

# 18. 흡착



흡착(adsorption) : 가스분자들은 압력, 온도 등의 변화가 주어졌을 경우 고체의 표면에 가스의 응축현상

표 18-1 물리흡착과 화학흡착

	물리흡착	화학흡착
흡착질	임계온도 이하의 모든 기체	화학적으로 활성인 기체
온도 범위	낮은 온도	높은 온도
흡착열	낮음	높음
흡착층	다분자층	단일 분자층
온도 의존성	온도증가에 따라 감소	복잡함
가역 정도	가역성이 높음	가역성이 낮음
기타	촉매표면적, 세공크기 결정	활성면 결정, 표면반응해석

## 18-1 흡착과 흡착공정

### 18-1-1 흡착의 분류

○ 흡착은 흡착질에 따라 기상흡착과 액상흡착으로 나뉨.

**기상흡착** : 페인트, 인쇄 잉크 등의 유기물 공정에서 회박농도의 용제 증기로부터 용제의 제거 및 회수, 탄화수소계 기체 혼합물로부터의 각 성분의 분리·탈습·탈취·불순물 제거 등

**액상흡착** : 폐수에서 유기성분, 석유제품이나 설탕용액의 탈색, 유기액체로부터 물의 제거, 방향족과 지방족 탄화수소의 분리 등

### 18-1-2 흡착제(adsorbent)

**흡착제의 종류** : 활성탄, 골탄, 실리카겔, 산성 백토, 활성 알루미늄, 활성 보크사이트 및 실리카겔과 활성탄의 혼합물인 카보겔 등 => 대표적인 흡착제는 실리카겔과 활성탄

### 활성탄(activecarbon)의 특성

① 표면적이 큰 다공성 탄소로서, 섬유질을 건류시켜 탄소를 얻은 후, 이 탄소를 높은 온도의 수증기와 화학약품으로 처리하여 제조

② 표면적이  $500 \sim 800 \text{ m}^2/\text{g}$  정도

③ 기체의 흡착에는 알갱이모양의 활성탄을 사용하며,  $0.1 \sim 0.6 \text{ m/s}$ 의 유속으로 흐르는 기체와 접촉시키면 자체 무게의  $50 \sim 90\%$ 에 해당하는 흡착물을 제거

④ 활성탄은 탄화수소에 대하여 탄소수가 클수록 잘 흡착하며, 탄소수가 작은 경우에는 거의 선택성이 없음.

### 실리카겔(silicagel)의 특성

- ① 규산염을 염산이나 황산으로 처리하여 얻은 겔 상태의 것을 건조시킨 다음 분쇄하여 조제
- ② 세공의 크기와 흡착 표면적은 활성탄과 비슷하나, 충전밀도는 활성탄의  $400 \sim 500 \text{ kg/m}^3$ 에 비해  $610 \sim 780 \text{ kg/m}^3$ 로 더 큼.
- ③ 활성탄에 비하여 실리카겔은 친수성이 더 크므로, 습기를 함유한 용제 증기의 흡착에는 부적당
- ④ 실리카겔은 방향족, 올레핀, 파라핀, 나프텐의 순으로 선택적 흡착
- ⑤ 실리카겔과 활성 알루미늄산화물은 수분을 선택적으로 흡착하나 활성탄은 상대습도가 40% 이하에서는 전혀 흡착이 없음.

## 18-2 흡착 명칭

### 18-2-1 흡착등온선

고체에 흡착된 가스의 양을  $V$ 라고 하면

$$V = f(P, T, \text{가스}, \text{흡착제})$$

온도 · 흡착제 · 가스를 일정하게 규정하면

$$V = f(P)_{T, \text{가스}, \text{흡착제}}$$

흡착등온선(adsorption isotherm) : 흡착량  $V$ 와  $P$ 를 플롯하여 얻은 곡선

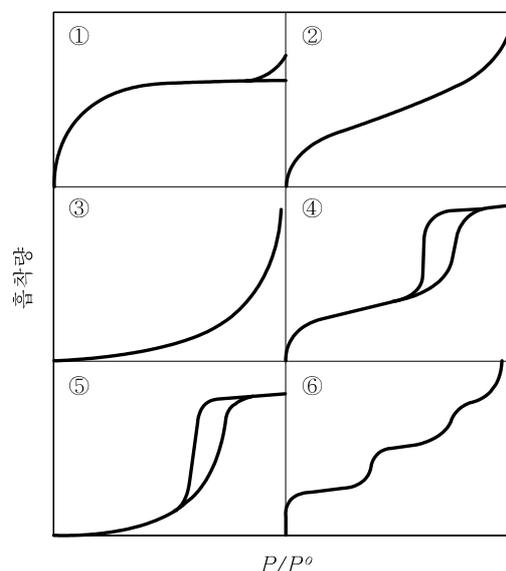


그림 18-1 흡착 등온선

형태 1 : Langmuir 형이라 불리우는 것으로 흡착이 단분자층(monolayer)으로 끝나는 흡착계에서 나타남.

형태 2 : 대부분 거의 세공이 없는 흡착제(non-porous adsorbent)나 미세공보다 훨씬 더 큰 세공경(기공지름)을 가지는 흡착제에서 발견

형태 3 : 비다공질 카본에 대한 수증기의 흡착에서처럼 흡착되는 분자가 고체 표면에 젖지(wetting) 않을 때, 즉 접촉각이 90°보다 클 때 관찰되는 것으로 흡착열이 흡착질의 액화열보다 적을 때 매우 드문 형태

형태 4 : 15~1000 Å의 기공반지름을 갖는 흡착제에서 나타남.

형태 5 : 형태 3과는 달리 흡착질-흡착제 사이의 상호작용력이 작은 경우에 일어나며 형태 6과 같은 범위의 기공을 갖는 흡착제에서 나타남.

형태 6 : 상대압력에 따라 흡착량이 계단식으로 변화되는 형태의 모든 등온선에서 미세공경이 존재하는 경우를 제외하고 탈착시 상대압력이 0.3에 도달하기 전에 히스테리시스 곡선은 흡착선과 일치

흡착등온선에 대한 표현

$$(i) \text{ Langmuir : } W = W_{\max} \left( \frac{KC}{1+KC} \right)$$

여기서  $W$  : 흡착질 부하,  $K$  : 흡착상수,  $C$  : 흡착질의 농도

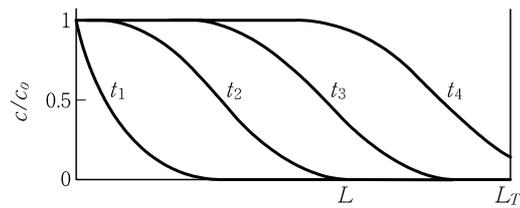
$K \gg 1$ 이면 등온선은 아주 유리한 형이며,  $KC < 1$ 이면 등온선은 거의 직선. => 기체가 약하게 흡착하였을 때 잘 맞는다.

$$(ii) \text{ Freundlich : } W = bC^m$$

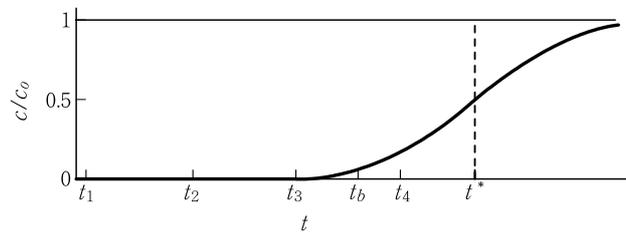
액상흡착에 잘 맞으며,  $b$ 와  $m$ 은 상수이며,  $m < 1$ .

### 18-2-3 파과곡선

파과곡선(breakthrough curve) : 흡착층을 나가는 유체 중의 농도 대 시간의 곡선 => S자 모양



(a)



(b)

$C/C_0$  : 초기와 유체 중의 흡착질의 농도분포

그림 18-2 흡착층에 대한 농도분포와 파과곡선

파과점(breakthrough point)  $t^*$  : 흡착지대의 흡착제에 흡착질로 채워짐에 따라, 흡착지대의 길이만큼 흡착층이 아래로 이동하게 되는데 결국 흡착층의 길이가 흡착지대의 길이보다 작아져 흡착질의 농도가 급격히 증가되는 지점 =>  $C/C_0 = 0.5$

흡착지대(adsorption zone) 또는 물질이동지대(mass transfer zone) : 흡수고정층 칼럼에서 흡착이 일어나는 부분(S자 왼쪽)