

## 2. 흡착 조작

### 가. 실습 목표

- 1) 흡착의 원리를 이해하고 설명할 수 있다.
- 2) 흡착 공정을 이해하고 설명할 수 있다.
- 3) 흡착제의 종류와 특성을 이해하고 설명할 수 있다.
- 4) 흡착 조작 기능을 수행할 수 있다.

### 나. 실습 재료

중류수, 활성탄, 속, 활성 알루미나, 산성 백토, 거름종이, 메틸렌 블루

### 다. 기기 및 기구

안전 깔때기, 삼각 플라스크, 실린더, 스탠드, 유리관, 고무관, 비커, 집기병, 뷔렛, 열교반기 (Hot plate)

### 라. 관계 이론

#### 1) 흡착 원리

두 개의 서로 다른 상을 갖는 물질의 경계면에서 농도가 변화하면서 다른 물질의 표면에 붙는 현상을 흡착이라 한다. 일반적으로 고체에 의한 기체의 흡착과 액체의 흡착을 흡착이라고 한다. 흡착 공정은 용액(또는 기체)를 흡착제와 접촉시켜 피흡착제를 흡착제에 흡착시킨 뒤, 깨끗하게 된 유체를 방출하고, 남아 있는 흡착제는 재생함으로써 완료된다.

기체의 경우 흡착제에 흡착되는 피흡착제의 양은 온도가 낮을수록, 압력이 높을수록 커진다. 따라서 대부분의 흡착 공정은 온도나 압력을 변화시키면서 흡착과 탈착을 반복함으로 진행된다. 온도를 변화시키는 흡착공정을 온도 변화 흡착 공정(Temperature swing adsorption)이라고 하고, 압력을 변화시키는 흡착 공정을 압력변화 흡착공정(Pressure swing adsorption)이라고 한다.

흡착 과정은 다음의 3단계에 의하여 진행된다.

- ① 흡착제 주위 막을 통하여 피흡착제의 분자가 이동하는 단계
- ② 흡착제 내부의 세공(작은 구멍)을 통하여 피흡착제가 확산하는 단계
- ③ 흡착제의 활성 장소에 피흡착제의 분자가 흡착되는 단계

위의 3 단계는 연속적으로 이루어지는데, ②번쩨 단계인 세공을 통한 확산이 가장 느려서 전체의 흡착 속도를 좌우한다. 여러 단계의 과정 중 어느 한 단계가 전체 과정의 속도를 좌우하는 현상을 병목현상(bottle neck)이라고 하며, 이 단계가 속도를 결정하기 때문에 율속단계(rate determining step)라고 한다.

## 2) 흡착 평형(흡착 등온식)

흡착의 평형은 피흡착제의 종류, 농도, 계의 온도, 유속, 접촉 시간, 흡착제의 크기 등 여러 인자에 의하여 영향을 받는다. 이번 장에서는 온도가 일정할 때 피흡착제의 농도가 어떻게 흡착에 영향을 미치는지 살펴보자 한다.

### 가) 프로인틀리 흡착 등온식(Freundlich 흡착 등온식)

$$\frac{X}{M} = KC^{\frac{1}{n}}$$

X : 흡착된 용질의 양

M : 흡착제의 양

C : 용액의 농도

K, n : 상수( $n > 1$ )

### 나) 랭무어(Langmuir) 흡착 등온식

$$\frac{X}{M} = \frac{abC}{1+bC}$$

X : 흡착된 용질의 양

M : 흡착제의 양

C : 용액의 농도

a, b : 상수

프로인틀리 흡착과 랭무어 흡착 등온식에 의하면 용액의 농도가 커짐에 따라 흡착되는 용질의 양은 증가하지만 무한히 커지게 되면 어떤 값으로 수렴(Langmuir 흡착 등온식)하거나 증가 속도가 거의 0에 가깝게 (Freundlich 흡착 등온식) 수렴하게 된다. 이와 같은 현상은 흡착제 내에는 피흡착제를 흡착할 수 있는 활성점이 유한하기 때문에 생기는 현상이다.

## 3) 흡착의 종류

흡착은 흡착되는 형태와 흡착력에 따라 물리 흡착과 화학 흡착으로 분류한다.

<표 II-1>

물리 흡착과 화학 흡착의 비교

	물리 흡착	화학 흡착
결합력	반데르발스 힘	이온결합, 공유결합 등 화학결합
전자의 이동	전자 공유가 없음	전자의 이동이 있음
흡착열	적음(2~10kcal/mol)	급(10~30kcal/mol)
흡/탈착의 가역성	비교적 쉬움(가역적)	가역적 또는 비가역적

## 4) 흡착제의 종류

### 가) 활성 알루미나(activated alumina)

알루미늄을 처리하여 만든 다공성의 비결정성 물질로 흡착 능력이 뛰어나다. 표면적이 크고 충격과 마찰에 대한 기계적 강도가 높으며, 수분 접촉에도 강하기 때문에 제습제로도 많이 사용되는 흡착제이다. 포화되었을 때에는 150~250°C로 가열하면 재생하여 다시 쓸 수 있다.

### 나) 활성탄(active carbon)

목재나 갈탄, 이탄 등을 염화아연이나 인산 등으로 처리하여 건조시키거나 목탄을 수증기로 활성화시켜 제조한다. 성분의 대부분은 탄소이며, 흡착 능력이 뛰어나서 흡착제, 탈취제, 탈색제 등으로 사용된다. 활성탄은 물리적 형상에 따라 분말, 입상, 섬유상, 허니컴상으로 분류될 수 있고, 입상 활성탄은 모양이 다른 파쇄 활성탄과 일정한 형태를 갖는 원주형 활성탄, 구형 활성탄으로 분류된다. 공업적으로 사용하는 활성탄

은 표면적이  $500\sim1500\text{m}^2/\text{g}$ 이며, 세공 용적은  $0.5\sim1.0\text{cm}^3/\text{g}$ , 겉보기 밀도는  $0.6\sim1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 이다. 액상 흡착일 경우에는 기상 흡착일 때보다 괴흡착제의 확산속도가 비교적 느리기 때문에 입도가 작은 입상 활성탄이나 분말 활성탄을 사용하게 된다. 흡착 능력이 뛰어나고 값도 저렴하여 산업 현장에서 많이 사용되고 있다.

#### 다) 산성 백토(Acid clay)

매우 작은 입자들로 구성되어 있고 높은 흡착성을 가지는 점토로서 천연에서 산출되며 주로 몬모릴로나이트로 구성되어 있다. 원래 영국에서 모직물의 표백이나 지방을 제거하는 용도로 사용되었으며, 현재 원유나 지방의 정제, 탈색용 흡착제로 이용되고 있다. 산성 백토를 황산으로 가열 처리하여 흡착능력을 향상시킨 것을 활성 백토라고 하는데 산성 백토를 활성 백토와 혼용하여 쓰기도 한다.

색깔은 얇은 노란 색이며 이산화규소( $\text{SiO}_2$ , 약 65–70%)와, 산화알류미늄( $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 약 10–15%)이 주성분 물질이다.

#### 라) 제올라이트(Zeolite)

미세한 구멍이 있는 돌의 형태로서 결정성 알루미노 규산염(crystalline alumino silicate)을 말한다. 합성 제올라이트는 세공 크기를 제한할 수 있어 원하는 크기의 분자를 선택적으로 흡착시킬 수 있다. 흡착능력이 좋고 흡착 특성 또한 좋으나 가격이 비싼 것이 단점이다.

### 5) 흡착 조작

흡착 조작은 흡착탑 안에 흡착제를 넣은 다음 처리하고자 하는 원료(액체, 또는 기체)를 통과시키는 고정식 흡착과 회분식 교반 탱크 안에서 흡착제와 원료를 교반하면서 접촉시키는 회분식 흡착이 있다. 고정식 흡착의 경우 공정이 연속적으로 진행되기 때문에 대량을 처리할 수 있어서 산업 현장에서 많이 사용되고 있으며 온도 또는 압력을 주기적으로 조절하여 흡착과 탈착(재생)공정을 진행한다. 회분식 흡착의 경우 소량의 액체를 처리할 때 주로 사용되며, 흡착 과정이 종료되면 흡착제와 용액이 슬러리 형태로 있는 것을 여과 조작 등을 이용하여 분리하게 된다.

## 마. 안전 및 유의사항

- 1) 메틸렌 블루 가루가 날리지 않도록 주의한다.
- 2) 실습을 마친 후 환경 오염원이 되는 화학 약품은 별도의 용기에 회수하여 처리한다.
- 3) 회분식 흡착 실험에서 마그네틱 바를 너무 빨리 회전시키면 용액이 튀어 나오므로 적절한 회전 속도를 유지한다.
- 4) 고정식 흡착 실험에는 입상의 흡착제를 사용하여 실험한다.

## 바. 실습 순서

### 1) 고정식 흡착

- 가) 그림과 같이 흡착 장치를 조립한다.

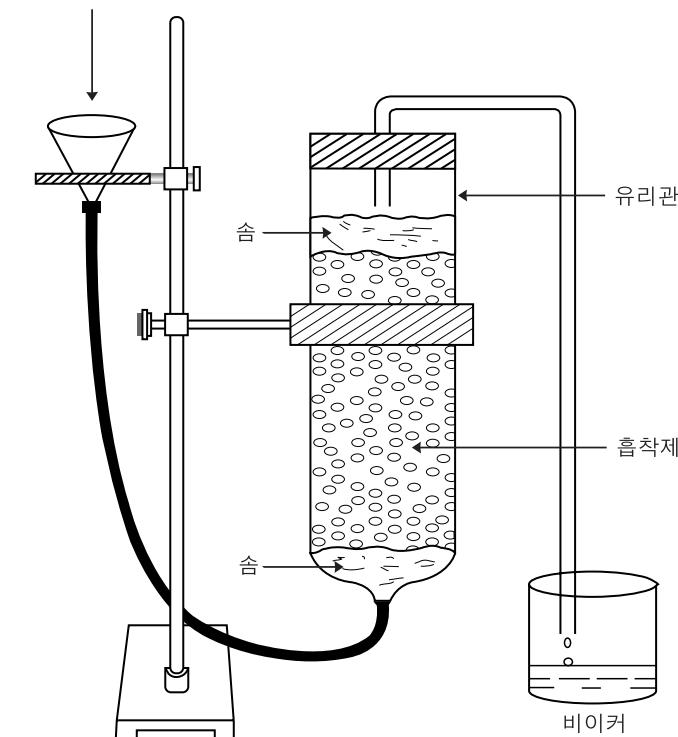


그림 II-12 고정식 흡착 실험 장치

- 나) 파란색 잉크(메틸렌 블루) 0.1g을 정확하게 달아 중류수 5 L에 용해시킨다.

- 다) 흡착 유리관의 하부에 솜을 약 1.5cm 두께로 넣는다.  
(흡착제 가루가 유리관의 입구를 막아 흐름을 방해하는 것을 방지하기 위한 것이다.)
- 라) 유리관의 크기에 맞게 활성탄 30~70g을 넣은 뒤 상부를 솜으로 채운다.
- 마) 먼저 중류수로 흡착 유리관 내부를 충분히 적셔 주어 채널링 현상을 방지한다.
- 바) 깔때기로 통하여 파란 용액을 주입하면서 흡착 유리관 상부의 솜이 파랗게 착색될 때까지 걸린 시간을 측정한다.
- 사) 상부의 솜이 파랗게 착색되기 시작하면 비커를 새것으로 교환하고 정해진 시간 동안(예를 들어 5분) 탈색된 물을 받는다.
- 아) 메스 실린더로 탈색된 물의 양을 측정한다.
- 자) 같은 방법으로, 제올라이트와 산성 백토를 대상으로 실험을 시한다.

## 2) 회분식 흡착

- 가) 파란색 잉크(메틸렌 블루) 0.1g을 중류수 5L에 떨어뜨려 파란 용액을 만든다.
- 나) 200mL 비커에 활성탄 10g을 넣는다.
- 다) 파란 용액 100mL를 비커에 붓는다.
- 라) 마그네틱 바를 비커에 넣는다.
- 마) 가열 교반기(핫 플레이트) 위에 비커를 놓고 5분 동안 혼합시킨다.
- 바) 혼합이 끝나면 여과기로 혼합액을 거른다.
- 사) 여과액의 색깔을 기록한다.
- 아) 탈색된 액체의 색깔을 관찰하기 위하여 여과액 시료를 버리지 말고 보관하였다가 색깔을 비교하면서 평가한다.
- 자) 제올라이트와 산성 백토에 대하여도 같은 방법으로 실험을 시한다.



그림 II-13 회분식 흡착 실험 장치

## 사. 실습 보고서

실습 일	200	년	월	일	요일	날씨:	기온:	°C
실습 단원	유리 세공							
실습 제목	백분율농도 용액조제							
실습자	과	학년	반	번	이름:		조	

### 1) 실습 재료 및 기구

재료	
기구	

### 2) 고정식 흡착

흡착제	활성탄	제올라이트	산성백토
상부솜까지 이송 시간(분)			
탈색된 액체의 양(ml)			
탈색된 액체의 색깔(투명도)			

### 3) 회분식 흡착(탈색된 시료의 색깔)

흡착제 혼합제량	활성탄	제올라이트	산성백토
5g			
10g			
15g			

### 아. 수행 평가

실습명	항 목	번호	항목별 채점 방법	배점	학생	교사
흡착 조작	실험수행 전반	1	- 실험복, 보고서철, 교과서, 실험워크북, 계산기, 필기구, 자 등 실험에 필요한 준비물을 제대로 갖추었는가? - 기구 파손이 없고 실험태도가 성실한가? - 실험기구를 용도에 적합하게 사용하는가? - 가스 버너 및 알코올램프는 안전하게 사용하는가?	10		
			매우 우수 : 10점, 우수 : 8점, 양호 : 6점, 보통 : 4점, 불량 : 2점, 매우 불량 : 0점			
	고정식 흡착	2	메틸렌 블루 0.1g을 정확히 달면 5점, 잘못 달면 0점	5		
		3	메틸렌 블루 0.1g을 증류수 5L에 녹이면 5점, 잘못 녹이면 0점	5		
		4	흡착 유리관의 하부에 솜을 약 1.5cm 두께로 넣으면 5점, 아니면 0점	5		
		5	증류수로 흡착 유리관 내부를 충분히 적셔주면 5점, 아니면 0점	5		
		6	메스 실린더로 탈색된 물의 양을 정확히 측정 하면 5점, 아니면 0점	5		
		7	여과액 시료를 버리지 않으면 10점, 버리면 0점	10		
		8	200mL 비커에 활성탄 10g을 정확히 넣으면 5점, 아니면 0점	5		
	회분식 흡착	9	교반기를 사용할 줄 알면 10점, 아니면 0점	10		
		10	여과액 시료를 버리지 않으면 10점, 버리면 0점	10		

실습일	200      년      월      일	평가 결과		총      평
실습자			학생	교사
지도교사	(인)			

## 자. 평가 문제

## 차. 쉬어가기

### 숯의 제조과정

나무에 불을 붙이면 나무는 열분해되어 세 가지 형태로 나뉘게 된다. 즉 기체인 목가스, 액체인 목초액과 목타르, 그리고 고체인 숯이다.

이렇게 나온 1차 숯은 6백~9백°C의 열을 가하여 재차 열처리하면 수많은 미세한 구멍이 만들어진다. 좀 더 정확하게 말하자면 숯이란, 재료 물질을 섭씨 600~900°C의 온도에서 일차적으로 탄화시킨 것을 말하며, 맛과 냄새가 없다. 그리고 탄화과정에서 작은 구멍들이 생기게 된다. 숯의 효과를 높이기 위해서는 이 작은 구멍들이 많이 있어야 하기 때문에 다시 섭씨 600~900°C의 온도에서 같은 공정을 한 번 더 거치게 하는데, 이 과정을 활성화라고 한다.

우리가 시중에서 구할 수 있는 대부분의 숯은 탄화 과정만 거친 것인데, 그 이유는 재래식 숯가마에서 활성화시킨다는 것은 거의 불가능하기 때문이다. 숯을 의학적 목적으로 활용하기 위해서는 반드시 활성화 시켜야 한다.

숯의 재를 밭에 뿌려주어 땅의 산성화를 막고 알칼리질을 비롯한 광물질을 공급하여 지력을 증진시키고, 짐승과 벌레에게는 기피작용을 한다. 그래서 밭에 숯가루를 뿌리면 농작물의 연작피해와 병蟲해를 예방 하여, 수확이 증대된다. 또, 다량의 수분을 순식간에 흡수하여 불순물을 분해하고, 풍부한 미네랄 성분이 수질을 정화하고 물 입자를 작게 하여 물을 정화시켜준다.



### ● 염화플루오르화탄소

염화플루오르화탄소 CFC는 염소와 플루오르를 포함한 일련의 유기 화합물을 통칭하는 것으로 냉매, 빌포제, 분사제, 세정제 등으로 산업계에 폭넓게 사용되고 있다.

## 3. 기체 발생 조작

### 가. 실습 목표

- 1) 산소의 특성을 이해하고 설명할 수 있다.
- 2) 산소를 만드는 방법을 이해할 수 있다.
- 3) 산소를 발생할 수 있다.
- 4) 산소의 성질을 할 수 있다.

### 나. 실습 재료

염소산칼륨, 이산화망간, 과산화수소, 마그네슘 리본

### 다. 기기 및 기구

스탠드, 수조, 포집병, 뷰렛, 비커, 알코올 램프, 유리관, 고무관(라텍스튜브), 세라믹 쇠그물, 약스푼, 유산지(약 포지), 시계접시

### 라. 관계 이론

순수한 산소는 색깔, 냄새, 맛이 없는 기체로서 공기보다 약간 무겁다. 산소는 25°C에서 물 1L에 33mL 정도 녹으면 이렇게 녹아 있는 산소를 용존 산소라고 부른다. 물 속의 생물은 용존 산소를 이용하여 호흡을 할 수 있다.

산소 분자는 보통 2원자로 이루어지지만 경우에 따라 3원자인 오존 ( $O_3$ )의 형태도 띠게 된다. 오존은 성충권에서 오존층을 이루면서 자외선을 차단하여 주는데, 최근에는 극 지방의 오존층이 염화플루오르화탄소(CFC)에 의하여 구멍이 생겨 생태계가 파괴되고 있다. 자외선이 많아질 경우 피부암 백내장 등의 질병이 발생하는 것으로 보고되고 있다. 지표면에서 오존의 양이 많아지면 오존주의보가 발령되는데, 이는 오존이 광화학 반응에 의하여 인체에 유해한 가스가 많이 만들기 때문이다.

산소 자체는 불연성이나 가연성 물질과 반응하여 강한 산화를 일으키는 조연성 물질이다. 따라서 산소를 사용할 때는 가연성 물질과의 접촉