

# COD 및 N 제거를 위한 에탄올아민의 증발 특성 연구

정은선\*, 김종영\*, 구희권\*, 이인형\*, 박병기\*

\*순천향대학교 에너지환경공학과

e-mail : favorsilver@sch.ac.kr

## A Study on Evaporation Characteristics of Ethanolamine for Removal COD and N

Eun-Sun Jeong\*, Jong-Young Kim\*, Hee-Kwon Ku\*,

In-Hyoung Rhee\*, Byung-Gi Park\*

\*Department of Energy & Environmental Engineering, Soonchunhyang University

### 요 약

에탄올아민(ETA: Ethanolamine)은 탄소, 질소, 산소로 이루어진 유기화합물로 각종 산업에서 널리 사용되는 물질이다. 이러한 ETA는 상온에서는 휘발성을 띠지만 산·염기의 평형상수가 9.4 이므로 그 이하에서는 양이온 형태로 존재한다. 또한 수중에 존재할 경우 COD 및 T-N을 유발하는 물질이므로 이를 제거해야 한다. 따라서 본 연구에서는 수중에 존재하는 ETA를 제거하기 위해 온도, pH, 내부압력에 따른 ETA 증발 특성을 조사하였다.

ETA증발 초기에는 끓는점의 차이로 인하여 물이 먼저 증발하며 일정시간 경과 후 농축된 ETA가 급격히 증발하였다. 내부압력이 낮아짐에 따른 ETA 수용액의 끓는점은 낮아졌으며 내부압력이 160mmHg이하일 때 가열온도에 영향을 받지 않고 ETA는 전량 증발하였다. 대기압 상태에서 ETA의 증발량은 pH에 영향을 받지만 진공상태에서는 ETA의 부분압이 낮아져 그 영향력은 매우 적었다.

### 1. 서론

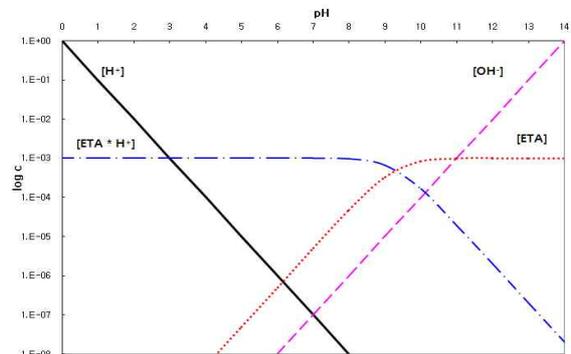
에탄올아민은 암모니아의 수소원자를 히드록시에틸 라티칼(-CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>OH)로 치환하여 얻어지는 물질로 종류로는 MonoEthanolamine, DiEthanolamine, TriEthanolamine 이 있다. 이러한 ETA는 공업에서 주로 천연 가스와 석유정제 가스 흐름에 들어있는 이산화탄소와 같은 산성 성분을 흡수하는 흡수제로 널리 사용 되고 있으며, 지방산과 결합, 염 형태의 화합물로 만들어져 수많은 가정용 제품과 공업 제품의 유효제로 사용 된다.

에탄올아민은 휘발성을 띠지만 그림 1과 같이 산·염기의 평형상수가 상온에서 9.4 이므로 pH가 9.4이하에서는 양이온 형태로 존재하고, 그 이상에서는 휘발이 가능한 중성분자로 존재한다. 이러한 에탄올아민은 상온에서 매우 자극적인 휘발성 물질이므로 눈, 피부, 호흡기, 폐 등에 접촉하여 호흡기 질환 및 만성 천식을 일으킬 수 있으며, 장기 노출 시

피부에 자극을 일으킬 수 있다.

또한 수중에 존재할 경우 COD 및 T-N을 유발하는 난분해성 유기물로 기존의 폐수처리 기술로는 처리가 불가능 하다.

따라서 본 연구에서는 수중에 존재하는 ETA를 제거하기 위해 온도, pH, 내부압력에 따른 ETA 증발 특성을 조사하였다.



[그림 1] 25°C, 100ppm ETA에 대한 pC-pH 다이어그램

## 2. 이론

### 2.1 증발

증발이란 액체 표면의 분자가 분자 간의 인력을 이길 만큼 충분한 에너지를 얻어 기체 공간으로 기화하는 현상으로 액체 분자가 기화하려면 대기압에 상응하는 압력을 가져야 한다. 이때 대기압과 상응하는 압력을 증기압이라 한다. 일반적으로 증발량은 온도가 증가할수록 커진다. ETA의 증기압과 온도의 상관관계는 이상기체 방정식과 Dalton의 분압법칙을 통해 알 수 있다.

### 2.2 온도와 증기압

온도와 증기압의 관계는 이상기체방정식과 Dalton의 분압법칙을 통해 알 수 있으며, Dalton의 분압법칙에 의하면 기체혼합물의 전체압력은 각 성분의 부분압의 합과 같다.

온도가 높아질수록 증기압은 증가하는데 이는 액체의 증발량이 증가하여 증기의 단위 용적 내에 기화한 액체 분자 양이 증가하고 이에 따라 증기압이 증가하였음을 의미한다.

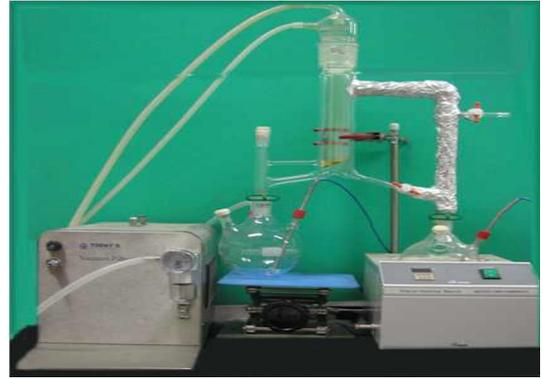
## 3. 실험

### 3.1 실험방법

온도, pH, 내부압력 변화가 증발에 미치는 영향을 알아보기 위하여 그림 2와 같은 실험 장치를 구성하고 온도, pH, 내부압력을 변화시키면서 시간에 따른 ETA의 증발량을 측정 하였다.

먼저 온도변화에 따른 ETA의 증발 특성을 알아보기 위해 pH와 내부압력을 일정하게 유지한 후 온도를 변화시켜 시간에 따른 ETA 증발량을 측정하였고, pH 변화에 따른 ETA의 증발 특성을 알아보기 위해 내부압력과 온도를 유지한 후 pH를 변화시켜 시간에 따른 ETA 증발량을 측정 하였다. 또한 내부압력에 따른 ETA의 증발 특성을 알아보기 위해 pH와 온도를 유지한 후 내부압력을 변화시켜 시간에 따른 ETA 증발량을 측정하였다.

먼저 증발장치에 pH가 조절된 ETA수용액 1L를 주입 후 가열부의 온도 및 내부의 진공압을 설정하였다. 또한 냉각수의 온도를 5℃이하로 유지하여 증발되는 ETA기체 및 수증기를 전량 포집하였다. 이때 포집된 시료를 10분마다 채취하여 IC를 이용, ETA 농도를 분석하였으며, 이를 통해 증발율을 결정하였다.



[그림 2] 진공증발 실험장치

[표 1] 실험조건

내부압력(mmHg)	210, 160, 110
pH	3, 9, 12
온도(℃)	60, 70, 80

## 4. 결과

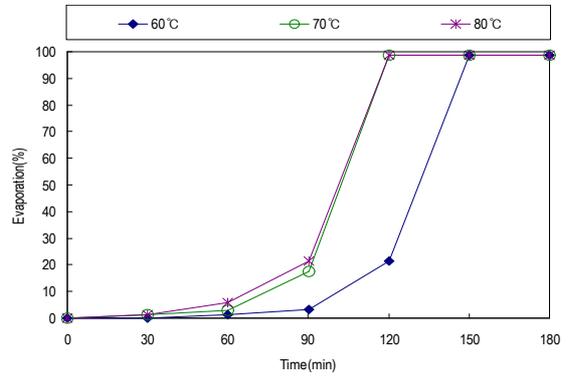
### 4.1 온도, 내부압력, 용액의 pH에 따른 ETA의 증발특성

온도, 내부압력, 용액의 pH가 ETA의 증발특성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 ETA 농도가 1000ppm일 때 pH 3, 9, 12, 내부압력을 210, 160, 110mmHg, 가열부 온도 60, 70, 80℃로 조건을 변화시켜 실험하였다. 이때 가열부 플라스크에 주입된 ETA 수용액의 양은 1L이었다.

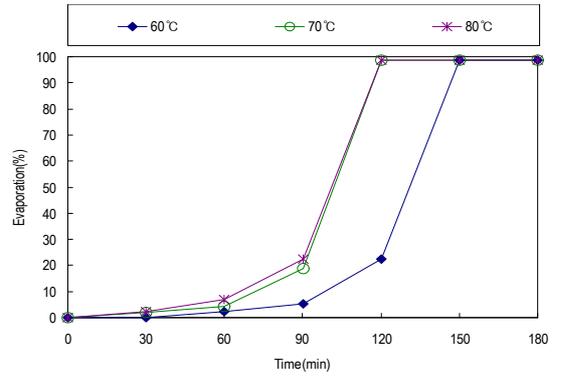
그림 3은 ETA 1000ppm, 내부압력이 210mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량으로 ETA 수용액의 pH는 각각 3, 9, 12로 하였다. 이때 가열부 온도를 60, 70, 80℃로 변화시켰다. 60℃에서 ETA 증발량은 없었으며 70℃에서는 90분 이후 ETA의 증발량이 급격히 증가하여 120분에서 ETA가 전량 증발하였다. 물의 끓는점이 ETA의 끓는점보다 낮기 때문에 물이 먼저 증발하므로 증발 초기에 ETA는 가열부에 농축되고 일정시간 경과 후 급격히 증발하였다. 하지만 60℃이하에서는 충분한 열에너지가 공급되지 못하므로 ETA는 증발하지 못하고 가열부에 농축되었다.

그림 4는 ETA 1000ppm, 내부압력이 160mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량으로 가열부 온도를 각각 60, 70, 80℃로 변화 시켰다. 내부압력이 210mmHg에서 160mmHg으로 감소함에 따라 가열온도 60℃에서도 ETA는 증발하였으며 70℃이상에서는 ETA의 전량 증발시간이 30분 단축되었다.

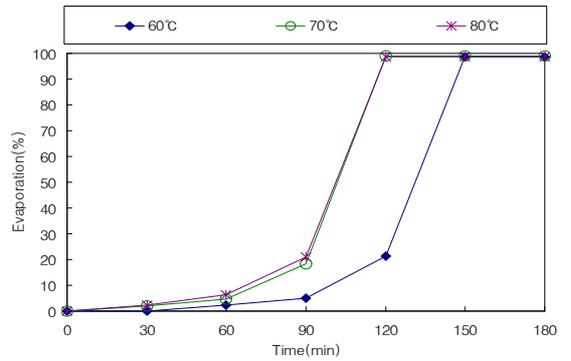
그림 5는 ETA 1000ppm, 내부압력이 110mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량으로 가열부 온도를 각각 60, 70, 80℃로 변화 시켰다. 내부압력이 160mmHg에서는 110mmHg로 감소함에 따라 시간에 따른 ETA 증발량은 8%이상 증가하였다. ETA는 pH값에 따라 중성분자 또는 양이온 형태로 존재하므로 증발량 또한 pH값에 영향을 받는다. 즉, 대기압상태에서 ETA용액의 pH값이 증가함에 따라 ETA 증발량은 증가한다. 하지만 진공상태에서는 ETA의 부분압이 매우 낮아 저pH에서도 ETA는 빠르게 증발하였다.



(a) pH 3

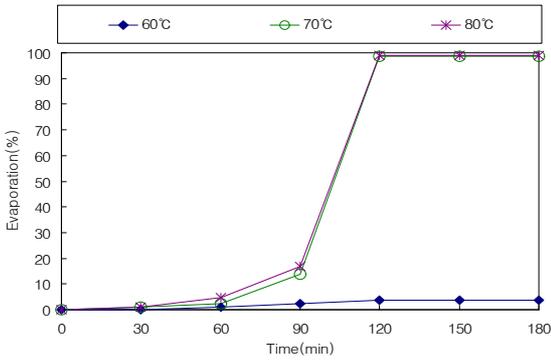


(b) pH 9

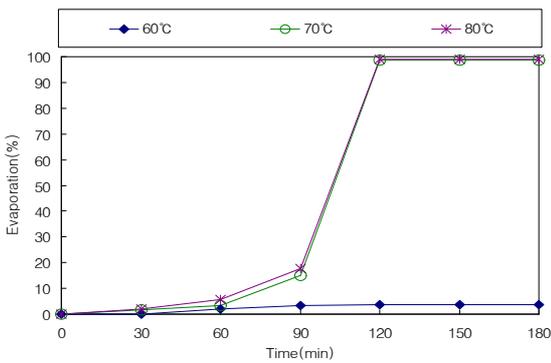


(c) pH 12

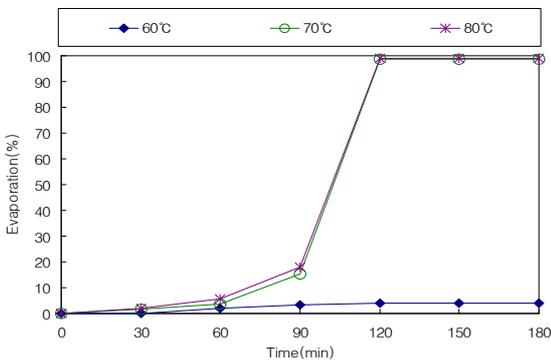
[그림 3] 내부압력이 160mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량



(a) pH 3

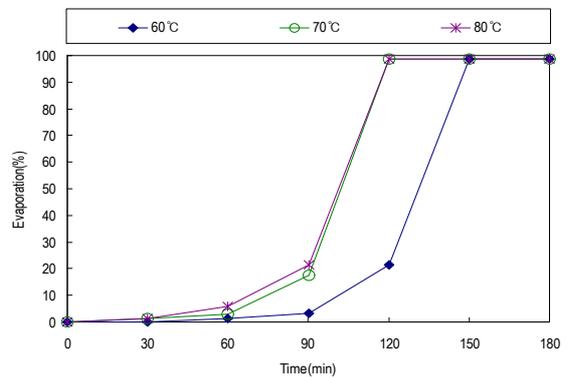


(b) pH 9

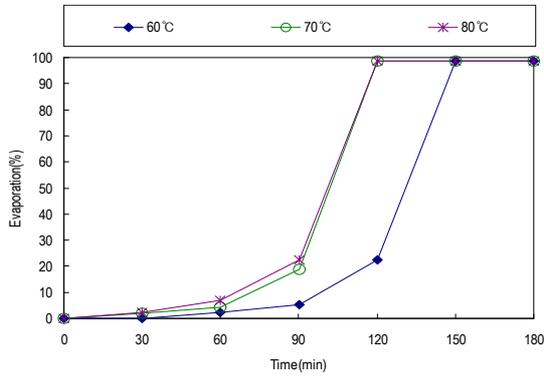


(c) pH 12

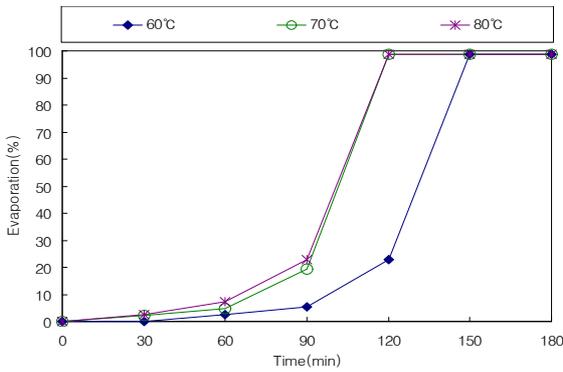
[그림 3] 내부압력이 210mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량



(a) pH 3



(b) pH 9



(c) pH 12

[그림 5] 내부압력이 110mmHg일 때 온도 변화시 시간에 따른 ETA 증발량

수 있었다.

**참고문헌**

[1] 양운진, 수질화학, 신광문화사, 2001  
 [2] Peter Atkins·Julio de paula, 물리화학(7판), 교보문고, 2004  
 [3] Raymond Chang, 일반화학(8판), 자유아카데미, 2006  
 [4] 이시마루 하지메, 이야기 진공과학, 한국경제신문사, 1995  
 [5] Theodore L. Brown, H.Eugene LeMay, Jr., Bruce E. Bursten, Chemistry, Prentice Hall, 2000

**4. 결론**

수중에 존재하는 ETA를 제거하기 위해 온도, pH, 내부압력에 따른 ETA 증발 특성을 조사하였다. 실험 결과 증발 초기에는 끓는점의 차이로 인하여 물이 먼저 증발하며, 일정시간 경과 후 농축된 ETA가 급격히 증발하였다. 또한 시간이 경과함에 따라 에탄올아민의 분자간 결합력이 약해지므로 단위시간당 증발량은 증가한다. 이때, 60°C 이하에서는 충분한 에너지가 공급되지 못하기 때문에 증발 시간이 증가한다.

내부의 압력이 낮을수록 ETA 수용액의 끓는점은 낮아졌다. 또한 내부압력이 160mmHg 이하일 때는 가열온도에 영향을 받지 않고 ETA가 전량 증발하였다.

대기압 상태에서 ETA의 산·염기의 평형상수가 9.4 이므로 증발량은 pH에 영향을 받지만 진공상태에서는 ETA의 부분압이 낮아져 증발량 차이는 매우 작았다. 또한 시간이 경과함에 따라 충분한 에너지를 받은 ETA는 pH에 상관없이 기화하므로 시간이 경과할수록 수용액 pH에 대한 영향은 적음을 알