 흡착제이다.

기공을 갖는 물질들 중 1990년도 초반까지 기공을 갖는 무기물질 중 대표적인 것은 마이크로포러스(M

icroporous)물질인 제올라이트였다. 제올라이트는 기공의 크기가 1nm 이하로 분자체(Molecular sieve)라고도 불리며 높은 표면적을 갖기 때문에 촉매, 흡착제, 또는 담지체 물질등 여러 분야에서 다양하게 응용되어 왔다.

본 연구는 제올라이트를 이용하여 실내공간의 이산화탄소를 제어하는 방안에 대하여 기술하였다. 소형 lab-scale의 이산화탄소 흡착성능 평가시스템을 제작하고, 이를 이용하여 제올라이트의 이산화탄소의 흡착성능을 알아보았다.

2. 실험방법

2.1. 실험장치

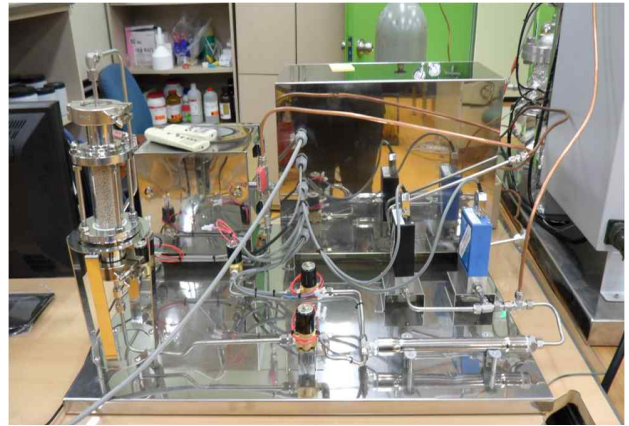
본 연구에서 사용한 이산화탄소 흡착반응기는 소형 Lab-scale이며, <그림 1>과 같다. 흡착제로 유입되는 유체는 위에서 아래로 흐르도록 구성되어 있으며, 유입되는 이산화탄소와 질소는 MFC를 이용하여 조절하였다. 질소와 이산화탄소가 완전 혼합 후 흡착제로 공급하기 위해 Chamber를 설치하였으며, Chamber를 통하여 흡착제로 유입되는 이산화탄소의 농도를 5000ppm으로 유지하도록 조절하였다. 이산화탄소 흡착성능 평가시스템에서 측정되는 데이터는 컴퓨터로 자동저장 되었다.

탈착실험은 이산화탄소가 흡착한 제올라이트의 재생이 필요한데, 이를 위하여 다양한 압력과 온도조건 하에서 이산화탄소의 탈착성능을 TSA / PSA를 이용하여 알아보았다. <그림 2>에 나타내었다. TSA는 가스의 유량은 3L/min으로 흐르도록 일정하게 조절하였고, 흡착탑내로 공급되는 탈착가스의 온도는 열전대와 온도 controller에 의해 가열되었고 온도는 80℃ ~ 200℃범위로 측정하였다. PSA는 흡착탑내에 압력은 valve을 열었다 닫았다 조절하면서 0.1bar ~ 1bar의 압력 범위에서 탈착실험을 수행하였다. 온도와 압력조건은 <표 1>에 나타내었다.

2.2. 실험방법

이산화탄소 흡착능을 위하여 사용한 흡착제는 상용 제올라이트계 흡착제 5A를 사용하였으며, 흡착제의 전처리 온도에 따른 영향을 알아보기 위하여 24시간 동안 air상태의 Oven에서 25℃ ~ 180℃의 온도에 변수를 두어 흡착제의 재생특성 분석을 수행하였다.

이산화탄소 흡착실험은 흡착제를 25℃, 80℃ 120℃, 130℃ 범위에서 전처리하여 흡착 실험을 수행하였다.



[그림 1] 이산화탄소 흡착 반응기



[그림 2] PSA / TSA 반응기

[표 1] 흡, 탈착 실험 변수

| | |
|-----------------------------|------------------|
| Sample | 5A |
| Operation Temperature(℃) | 25 ~ 200 |
| Regeneration Temperature(℃) | 25, 80, 120, 130 |
| Operation Pressure(bar) | 0.1 ~ 1 |
| CO2 Conc.(ppm) | 5000 |

3. 결과 및 고찰

본 연구는 상용 제올라이트계 흡착제를 온도에 따라 이산화탄소 흡착성능을 고찰하였으며, TSA / PSA를 이용하여 온도와 압력에 따른 탈착 특성을 분석하였다.

<그림 3>은 시간이 흐름에 따라 제올라이트의 이산화탄소 흡착성능은 처음보다 감소함을 알 수 있었

다.

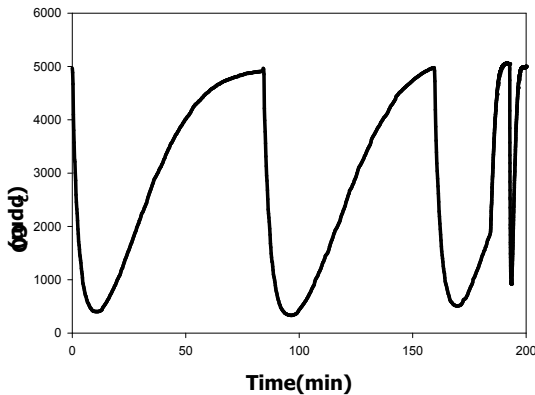
<그림 4>는 전처리 온도에 따른 이산화탄소의 흡착성을 확인해본 결과 제올라이트의 이산화탄소 흡착성은 전처리의 온도가 높을수록 흡착성이 좋아지는 것을 확인할 수 있었다.

이산화탄소 흡착 시스템의 실용화를 위해서 이산화탄소를 흡착한 제올라이트에 재생이 필요한데, 이를 위하여 다양한 온도 조건 하에서 이산화탄소를 흡착한 제올라이트를 다양한 온도와 압력 등의 조건 하에서 이산화탄소의 탈착성을 TSA / PSA를 이용하여 알아보았다.

<그림 5>는 TSA를 이용한 온도에 따른 탈착 성능 실험을 수행한 결과 온도가 높을수록 탈착능이 좋아지는 것을 알 수 있었고, <그림 6>은 PSA를 이용한 압력에 따른 탈착 성능 실험을 수행한 결과 압력이 낮을수록 탈착능이 좋아지는 것을 알 수 있었다.

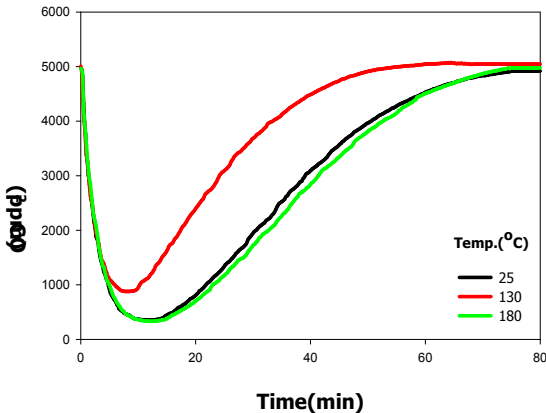
탈착실험 결과 2~5회 정도 열탈착 시킨 후에는 이산화탄소의 흡착 성능이 현저하게 감소하여, 이를 개선하기 위한 방안의 개발이 필요함을 알 수 있었다.

5A



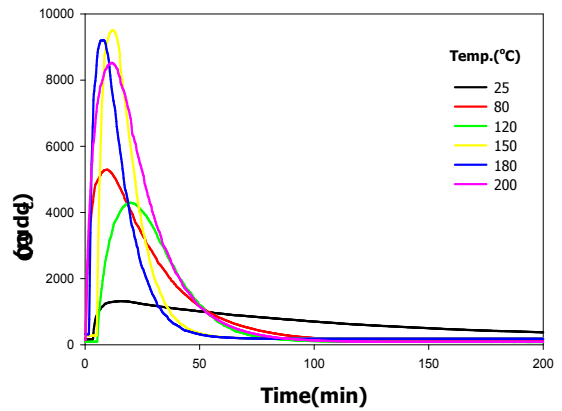
[그림 3] 전처리 온도에 따른 재생 특성

5A



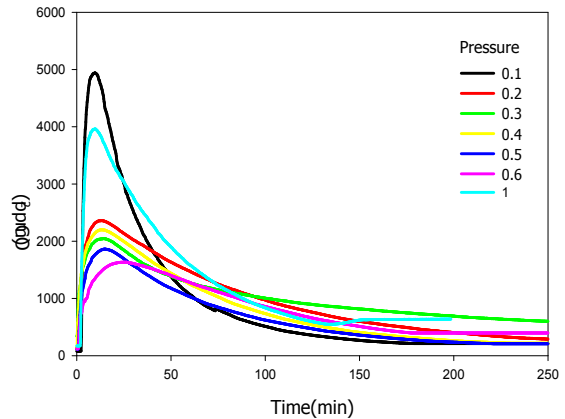
[그림 4] 전처리 온도에 따른 이산화탄소 흡착성능

5A



[그림 5] TSA를 이용한 온도에 따른 탈착 성능

5A



[그림 6] PSA를 이용한 압력에 따른 탈착 성능

4. 결론

본 연구에서는 상용 제올라이트 흡착제를 사용하여 이산화탄소에 대한 흡착과 탈착 특성을 분석함으로써 실내공간의 이산화탄소 처리가능성을 알아보았다. 흡착제의 전처리 온도에 따른 영향을 알아본 결과 전처리 온도가 높을수록 이산화탄소 흡착성이 좋아지는 것을 볼 수 있었다. 아울러 TSA와 PSA를 이용한 탈착성을 알아본 결과 온도가 높을수록, 그리고 압력이 낮을수록 탈착이 잘 일어나는 것을 볼 수 있었다. 따라서, 제올라이트계 흡착제를 사용하면 실내공간에서의 이산화탄소 제거가 가능함을 확인할 수 있었다.

참고문헌

[1] 환경부, www. me.go.kr., 2008. 6.

- [2] Carbon Dioxide Reduction & Sequestration R&D Center, www.cdrs.re.kr/pages/view/29.
- [3] 기후변화종합대책위원회, 기후 협약 대응 제 3차 종합대책, 2006.
- [4] Project Report Submitted to Carbon Dioxide Reduction & Sequestration R&D Center, "Development of High Efficiency Sorbent for CO₂ Separation", by Hyun Tae Jang, 2008.
- [5] Herzog, H. et al, "CO₂ Capture, Reuse, and Storage Technologies for Mitigating Climate Change," Final report DOE Contract No. DE-AF22-96PC01257, January 1997.