

### PE3) 발전소 배기가스의 CO<sub>2</sub> 회수를 위한 신흡수제 연구

## A Study on the New Absorbent for CO<sub>2</sub> Capture from Power Plant

김준한 · 장경룡 · 류청걸 · 엄희문

한국전력공사 전력연구원 지구환경그룹

#### 1. 서 론

온실가스 감축을 위한 교토의정서가 2005년 2월 16일부터 발효되면서 우리나라는 교토의정서의 의무 감축 대상 국가가 아니지만 세계 9위 이산화탄소 배출국가로 국제사회로부터 온실가스 감축 노력 압력을 거세게 받을것으로 예상된다. 따라서 화석연료의 연소에 의한 이산화탄소의 배출을 줄이기 위한 방법으로는 탄소에너지원 소비를 줄이거나 대체하는 것이다. 그러나 이 방법들은 현실적으로 기술력과 경제성 문제에 부딪쳐 조만간 팽빙위한 활용은 어려운 형편이다. 이러한 환경에서 가격이 저렴한 석탄 등 탄소 에너지원은 그대로 사용하면서 연소 후 배출된 이산화탄소를 저감하고 저장하는 기술에 관한 연구가 현실적인 대안으로 연구되고 있다. 이 기술들은 미국, 일본, EU 등 선진국을 중심으로 흡수법, 흡착법, 막분리법, 심냉법, 산소연소법 등이 연구되고 있다. 본 연구에서는 발전소 등과 같은 대규모 발생원에서의 이산화탄소를 저감하는 기술로는 실용화에 가장 앞서는 흡수법 중 발전소 배기가스 중에 온실가스인 이산화탄소만을 흡수하는 흡수제에 관한 것이다. 흡수법에서는 화학 흡수제를 활용하여 이산화탄소를 분리하게 되는데 모노에탄올아민(MEA) 등 알카놀아민 계통의 흡수제가 기본 물질로 연구되어 왔다. 그러나 이러한 물질들은 흡수력이 강해 이산화탄소를 잘 흡수하지만 강한 결합력에 의해 탈거시 에너지가 많이 소모되어 적용에 문제가 되어 왔다. 이를 해결할 수 있는 방안으로 본 연구에서는 그간 연구된 흡수제 보다 단위 흡수량은 많고 탈거시 에너지 소모가 적게 소요되는 흡수제로 글리신산나트륨(SG)에 대해 연구한 결과를 제시한 것이다.

#### 2. 실험 장치 및 연구 방법

본 연구는 흡수제의 증발엔탈피 측정을 위한 증기압 및 비점의 측정과 흡수제의 흡수량을 측정하기 위한 흡수능 측정실험을 시행하였다. 증기압 및 비점의 측정은 그림 1과 같이 recirculating equilibrium still로 수행하였다. 시료는 중량비로 10wt%~ 60wt% 모액을 만들어 플라스크 내에 주입하고 일정한 압력 하에서 비점을 측정하였으며, 이때 플라스크에 주입되는 용액의 양은 Cottrell pump를 통한 pumping이 용이하도록 조절하였다. 평형에 도달하는 시간은 플라스크의 크기에 따라 달라질 수 있는데, 본 실험에 사용되는 장치의 경우 일정한 비점에 도달된 후 2시간 이상 비등 순환시키면 (distillate가 분당 30~40 drop 정도로 일정하게 유지될 경우) 완전한 평형에 도달한 것으로 간주하였고, 이때 5분 간격으로 3번 측정된 온도의 평균값을 그 압력에서의 비점으로 간주하였다.

흡수량측정을 위한 장치는 그림 2와 같다. 이 측정 장치는 일정한 온도에서 정확한 양의 이산화탄소를 주입하기 위한 저장조와 일정한 온도에서 이산화탄소와 흡수제의 반응을 위한 반응조로 구성되어 있다. 실험방법은 실험이 시작되기 전, 이산화탄소 저장조에는 일정량의 이산화탄소 가스를 채워 넣고, 반응조에는 이산화탄소 가스가 없는 순수 질소상태로 유지한다. 따라서 반응조를 GC로 분석하여 이산화탄소 가스가 검출 되지 않을 때까지 질소 가스로 충분히 퍼지 시켜준다. 그 후 pump를 이용하여 흡수제를 100g 가량 주입시켜주고 오븐의 온도를 실험 온도로 맞춰 실험 시작온도에서의 평형압력을 측정한다. 이 압력이 질소가스와 흡수제의 기본 압력이 되며, 실험온도에 도달함과 동시에 이산화탄소 저장조의 밸브를 열어 이산화탄소 가스를 반응조로 이송시킨다. 이후 이산화탄소 반응조의 평형압력과 온도가 일정하게 되면 반응이 종료된 것으로 판단한다. 이때 이산화탄소 반응조와 이산화탄소 저장조의 압력변화를 측정하여 이산화탄소의 평형부하와 유입된 이산화탄소의 가스량 계산에 따른 분압을 계산하여 용해도를 측정한다.

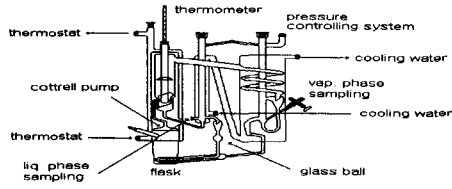


Fig. 1. Diagram of Recirculating equilibrium still

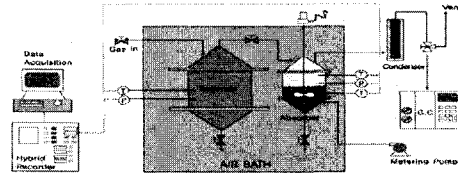


Fig. 2. Diagram of apparatus for vapor-liquid equilibrium

### 3. 결과 및 고찰

순수한 물의 증발잠열은 100°C에서 2,258 kJ/Kg 이며, 보다 정확한 개념으로 증발잠열은 증발엔탈피 (enthalpy of vaporization)이므로 J/mol로 표기하면 2,258J x 18g = 40,644 J/mol 이다. 이 값은 실제로 표 1의 수용액 조성에 따른 증발잠열 값과 큰 차이가 나지 않아 간접적으로 값을 신뢰할 수 있으며, 염 효과로 인해 순수 물보다 sodium glycinate 수용액의 증발엔탈피가 조금 높게 나온 것으로 판단된다. 그림 3은 수용액 조성당 증발엔탈피를 나타낸 것이다.

Table 1. Vaporization enthalpy of Sodium glycinate aqueous solution

wt%	$\Delta H/R$ (J/mol · K)	$\Delta H$ (J/mol)	wt%	$\Delta H/R$ (J/mol · K)	$\Delta H$ (J/mol)
10	4977.1	41379.6	40	4965.8	41285.7
20	4982.9	41427.8	50	4988.1	41471.1
30	4964.6	41275.7	60	5076.6	42206.9

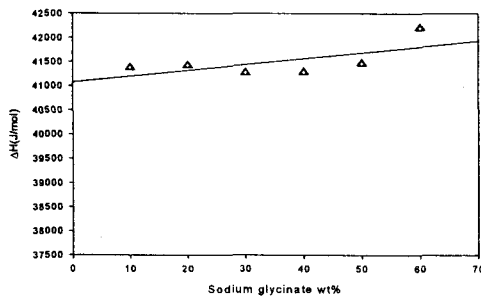


Fig. 3. Vaporization enthalpy of Sodium glycinate aqueous solution

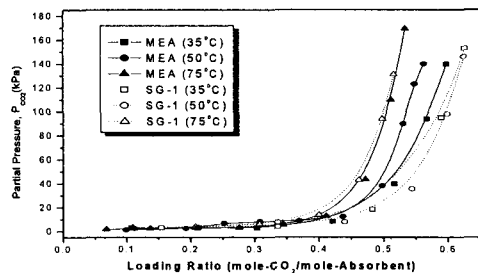


Fig. 4. Loading Ratio of CO<sub>2</sub> in a 30 wt% MEA & S.G.

그림 4는 S.G.의 이산화탄소 흡수량을 알아보기 위하여 이미 많은 자료가 확보된 MEA와 비교실험을 수행하였다. 그 실험 요소로서 평형 상태에서의 이산화탄소 loading ratio(LR, 흡수제 단위 몰 당 흡수량)를 이용하였다. 이때 흡수용액의 농도는 30wt%로 동일하게 유지하였고, 실험온도는 35°C, 50°C, 75°C로 하여 비교하여 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이 두 흡수제의 LR는 분압에 비례하고, 온도에 반비례함을 알 수 있다. 이것은 Danckwerts(1979)와 동일한 결과이다. SG의 LR의 경우 흡수제의 온도 35°C, 분압 20kPa에서 MEA와 비슷하지만, 그 이상에서는 점점 커지고 있다. 이는 SG가 MEA에 비해 상대적으로 많은 양의 이산화탄소를 흡수할 수 있음을 나타낸다.

### 참고 문헌

P.V. Danckwerts, "The Reaction of CO<sub>2</sub> with Ethanolamine", Chem. Eng. Sci., 34, 443 (1979)