

알카놀아민 수용액을 이용한 이산화탄소 흡수특성 연구

오상교* · 이영우* · 남성찬[†] · 윤여일* · 김영은*

한국에너지기술연구원, *충남대학교

(2008년 6월 4일 접수, 2009년 1월 20일 수정, 2009년 1월 30일 채택)

Study on Absorption Characteristics of CO₂ in Aqueous Alkanolamine Solutions

Sang-kyo Oh*, Young-Woo Rhee*, Sung-Chan Nam[†], Yeo-il Yoon*, Young-Eun Kim*

Korea Institute of Energy Research

*Chung Nam National University

(Received 4 June 2008, Revised 20 January 2009, Accepted 30 January 2009)

요 약

화석연료 사용에 의한 이산화탄소의 증가는 지구온난화의 주요인으로, 세계적으로 배출량을 줄이려는 노력을 기울이고 있다. 알카놀아민 수용액을 이용한 흡수법은 산성가스를 제거하기 위하여 폭 넓게 사용되고 있고, 특히 배가스로부터 나오는 이산화탄소의 제거에 효과적인 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 알카놀아민 수용액을 사용하여 이산화탄소 흡수시에 나타나는 흡수특성을 연구하였다. 기/액 평형 실험 장치를 사용하여 이산화탄소의 평형분압(P_{CO_2})과 이산화탄소 최초 1회 주입 후 평형에 도달하는 시간을 측정하여 60°C에서 각각 흡수 용량과 흡수 속도를 계산하였다. 실험 결과 MEA 10wt%에서의 흡수용량은 낮은 온도(40°C)에서 우수하였고, 평형부하 0.5부근에서 이산화탄소가 포화되었음을 알 수 있었다. 흡수제에 따른 흡수용량은 AMP>DEA>MEA, 흡수속도는 MEA>AMP>DEA 순으로 나타났다. 따라서 가장 우수한 성능을 가진 흡수제를 선정하기 위해서는 흡수용량과 흡수속도를 동시에 고려해보아야 한다.

주요어 : 이산화탄소, 포집, 알카놀아민, 흡수능, 흡수속도

Abstract— Increase of CO₂ by using fossil fuels makes mainly global warming and the international efforts to reduce the CO₂ emission is being promoted. Absorption process using aqueous alkanolamine solution to remove acid components in the mixed gases has been used commercially. This method was used to remove CO₂ in the flue gas in recent years. CO₂ Absorption characteristics of several aqueous alkanolamine solutions such as MEA, DEA and AMP was studied by measuring vapor-liquid-equilibrium(VLE) and absorption velocity in this study. VLE measuring equipment, shell and reactor type, was used to acquire VLE data, equilibrium CO₂ pressure(P_{CO_2}) and time at each pulse gas input. We also acquired the CO₂ absorption velocity by measuring the time to arrive the VLE at 40~80°C and first gas input.

The CO₂ absorption capacity of MEA 10wt% solution was higher than two alkanolamine solutions at 40°C and the equilibrium CO₂ loading was 0.5. Absorption capacity was excellent as follows ; AMP>DEA>MEA. But absorption velocity was fast as follows ; MEA>AMP>DEA. Though good absorbent was considered by many variables, absorption velocity and capacity was more important factor.

Key words : carbon dioxide, capture, alkanolamine, absorption capacity, absorption velocity

1. 서 론

[†]To whom correspondence should be addressed
102 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon, 305-343, Korea
E-mail : scnam@kier.re.kr

온실가스 증가에 따른 지구 온난화 문제는 세계적으로 과학적 자료가 증가하여 범지구적 차원의 노력이 필요하다는 인식이 확산되었고, 이미 유엔의 기후 변화에 대한

기본 협약이 발효된 상태이기 때문에 머지않아 지구 온난화 방지를 위한 온실 가스 제어기술의 적용이 이루어질 것으로 예상된다. 대기 중에 존재하는 대부분의 가스는 지구 온난화 현상에 영향을 미치고 있으나, 이산화탄소를 포함한 연화불소 화합물, 메탄가스, 질소 산화물, 수증기 등이 지배적인 영향을 나타냄에 따라 이들 가스를 온실 가스로 분류하고 있다. 이들 온실 가스 중에서 메탄가스와 질소 산화물은 많은 양이 자연으로부터 배출되기 때문에 배출을 억제하기 어려운 것으로 알려져 있으며, 따라서 지구 온난화를 억제하기 위한 관심의 대상이 되는 물질은 이산화탄소와 연화불화탄소이다. 이 두 가지 물질의 배출량은 산업화와 밀접한 관련이 있는데, 연화불화탄소는 적은 양으로도 온실효과에 큰 영향을 주며 오존층을 파괴하는 물질로도 알려져 있지만, 몬트리올 의정서에 의해 그 사용과 생산량이 규제되고 있으며 장기적으로는 전폐될 예정이다. 따라서 지구 온난화 문제는 자연히 이산화탄소 배출량 억제라는 문제로 귀착되게 되었다. 우리나라는 당장 2008년부터 온실가스 배출 규제를 받는 1차 의무감축 대상국에 포함되어 있지만 오는 2013년부터 규제를 받는 2차 대상국에 포함될 것이 확실시 되고 있어 이에 대한 대비가 필요하다.

화학 흡수제에 의한 이산화탄소 분리회수법에는 알카놀아민법, 열탄산칼리법, Alkacid법 등이 있는데 이중 알카놀아민법을 사용하는 흡수제로 MEA(Monoethanolamine), DEA(Diethanolamine), TEA(Triethanolamine), MDEA(Methyldiethanolamine), AMP(2-Amino-2-methyl-1-propanol) 등이 있다. 탄산칼륨 수용액의 경우 낮은 흡수능과 느린 흡수 속도를 가지며 장치 운전시의 KHCO_3 가 석출되는 단점이 지적 되고 있어 개선이 필요하다. 하지만 알카놀아민 수용액을 이용한 흡수법은 흡수능이 뛰어나거나 반응 속도가 빠르다는 장점이 있어 두 가지 이상의 아민을 혼합하여 사용하는 등의 연구가 많이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 대표적인 알카놀아민 중에서 1급 아민인 MEA와 2급 아민인 DEA 그리고 입체장애 아민인 AMP의 이산화탄소에 대한 흡수 용량과 흡수 속도를 측정함으로써 흡수제별 흡수 특성을 비교 평가하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2-1. VLE (가액 평형) 실험 장치

본 연구에서는 VLE 실험 장치를 이용하여 이산화탄소 흡수 평형에 대한 실험을 수행하였고, 이 장치의 모식도를 Fig. 1에 나타내었다. 실험 장치는 일정한 온도와 압력으로 이산화탄소를 공급할 수 있는 가스 공급기(gas cylinder), 흡수액과 이산화탄소가 반응하는 흡수 반응기(reactor), 그리고 반응기와 공급기의 압력차를 이용하여 평형 분압

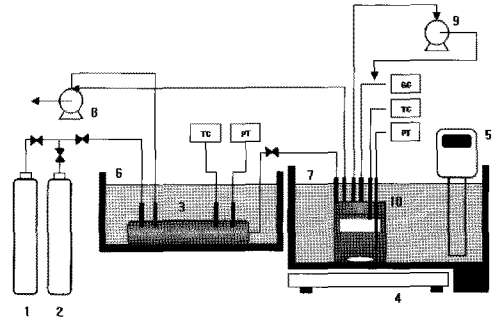


Fig. 1. Vapor-Liquid Equilibrium(VLE) apparatus.

(1. CO_2 , 2. CO_2+SO_2 , 3. Gas cylinder, 4. Magnetic stirrer, 5. Heating circulator, 6. Water bath & chiller (40°C), 7. Water bath ($20\sim 190^\circ\text{C}$), 8. Vacuum pump, 9. Diaphragm pump, 10. Reactor)

(P_{CO_2})을 계산할 수 있는 압력계측기(press measuring instrument), 반응기와 공급기를 일정한 온도로 가열해주는 항온 순환기의 주요 4부분으로 이루어져 있다.

이산화탄소의 주입량을 측정하기 위한 가스 공급기는 내부 부피 227.46 cm^3 이고, 압력 센서와 K-type의 열전대(thermo-couple)를 장착하여 공급기 내의 잔존 가스량과 온도를 측정할 수 있도록 제작하였다. 흡수 반응기 내부 부피는 320.91 cm^3 이고, 공급기와 마찬가지로 압력센서와 열전대를 장착하였으며, 이산화탄소 주입 전에 반응기 내부에 존재하는 잔존 기체를 제거하기 위해 벨로스(bellows)를 장착하여 진공으로 유지하였다. 반응기와 공급기는 모두 stainless steel 재질이고 항온 순환기에 의해 일정한 온도를 유지할 수 있게 고안하였다. 흡수 평형 실험의 압력 변화를 측정하는 압력계측기는 0.001 kgf/cm^2 의 정밀도를 가지는 Sensys사의 PTB 모델(range: $-1\sim 10 \text{ kgf/cm}^2$)을 이용하였으며, 이를 전송하여 컴퓨터에 데이터 파일로 저장하도록 설치하였다. 또한 이산화탄소 흡수 용량을 최대화 하기위해 실험이 진행되는 동안 흡수액을 일정한 속도로 교반시켜 주었다.

2-2. 실험 방법

흡수제로 사용된 알카놀아민은 Katayama사의 순도 99% MEA, 98% DEA와 Aldrich사의 99% AMP 등이고, 흡수제 농도를 각각 10, 15, 30, 40wt%로 제조하였다. 흡수 반응기에 준비된 흡수액 100 ml를 넣은 후 반응기에서 공기가 새어 나가거나 반응기 내부로 항온조의 물이 새지 않도록 철저히 밀봉한 후 반응기에 이산화탄소 가스가 주입되는 주입로, 흡수액의 온도를 측정하는 열전대, 반응기 내부의 압력변화를 측정하는 압력센서 그리고 반응기 내부의 잔존 기체를 제거해 줄 펌프 라인을 설치한다. 설치가 완료된 반응기는 실험온도로 예열된

항온조에 넣고, 항온조 아래에 준비한 교반기를 이용하여 실험이 진행되는 동안 흡수액을 교반함으로써 흡수액과 이산화탄소의 표면적을 넓혀 이산화탄소의 흡수 용량을 최대화하였다. 반응기가 담겨진 항온 수조는 흡수액의 온도에 따른 이산화탄소 흡수 성능을 측정하기 위해 40, 60, 80 °C로 세팅하여 각각 실험한다. 공급기에 채워진 이산화탄소 (99.9 %)는 항온수조에 의해 40 °C로 예열시킴으로써 실험 준비를 완료하였다.

실험 조건에 도달하면 온도 및 평형 압력을 측정하는데, 이때의 평형 압력은 실험 온도에서의 수증기 및 흡수액의 증기압의 합으로 가정하고 실험 후 최종 평형 압력에서 이 값을 빼 줌으로써 흡수액과 이산화탄소의 평형 압력을 계산할 수 있다.

공급기 및 반응기가 평형 온도에 도달하면 공급기와 반응기에 연결된 밸브를 열어 일정한 압력의 이산화탄소를 주입하고 기-액 접촉을 통한 이산화탄소의 흡수반응을 시작하였다. 반응이 진행되는 동안 반응기의 압력은 흡수액에 대한 이산화탄소의 흡수에 따라 감소하게 되며, 더 이상의 압력 변화가 나타나지 않으면 흡수 평형에 도달한 것으로 판단하고, 그 때의 압력을 측정하여 이산화탄소의 평형 압력을 계산하였다. 이러한 과정을 7~8 차례 반복하였다. 본 연구에서 사용된 VLE 실험 장치를 이용한 흡수 속도는 밀폐된 반응기 내에 주입된 이산화탄소가 흡수액에 의해서만 흡수되므로, 그에 따른 압력 변화를 5초 간격으로 측정하여 나타내었다.

2-3. 흡수량 계산법

흡수평형 실험에서 흡수제에 흡수된 이산화탄소의 흡수량(n)은 virial 상태방정식을 이용하여 물질지수인 식 (1)로부터 계산할 수 있으며, 비이상성을 고려해 주기 위하여 압축인자(compressibility factor), Z를 도입하였다.

$$\frac{P_{L_0} V_{L_0}}{Z_{L_0} RT_{L_0}} - \frac{P_{L_1} V_{L_1}}{Z_{L_1} RT_{L_1}} = \frac{P_A V_A}{Z_A RT_A} + n \quad (1)$$

여기에서 하첨자 L과 A는 각각 기체공급용기(loading cylinder)와 흡수용기(absorption cell)를, 0과 1은 흡수전과 후의 상태를 나타내며, V_A는 흡수용기의 부피에서 액상의 부피를 제외한 기상부피이다. 액상에 흡수된 이산화탄소의 몰수는 공급기로부터 반응기로 공급된 양에서 반응기의 기상에 존재하는 양을 보정하여 결정하였다. 이산화탄소의 부하량은 1mol의 흡수제에 흡수된 이산화탄소의 몰수로 나타내었다.

압축인자 Z는 다음의 식을 이용하여 계산된다.

$$Z = \frac{RT}{PV} = 1 + \frac{BP}{RT} = 1 + \left(\frac{BP_c}{RT_c}\right) \frac{P_r}{T_r} \quad (2)$$

$$\frac{BP_c}{RT_c} = B^0 + \omega B^1$$

$$B^0 = 0.083 - \frac{0.442}{T_r^{1.6}}$$

$$B^1 = 0.139 - \frac{0.172}{T_r^{1.6}}$$

2.4. 흡수 속도 계산법

본 연구에서는 알카놀아민의 흡수 특성을 파악하기 위해 흡수 용량과 함께 이산화탄소 흡수 속도를 비교하였다. 본 연구에서 사용된 실험 장치는 동일한 조건에서 진행되고 외부의 가스 유출·입이 없기 때문에 상대적인 흡수 반응 속도를 비교하는데 유용하다. 이산화탄소 흡수 반응 속도에 대한 식을 살펴보면, 알카놀아민 수용액과 이산화탄소의 흡수 반응 속도는 1차 반응으로 나타낼 수 있다.

본 연구에서 사용된 알카놀아민류 들은 이산화탄소와 반응하여 중간 생성물 R'(NHCOO)₂를 생성하며, 이는 가수분해반응을 통해 평형에 도달한다.

$$-\ln\left(\frac{C_{CO_2} - C_{CO_2}^*}{C_{CO_2}^0 - C_{CO_2}^*}\right) = k_{app} \cdot t \quad (3)$$

$$-\ln\left(\frac{P_{CO_2} - P_{CO_2}^*}{P_{CO_2}^0 - P_{CO_2}^*}\right) = k_{app} \cdot t \quad (4)$$

여기서 C⁰_{CO₂}는 액중에서의 초기 이산화탄소의 농도이고, C*_{CO₂}는 액중에서 평형농도이다. 또한, P⁰_{CO₂}는 초기의 이산화탄소 분압이고, P*_{CO₂}는 이산화탄소의 평형분압이다. k_{app}는 기상의 이산화탄소의 분압이 평형분압과의 1/2지점까지 떨어졌을 때의 시간에서 겉보기 속도상수를 나타낸다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에는 알카놀아민 흡수제가 이산화탄소를 흡수 특성을 온도와 농도, 그리고 흡수제의 종류에 따라 흡수 용량과 흡수속도에 대하여 비교하였다.

3-1. 온도에 따른 흡수 용량

알카놀아민에 대한 이산화탄소의 흡수 반응은 발열 반

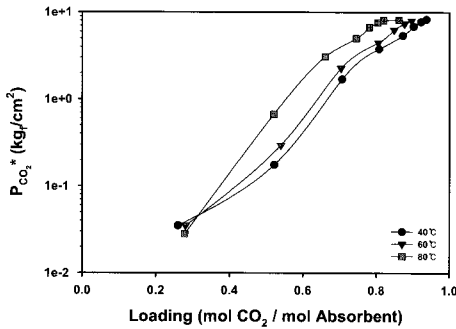


Fig. 2. CO₂ absorption property of 10wt% aqueous MEA solution at various temperature.

용으로 온도가 증가함에 따라 동일 부하에서의 평형 부하가 작아지게 된다. Fig. 2는 MEA 10wt%의 흡수 용량을 나타낸 것으로 동일 부하에서 온도가 40°C일 때 이산화탄소 평형 분압이 가장 낮게 나타났다. 이는 MEA의 경우 온도가 높아질수록 증기압이 커져 이산화탄소가 수용액상의 MEA와 반응하는 양이 적어 평형분압이 높게 나타낸 결과이다. MEA의 경우 1몰의 이산화탄소와 2몰의 아민이 반응하므로 반응이 완전히 진행되었을 경우 평형 부하는 0.5까지 나타낼 수 있고, 평형 부하 0.4부근에서 급격한 기울기의 변화를 보이고 있다. 이러한 기울기 특성으로 보아 이 영역에서 MEA에 이산화탄소가 포화 흡수함을 알 수 있었다. 평형 부하가 0.5이후에서의 평형분압 증가는 물에 대한 이산화탄소의 용해도 증가에 의한 것임을 알 수 있다.

3-2. 농도에 따른 흡수용량

알카놀아민을 이용한 이산화탄소의 흡수는 가-액 계면에서 이산화탄소의 물리적 흡수에 따른 액상에서의 화학 반응 과정으로 이루어진다. 화학 반응은 알카놀아민과 이산화탄소의 화학양론적 반응이므로, 흡수제 몰당 이산화탄소의 흡수량을 표시하는 흡수 평형 부하량은 포화점에 달할 때까지는 이론적으로 흡수제의 농도에 영향을 받지 않게 된다. 그러나, 계면에서의 이산화탄소 흡수는 알카놀아민의 농도에 영향을 받으며, 알카놀아민과 이산화탄소의 반응이 약전해질 성분들 간의 반응임을 고려할 때, 물에 대한 알카놀아민의 해리 정도와 수용액상에 대한 이산화탄소 용해도의 영향을 반드시 고려해주어야 한다. 이러한 현상은 본 실험의 결과에서도 잘 나타나고 있으며, MEA 60°C에서 농도 변화 따른 이산화탄소 흡수 특성에 대해 Fig. 3에 도시하였다. 그림에서는 상이한 반응 메커니즘도 확실히 나타나고 있다. 이산화탄소의 직접 반응을 주반응으로 하는 MEA의 경우, 이산화탄소의 분압이 낮은 영역에서 물에 대한 이산화탄소의 용해도가

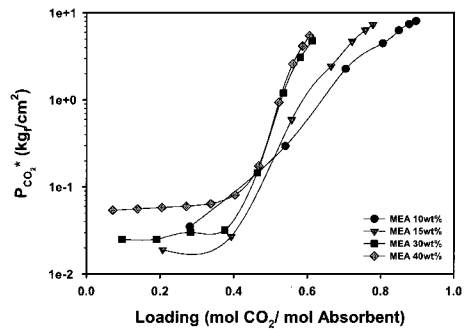


Fig. 3. CO₂ absorption property of aqueous MEA solution for various concentration at 60°C.

흡수량을 지배하므로, 알카놀아민 1몰당 이산화탄소의 흡수량은 농도가 증가함에 따라 감소하며, 분압이 높아질수록 물에 대한 이산화탄소의 용해도가 증가하므로 농도 차이에 대한 이산화탄소의 흡수량의 차이는 감소한다. 실험 결과 포화 흡수 영역인 이산화탄소의 부하 0.5 부근에서 기울기가 급격히 증가하는 것으로 나타났다. 이 영역에서는 MEA 농도가 높을수록 많은 양의 이산화탄소를 흡수하고 있음을 보여준다. 따라서 알카놀아민의 농도를 작게 하는 것이 유리하다는 판단을 할 수 있다. 그러나 알카놀아민의 농도가 작으면 재생에 필요한 순환량이 많아지고 그에 따라 재생에 필요한 에너지 요구량이 커지게 되어, 경제적으로 불리하게 되므로 여러 가지 복합적인 연구를 통한 최적화가 필요하다.

3-3. 흡수제 종류에 따른 흡수 용량

1급 아민인 MEA와 2급 아민인 DEA, 그리고 입체장애 아민인 AMP의 흡수용량에 대한 60°C에서의 결과를 Fig. 4에 나타내었다. MEA와 DEA의 경우, 1몰의 이산화탄소와 2몰의 아민이 반응하므로, 반응이 완전히 진행된 경우 평형 부하는 0.5까지 나타낼 수 있고, AMP의 경우 1.0까지 나타낼 수 있다. 60°C MEA의 경우 모두 평형부하 0.4 영역에서 급격한 기울기 변화를 보임으로써 MEA는 이산화탄소를 포화 흡수하였음을 알 수 있으며, 이 포화상태의 평형 부하는 온도가 증가함에 따라 감소함을 볼 수 있다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 포화상태 이후의 이산화탄소 흡수는 카바메이트의 가수분해에 의한 생성물인 자유 아민이 이산화탄소를 추가로 흡수하는 것으로 해석할 수 있으며, 온도가 증가함에 따라 그 기울기가 감소하는 것으로부터 카바메이트의 안정도는 온도가 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있다.

DEA의 경우도 흡수 등온선을 통하여, 이산화탄소의 포화 및 카바메이트의 가수분해에 의한 이산화탄소의 추가 흡수현상을 볼 수 있었고, 흡수 등온선의 기울기가 완

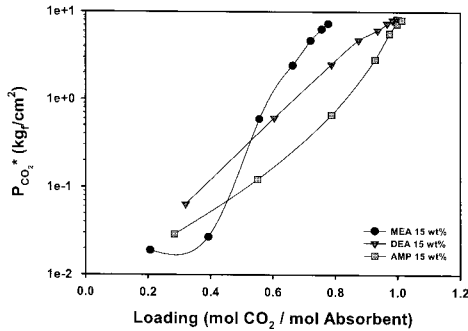


Fig. 4. CO₂ absorption property on various alkanolamine at 60°C.

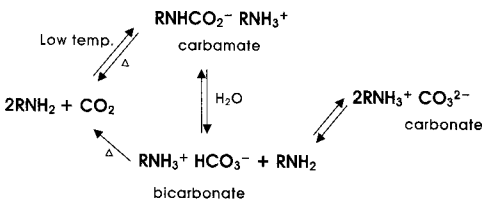


Fig. 5. CO₂ absorption mechanism.

만한 것으로부터 MEA에 비하여 생성된 카바메이트의 안정도가 대단히 작음을 알 수 있었다. AMP의 경우, 아민 1몰당 1몰의 이산화탄소를 흡수할 수 있으며, 따라서 이산화탄소 분압의 증가에 따른 기울기의 급격한 변화는 나타나지 않았다. 이러한 현상으로 볼 때 알카놀아민의 흡수용량만을 고려하였을 경우, 흡수능은 AMP>DEA>MEA 순으로 확인할 수 있었다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 흡수용량과 흡수속도는 카바메이트 안정도에 크게 기인한다. 카바메이트의 안정도가 높으면 반응속도는 빠른 반면 흡수용량은 작아지는 현상이 발생한다.

3-4. 온도와 농도에 따른 흡수 속도

온도와 농도에 따른 이산화탄소 흡수 속도를 알아보기 위해 MEA 10, 15, 30, 40wt% 수용액을 제조하여 40, 60, 80°C에서 VLE 실험을 수행하였다. Fig. 6~Fig. 7은 반응기에 이산화탄소를 최초 1회 주입했을 때의 압력 변화를 시간에 따라 나타낸 것으로, 이산화탄소 흡수 속도는 MEA 10, 15, 30, 40wt%의 경우 전반적으로 온도가 증가할수록 빨라졌고, 30, 40wt%의 경우 온도 증가에 따른 속도의 변화가 매우 적었다. 또한 낮은 온도에서 이산화탄소의 평형 압력이 0에 가까운 수치가 나타나는 것으로 보아 위에서 언급하였던 낮은 온도에서의 흡수용량이 우수하다는 결과와 일치함을 알 수 있었다.

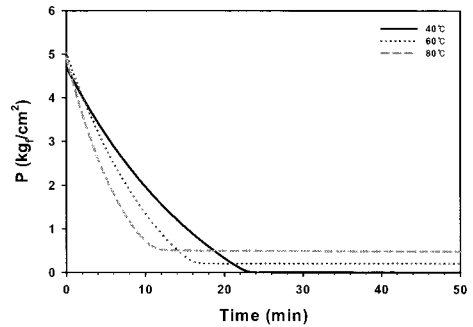


Fig. 6. CO₂ reaction rate property of 10wt% aqueous MEA solution at various temperature.

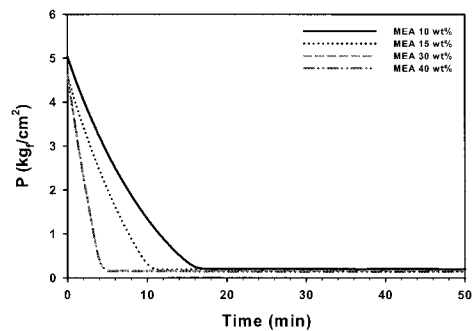


Fig. 7. CO₂ reaction rate property of aqueous MEA solution for various concentration at 60°C.

3-5. 흡수제 종류에 따른 흡수 속도

흡수제의 종류에 따른 이산화탄소 흡수 속도를 알아보기 위해 MEA, DEA, AMP를 동일한 농도(15wt%)로 제조하여 60°C에서 VLE 실험을 하였다. 이산화탄소의 압력을 약 5kg/cm² 주입 후 시간의 경과에 따른 압력 강하로 나타나는 흡수속도를 측정하여 Fig. 8에 나타내었다. Table 1은 알카놀아민에 대한 온도별 겉보기 속도상수를 계산한 값들이다.

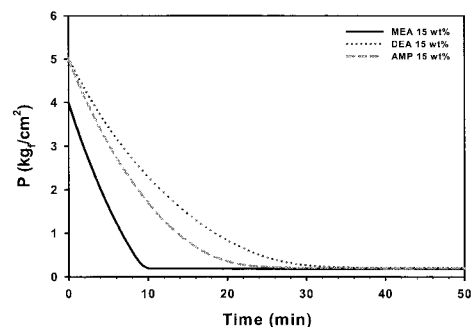


Fig. 8. CO₂ absorption rate on various alkanolamine at 60°C.

Table 1. 알카놀아민의 온도별 겔보기 속도상수

알카놀아민 (15wt%)	온도별 겔보기 속도상수(k_{app})[kgf/cm ²]		
	40℃	60℃	80℃
MEA	0.367	0.512	0.820
DEA	0.190	0.279	0.374
AMP	0.218	0.361	0.515

Table 1에서 계산된 겔보기 속도상수 값은 모든 온도에서 MEA, AMP, DEA 순으로 나타났다.

4. 결 론

- 1) MEA 수용액의 경우 흡수제 몰당 이산화탄소 부하가 같을 때, 온도가 높을수록 이산화탄소 평형 분압이 높아 낮은 온도에서 더 좋은 흡수용량을 보인다. MEA는 증기압이 비교적 높은 편이며, 온도가 증가할수록 반응기 안에 있는 MEA의 증기압이 더욱 높아지는 것이 흡수 용량 저하의 가장 큰 원인이다. 또한, 이산화탄소의 평형 분압이 낮은 영역에서 흡수량은 농도가 증가함에 따라 감소하며, 분압이 높은 영역에서는 물에 대한 이산화탄소 용해도의 증가로 농도 차이에 대한 흡수량 차이가 감소한다.
- 2) MEA와 DEA는 반응이 완전히 진행된 경우 평형 부하가 0.5이고 AMP는 1.0이다. 60℃ MEA, DEA의 경우 모두 평형부하 0.4 영역에서 이산화탄소를 포화 흡수하였고, 포화상태 이후의 이산화탄소 흡수는 카바메이트의 가수분해에 의한 이산화탄소의 추가 흡수 현상을 볼 수 있으며, DEA는 흡수 등온선의 기울기가 완만한 것으로부터 MEA에 비하여 생성된 카바메이트의 안정도가 대단히 작음을 알 수 있다. AMP의 경우, 아민 1몰당 1몰의 이산화탄소를 흡수할 수 있으며, 따라서 이산화탄소 분압의 증가에 따른 기울기의 급격한 변화는 나타나지 않았다. 이러한 현상으로 볼 때 이산화탄소에 대한 알카놀아민의 흡수용량은 AMP>DEA>MEA 순이었다.
- 3) 흡수제 종류에 따른 흡수 속도는 MEA>AMP>DEA 순이었고 온도가 증가함에 따라 빠르다. MEA의 흡수 속도는 농도와 온도가 증가함에 따라 빠른 현상을 보였다. 결론 2.에 의하면 흡수용량은 AMP가 우수하지만 흡수속도는 MEA가 보다 우수한 결과를 얻을 수 있었다. 실 공정에 적용하기 위해서는 2가지 모두를 고려하여 최적의 흡수제를 선정해야 할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 21세기 프론티어 연구개발사업인 이산화탄소 저감 및 처리 기술개발 사업단의 연구비 지원(CJ3-301)으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Yu, W. C., Astrarita, G. and Savage, D. W., "Kinetics of Carbom Dioxide Absorption in Solutions of Methyl-diethanolamine", Chem. Eng. Sci., 42,1393-1398 (1985)
2. Bosch, H., Versteeg, G. F and van Swaaij, W. P. M., "Gas-liquid Mass Transfer with Parallel Reversible Reaction -I. Absorption of CO₂ into Solutions of Sterically Hindered Amines", Chem. Eng. Sci., 44, 2723-2734 (1989)
3. Clarke, J. K., "Kinetics of absorption of carbim dioxide in monoethanolamine solutions at short contact times". Ind. Eng. Chem. Fundam., 3, 239-245 (1964)
4. Blauwhoff, P. M. M., Versteeg, G. F. and van Swaaij, W. P., "A study on the reaction between CO₂ and alkanolamines in aqueous solutions", Chem. Eng. Sci., 38, 1411-1429 (1983)
5. Meisen, A. and Shuai, X., "Reserch and Development issues in CO₂ capture", Energy Convers. Mgnt., v.38, S37-S42 (1997)
6. IEA Greenhouse Gas R&D Programme, "Carbon Dioxide Capture from Powerstation" 2nd series, Cheltenham, UK. (1994)
7. Astarita, G., Savage, D. W. and Bisio, A., "Gas Treating with Chemical Solvent". John Wiley & Sons, Ins. (1983)
8. Kohl, A. L and Riesenfeld, F. C, Gas Purification, 3rd. ed, Huston, Texas, (1979)
9. Satori, G. and Savage, D. W., "Sterically hindered amines for CO₂ removal from gases", Ind. Eng. Chem. Fundam., 22, 239-249 (1983)
10. Xu, S., Wang, T.-W., Otto, F. D and Mather, A. E., "Kinetics of the Reaction of Carbon Dioxide with 2-Amino-2-methyl-1-propanol Solution", Chem. Eng. Sci., v51, No.6, 841-850 (1996)
11. Seo, D. J. and Hong, W. H., "Solubilities of carbon Dioxide on Aqueous Mixtures of Diethanliamine and 2-Amino-2-methyl-1-propanol", J. Chem. Eng. Data 41, 258-260 (1996)