

연소전 조건에서 PEG를 이용한 CO₂ 흡수

백근호*, 김성만*, 장현태**, 차왕석*

*군산대학교 토목환경공학부, **한서대학교 화학공학과
e-mail:wscha@kunsan.ac.kr

Carbon Dioxide Absorption of PEG Solutions in the Pre-combustion condition

Geun Ho Back*, Sung Man Kim*, Hyun Tae Jang**, Wang Seog Cha*

*School of civil and Environmental Engineering, Kunsan National University.

**Department of Chemical Engineering, Hanseo University.

요 약

연소전 조건에서 물리적 흡수제로 사용되는 PEG를 이용하여 이산화탄소 흡수특성을 조사하였다. 회분식 기-액 평형반응기를 이용하여 PEG분자량, 흡수반응 온도와 압력 등의 다양한 조건에서 흡수능을 측정하였다. 실험 결과 PEG의 경우 분자량이 작을수록 흡수능이 뛰어났으며 흡수반응온도가 낮을수록 흡수능이 우수하였다.

1. 서론

21세기에 접어들면서 세계의 기후 변화가 온 지구적인 환경문제로 대두되면서 온실가스에 대한 관심이 높아지고 있다. 이는 산업화로 인하여 화석연료의 사용증가로 온실가스 농도도 함께 증가 하였고, 이러한 온실가스 저감을 위해 1997년 38개국이 “교토의정서”를 체결하여 2012년까지 온실가스 배출량을 1990년보다 평균 5.2%감소시키기로 합의하였다 [1]. 이런 온실가스의 문제는 우리나라도 예외가 될 수 없으므로 이산화탄소 포집 및 제거 기술을 확보할 필요성이 있다고 여겨진다.

온실가스인 이산화탄소와 산성가스의 회수 및 제거 공정 중 연소 배기가스에 적용하는 가장 상용화되어 있는 방법으로는 흡수법, 흡착법, 막분리법, 심냉법 그리고 산소부하 연소법등이 있다.

특히, 흡수법이 가장 많이 사용되고 있고, 이 흡수법에 대표적인 화학 흡수제로는 알카놀 아민류 흡수제로서 그 종류로는 MEA, DEA, DIPA, MDEA등이 있다. 이 중 MEA의 가장 활발히 이용되고 있는 흡수제 중 하나이다. 또한, 수용성 알카놀 아민과 Potassium Carbonate 용액과 혼합함으로서 나타나

는 장점으로 큰 흡수능, 빠른 반응성, 저렴한 가격 재생의 용이함 및 대량 이산화탄소 제거 등이 있다.

그러나, 고농도일 경우 장치부식의 단점을 가지고 있기 때문에 새로운 흡수제의 개발과 연구가 필요한 시점이다[2-4].

기존 연구에서는 대부분 아민계열과 알카리염계 물질을 이용하거나 흡수제로서 PEG만을 단독적으로 사용한 연구는 미비한 실정이다.

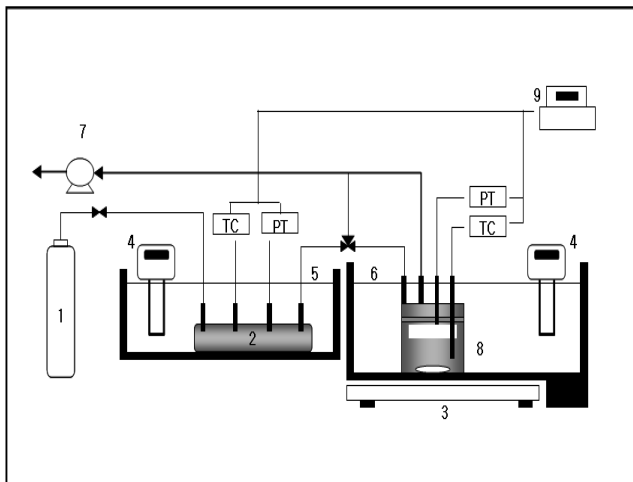
따라서, 본 연구에서는 PEG(Polyethylene glycol)의 분자량에 따라 이산화탄소의 흡수특성과 흡수능을 알아보기 위해 회분식 기-액 평형 반응기를 이용하였으며 PEG의 분자량에 따른 초기흡수속도와 각각 분자량별 반응온도에 따른 흡수특성도 살펴보았다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 실험장치

본 실험에서 사용한 기-액 흡수평형반응기는 그림 1에 나타내었다. 반응기는 크게 가스 저장조와 흡수 평형 반응기로 구성되며, 일정한 온도로 유지하기 위하여 Bath circulator에 위치하였다.

가스 저장조에서 이산화탄소를 일정한 온도로 유지시킨 후 반응기로 공급하며, 부피는 220ml이다. 가스 저장조로부터 공급된 이산화탄소와 흡수제와의 흡수반응이 일어나는 흡수평형 반응기의 부피는 70 ml이다. 각각의 가스 저장조와 흡수평형 반응기에는 온도와 압력을 측정할 수 있도록 K-type 온도센서와 압력센서가 설치되었다. 측정된 온도는 Autronics의 T4WI에 표시되고, 압력은 red lion의 PAX Analog Panel meter에 표시되어 1분 간격으로 데이터로 기록되게 하였다. 흡수평형 반응기의 불순물을 제거하기 위하여 Vacuum pump와 연결시켰고, 반응기내의 흡수제를 연속적으로 교반시키기 위한 Multi Point 자석교반기를 반응기 아래 부분에 위치하였다. 흡수평형 반응기로 주입되는 흡수액의 양은 15ml로 하였으며, 사용된 시약은 순도 99%이상이다.



1. CO₂
2. Gas Cylinder
3. Magnetic Stirrer
4. Heating Circulator
5. Water bath
6. Water Bath
7. Vacuum Pump
8. Reactor
9. Computer

[그림 1] CO₂ 화학흡수 실험을 위한 실험장치 개략도

2.2 실험방법

가스 저장조와 흡수평형 반응기가 위치한 Bath circulator의 온도를 목표 운영온도까지 상승시킨 후 가스 저장조로 순도 99.99%이상의 CO₂를 주입하고, 흡수제를 넣은 흡수평형 반응기를 waterbath에 위치하여 가스 저장조와 연결한다. 흡수평형 반응기에 남아있는 불순물은 Vacuum pump를 이용하여 진공상태로 만들어서 제거하였다. 가스 저장조의 CO₂와 흡수평형 반응기의 흡수제가 목표 운영온도로 일정

하게 유지되면, 가스 저장조로부터 흡수평형 반응기로 CO₂를 공급하였다.

가스 저장조에서 CO₂를 공급하기 전의 압력과 공급후의 압력차를 이용하여 흡수평형 반응기로 공급된 CO₂의 몰수를 계산하였으며, 흡수반응으로 인한 반응기내의 압력이 일정시간동안 감소하기 않는 기액 평형상태에 도달하면 반응기내의 압력을 이용하여 남아있는 CO₂의 몰수를 계산하였다.

3. 실험결과 및 고찰

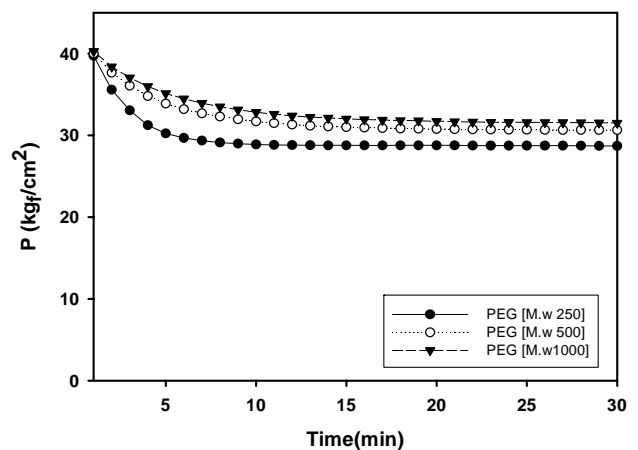
3-1. PEG 용액의 초기흡수특성

PEG 용액의 분자량에 따른 초기속도를 알아보기 위하여 PEG (분자량 250, 500, 1000)를 15ml를 반응기에 넣은 후 흡수평형실험을 실시하였다. 그림 2는 60℃에서 PEG용액의 분자량별 이산화탄소의 초기흡수속도를 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 초기 5분까지의 속도는 분자량 250이 분자량500, 분자량1000보다 상당히 높은 것으로 나타났고 이 후 속도 변화는 없었다.

[표 1] 60℃에서 PEG의 분자량별 압력감소속도

흡수제	PEG (M.w 250)	PEG (M.w 500)	PEG (M.w 1000)
흡수속도	0.0042	0.00322	0.00289

표 1은 각 항목별 압력감소 속도를 나타낸 것으로 흡수속도의 계산은 반응시작 후 10분 동안 감소된 이산화탄소의 mol로서 계산하였다. PEG 중 분자량 250은 0.0042로 가장 빨랐고, 분자량 500의 경우는 0.00322, 분자량 1000은 0.00289로 가장 느렸다.



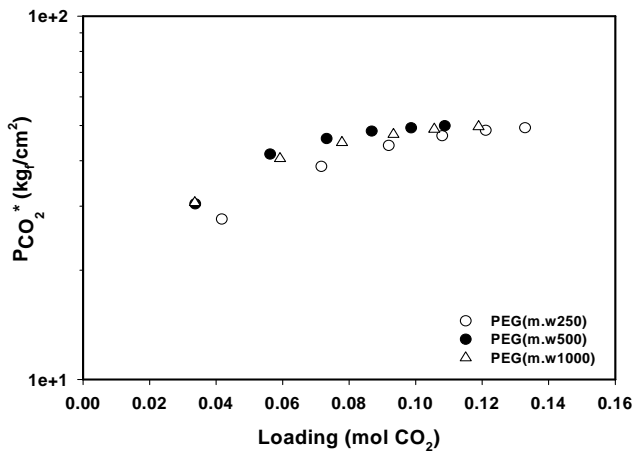
[그림 2] 60℃에서 PEG의 분자량별 초기흡수속도

3-2. PEG 용액의 흡수평형 특성

PEG 용액의 분자량에 따른 이산화탄소 흡수특성을 알아보기 위해 각각 PEG (분자량 250, 500, 1000)를 15ml 넣고 흡수평형실험을 하였다. 그림 3은 60℃에서 PEG 용액의 분자량별 이산화탄소부하에 따른 흡수액의 흡수평형압력을 나타낸 것이다.

그림 3에서 보는 바와 같이 분자량 250이 가장 우수하였고, 1000, 500 순의 흡수력을 보였다.

또한, 초기흡수속도가 빠르게 진행된 후 흡수력이 감소하기 때문에 흡수평형에 도달하기까지의 시간이 오래 걸리진 않았다.



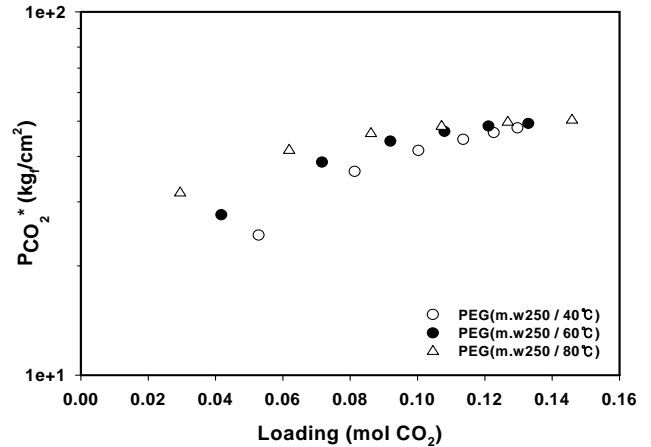
[그림 3] 60℃에서 PEG의 분자량별 이산화탄소 부하에 따른 흡수평형압력

3-3. PEG 용액의 반응온도에 따른 흡수평형 특성

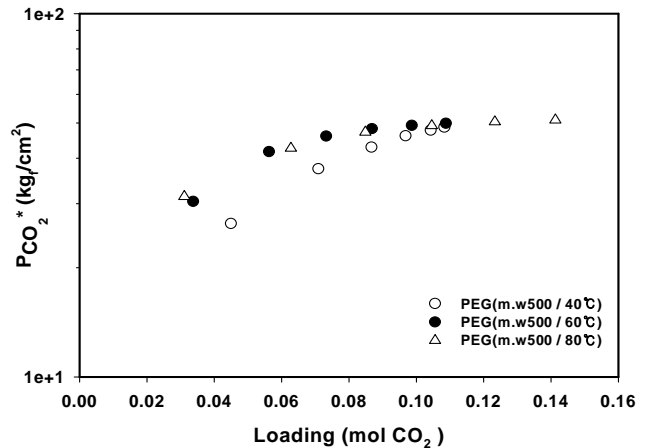
PEG 용액의 분자량별 온도에 따른 이산화탄소 흡수특성을 알아보기 위해 각각 PEG(분자량 250, 500)을 이용하여 반응온도 40℃, 60℃, 80℃에서 실시하였다.

그 결과, 그림 4에서 보는 바와 같이 분자량 250의 PEG는 반응온도가 낮을수록 흡수평형압력이 낮게 나타났다.

또한, 그림 5에서 보는 바와 같이 분자량 500의 PEG역시 반응온도가 낮은 40℃에서 흡수평형압력이 가장 낮았으나 60℃와 80℃의 흡수평형압력은 유사하게 나타났다.



[그림 4] PEG(분자량 250)의 온도에 따른 이산화탄소 흡수평형압력



[그림 5] PEG(분자량 500)의 온도에 따른 이산화탄소 흡수평형압력

4. 결론

PEG의 분자량(250, 500, 1000)별 이산화탄소 흡수특성과 흡수속도를 알아보기 위해 60℃에서 조사하였으며, 그 결과 PEG(분자량 250)의 흡수능과 초기흡수속도가 가장 우수하였다.

또한, 반응온도별 이산화탄소 흡수특성을 알아보기 위해 각각의 PEG(분자량 250, 500)에 반응온도를 40℃, 60℃, 80℃로 변화시키면서 이산화탄소 흡수특성을 조사한 결과 분자량 250의 경우 온도가 낮을수록 흡수평형압력이 낮게 나타났고, 분자량 500의 경우도 낮은 온도에서 가장 좋은 흡수평형압력을 보였으나 60℃이후의 흡수평형압력은 큰 변화를 보이지 않았다.

고체인 분자량 1000의 PEG는 40℃에서 실험 종료시 완벽하게 녹지 않고 고체 상태로 미량이 남아있어 반응온도별 흡수특성을 알아볼 수 없었다.

참고문헌

- [1] Curt M. White, rain R. Strazisar, Evan J. Granite, James S. Hoffman, and Henry W. Pennline, "Separation and Capture of CO₂ from Large Stationary Sources and Sequestration in Geological Formations-Coalbeds and Deep saline Aquifers", J. Air Waste Manage. Assoc., 53, 645, 2003.
- [2] G. J. Oh, S. S. Lee, W. J. Choi, J. J. Lee, B. H. Shon "Absorption and Regeneration Characteristics of Carbon Dioxide by Aqueous MEA/NMP Solutions", J. of KSEE pp. 609-615, 2003.
- [3] K. H. Han, J. S. Lee and B. M. Min, "Absorption Equilibrium of CO₂ in the Sterically Hindered Amine, AMP Aqueous Solution", Korean Chem. Eng., Res., pp. 197 - 202, 2007.
- [4] Y. Liu, L. Zhang, S. Watanasiri, "Representing vapor - liquid equilibrium for an aqueous MEA - CO₂ system using the electrolyte nonrandom-two-liquid model", Ind. Eng. Chem. Res., pp. 2080 - 2090, 1999.
- [5] S. B. Park, C. S. Shim, H. Lee, K. H. Lee, "Solubilities of carbon dioxide in the aqueous potassium carbonate and potassium carbonate-poly(ethylene glycol) solutions", Fluid Phase Equilibria, 134, pp. 141-149, 1997.