

PF9) 이온성액체의 이산화탄소 제거 특성

The Characteristics of Ionic Liquid for the Removal of Carbon Dioxide

정순관·김대훈¹⁾

한국에너지기술연구원, ¹⁾충주대학교 환경공학과

1. 서론

지구상의 온실가스 농도가 빠르게 증가하면서 지구온실가스효과를 억제하기 위한 기후변화협약이 진행되고 있으며, 이에 대응하기 위하여 국제적인 노력이 증대되고 있다. 온실가스 저감을 위하여 천연가스와 같은 저탄소형 에너지원의 사용이 요구되고 있으나 이와 같은 자원은 한계가 있기 때문에 대체 에너지원의 사용이 불가피하다. 또한 석유자원의 고갈에 따라 전 세계적으로 고유가가 지속될 전망이며, 이에 반하여 값싸고 풍부한 석탄의 수요는 지속적으로 증가할 전망이다. 앞으로 탄소의 함량이 많은 석탄을 에너지원으로 사용하기 위해서는 대량으로 발생하는 이산화탄소 회수 및 저장(CCS, Carbon Dioxide & Storage) 기술의 확보가 필수적이다.

연소배가스 중 이산화탄소를 회수하는 가장 대표적인 기술은 아민용액을 이용한 습식회수공정이다. 상기공정은 기술성숙도가 높고, 대용량 가스처리가 가능하며, 효율이 우수한 장점이 있으나, 흡수액의 재생에너지 소모가 크며, 장기운전시 흡수액 열화에 따른 성능저하 및 보충비용이 필요하며, 흡수액에 의한 장치 부식의 문제점을 가지고 있어 새로운 형태의 흡수용액 개발이 요구된다.

이러한 이산화탄소 흡수용액중의 하나가 본 연구에서 사용한 이온성액체(Ionic Liquid)이다. 본 연구에서는 이온성액체의 이산화탄소 흡수특성에 대한 고찰을 수행하였으며, 상용화되어 있는 아민용액과의 흡수용량 및 흡수속도에 대한 비교연구를 수행하였다.

2. 연구 방법

이온성액체의 이산화탄소 흡수성능을 평가하기 위한 기-액 상평형장치는 그림 1과 같다. 그림에서와 같이 반응장치는 반응제어부, 전처리 수조, 반응조 및 데이터 수집장치로 구성되어 있다. 원활한 반응실험 평가를 위하여 반응장치는 다음 65cc와 350cc 두 종류를 제작하여 사용하였다.

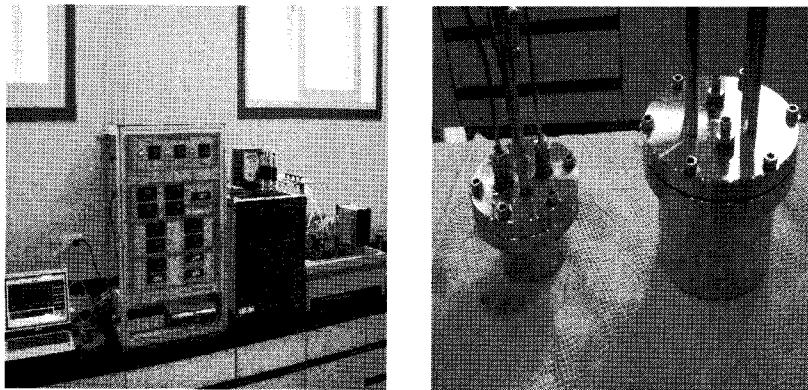


Fig. 1. Experimental Setup for the Removal of Carbon Dioxide.

실험방법은 무게를 측정된 이온성액체를 반응기에 주입한 후 진공펌프를 이용하여 반응기내 가스상 물질을 모두 제거하였다. 수조의 온도를 원하는 실험온도까지 상승시킨 후 1시간동안 유지하여 반응기

내와 수조와의 온도가 평형이 되게 유지하였다. 이산화탄소는 전처리 수조에 주입한 후 실험온도와 동일한 온도를 유지하게 하였다. 반응기내 조건이 평형상태에 도달 했을 때 전처리 수조내 예비반응기를 open하여 이산화탄소가 반응기로 유입되게 하였으며, 5초 후 밸브를 close하였다. 이온성액체에 흡수된 이산화탄소의 양은 초기에 주입된 이산화탄소 압력에서 반응기내 기상에 존재하는 이산화탄소의 압을 뺀값으로 계산하였다. 반응에 사용한 이온성액체는 본 연구진의 제조한 것과 C-tri사에서 제조한 것을 사용하였으며, C-tri사로부터 구입한 이온성액체는 99.0wt.% 이상의 순도와 불순물로 할로젠과 수분이 각각 20, 100ppm 이하인 제품을 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

이온성액체는 음이온 혹은 양이온의 교환에 의해서 10^{18} 개의 다양한 이온성액체의 제조가 가능하다. 본 연구에서는 양이온과 음이온중 어느 영역이 이산화탄소의 흡수에 큰 영향을 끼치는가에 대한 연구를 상온, 이산화탄소 분압 10 bar에서 수행하였으며 그 결과는 그림 2와 같다. 첫 번째와 두 번째 결과는 음이온은 $[BF_4]$ 로 동일한 상태이며 양이온이 $[emim]$ 과 $[hmim]$ 인 상태이다. 그림에서와 같이 거의 차이를 보이지 않고 있음을 알 수 있다. 그러나 양이온은 $[hmim]$ 으로 고정된 상태에서 음이온이 변경된 경우 이산화탄소 흡수능의 차이가 크게 나타남을 알 수 있다. 음이온이 고정된 위치는 $[hmim]$ 이 가지고 있는 오각형구조의 세 번째 자리로 모두 동일한 상태이다. 즉 음이온과 이산화탄소와의 친화도차이에 의해 흡수능의 차이가 생기는 것으로 볼 수 있다. 본 연구에서는 $[Tf_2N] > [BF_4] > [PF_6]$ 의 순서로 이산화탄소에 대한 흡수능이 우수하게 나타났다.

이러한 결과는 $[bmim][PF_6]$ 와 $[bmim][BF_4]$ 를 이용한 ATR-IR 측정을 수행한 Kazarian등의 연구결과와 동일한 것으로 상기연구자들은 이산화탄소와 음이온과의 약한 Lewis acid-base 결합이 존재하는 것을 확인하고 이온성액체에서 음이온이 중요한 역할을 수행한다고 하였다. 또한 실험과 분자 모델링을 수행한 Norte Dame 대학 연구팀 결과는 이산화탄소 흡수에 영향을 미치는 것은 음이온이며 양이온의 경우 이산화탄소 흡수에 10% 미만의 영향을 끼친다고 보고하였다. 즉 향후 개선된 이온성액체를 개발할 경우 이산화탄소와의 affinity가 우수한 화합물을 우선적으로 고려해야 한다.

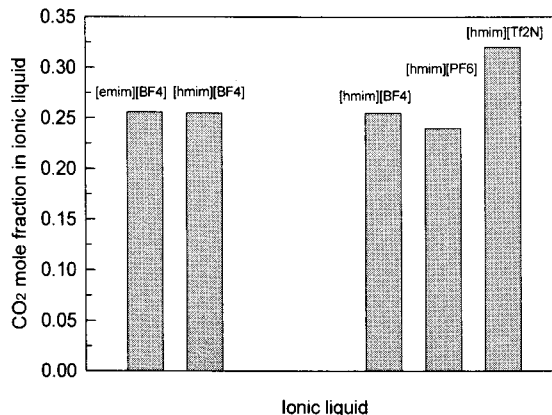


Fig. 2. Effect of ion type on CO₂ solubility.