

Distillation

증류

- 2종이상의 휘발성분이 포함된 액체 혼합물을 가열하면 그 증기의 조성은 액체일 때 보다 휘발성이 높은 성분의 함량이 훨씬 많은데 이와 같이 휘발성의 차이를 이용하여 액체 혼합물로부터 각 성분을 분리하는 조작이다.
- 혼합물을 가열하면 휘발성이 낮은 것부터 기화하여 증기가 되고 이 증기를 응축시켜 액화하여 분리해내는 조작이다.
- 각 성분의 증기압 데이터로부터 x - y 평형곡선을 구하고 단 공정에 대한 물질수지로부터 조작선을 구한 다음 평형곡선과 조작선 사이의 작도에 의해 분리공정에 요구되는 이론 단수를 구한다.

Raoult의 법칙

- 만약 2개 또는 그 이상의 액체가 증기혼합평형을 이룬 이상용액으로 되어 있다면 증기 중의 성분 A에 대한 분압 P_A 는 액체 중의 몰분율 x_A 에 비로 표시할 수 있다.
- B성분의 분압을 P_B 라 하면 낮은 압력 하에서는 Dalton의 법칙이 증기 상에 적용되는데 전압을 P , 저비점성분의 몰분율을 y_A 라 했을 때 고비점성분의 몰분율은 $y_B=(1-y_A)$ 가 되므로 Raoult의 법칙과 Dalton의 법칙의 관계로부터 다음과 같은 관계를 얻을 수 있다.

$$P_A = P_A^i x_A$$

$$P_B = P_B^i x_B = P_B^i (1-x_A)$$

$$P = P_A + P_B = P_A^i x_A + P_B^i (1-x_A)$$

$$y_A = \frac{P_A}{P} \quad , \quad y_B = (1-y_A) = \frac{P_B}{P}$$

$$y_A = \frac{P_A}{P} = \frac{P_A^i x_A}{P} = \frac{P_A^i x_A}{P_A^i x_A + P_B^i (1-x_A)}$$

단 공정의 원리

- 계 내에서 일반적 단은 n 번째 단으로 표시하는데 이는 액체상(L)이 들어가는 입구로부터 n 번째 있는 단이란 뜻이다. n 단의 바로 앞단은 $n-1$ 단이며, 바로 다음 단이 $n+1$ 단이다.
- 단에서 시작된 모든 흐름들은 그 단의 번호를 하첨자로 붙이는데, 2성분계의 경우 y_{n+1} 은 $n+1$ 번째 단을 나가는 증기상(V)에서의 A성분의 몰분율이며, x_n 은 n 번째 단을 나가는 L상의 몰유량이다.
- 제1단에서부터 제 n 단까지 물질의 총유입량은 $L_a + V_{n+1}$ mol/h이고 총유출량은 $L_n + V_a$ mol/h이다. 정상흐름 하에서는 물질의 축적이나 소모가 없으므로 유입량과 유출량이 같다.
- A성분의 유입량과 유출량에 대해서 다른 수지식을 만들 수 있다. 흐름 속에 있는 A의 몰분율을 곱하면 되므로, A성분의 유입량은 $L_a x_a + V_{n+1} y_{n+1}$ mol/h이고, 유출량은 $L_n x_n + V_a y_a$ mol/h이며, 다음식이 성립한다.

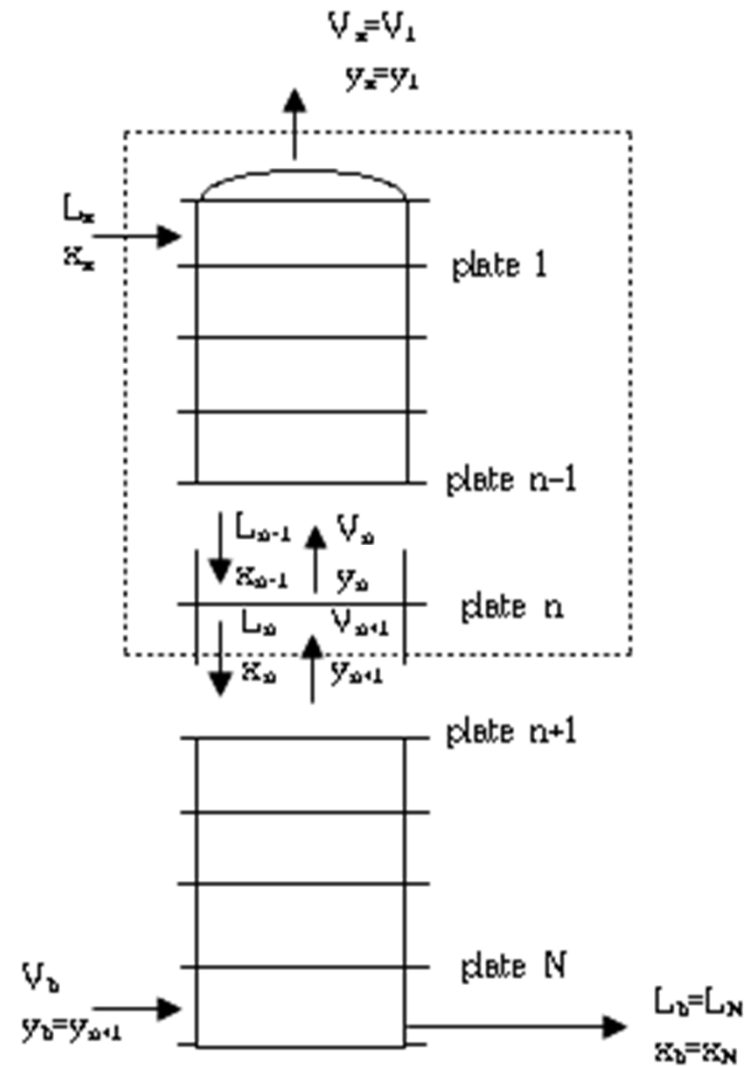
Operating line

$$L_c + V_{n+1} = L_n + V_c$$

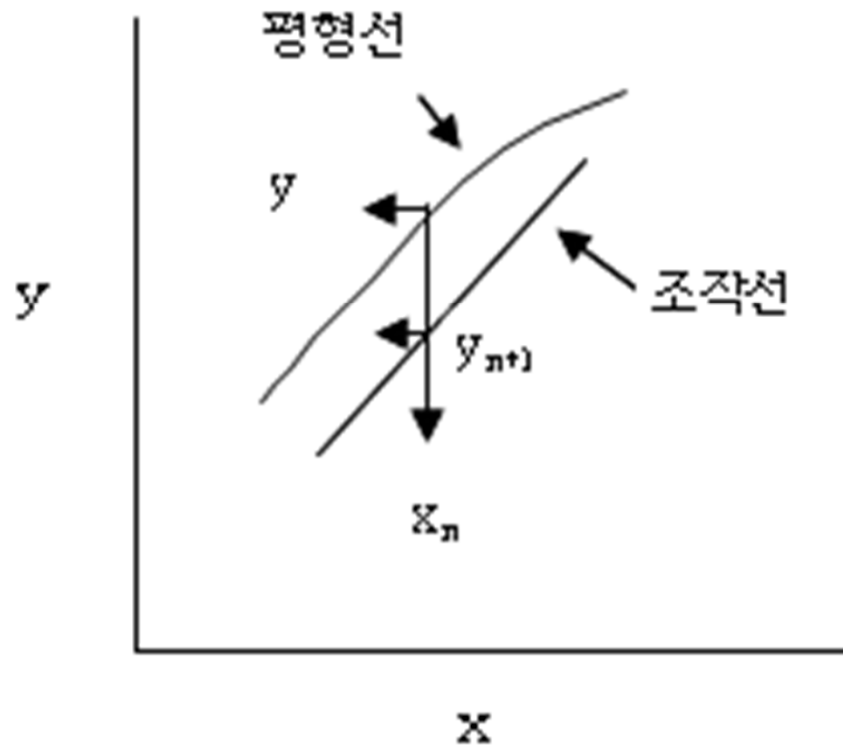
$$L_c x_c + V_{n+1} y_{n+1} = L_n x_n + V_c y_c$$

$$y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} x_n + \frac{V_c y_c - L_c x_c}{V_{n+1}}$$

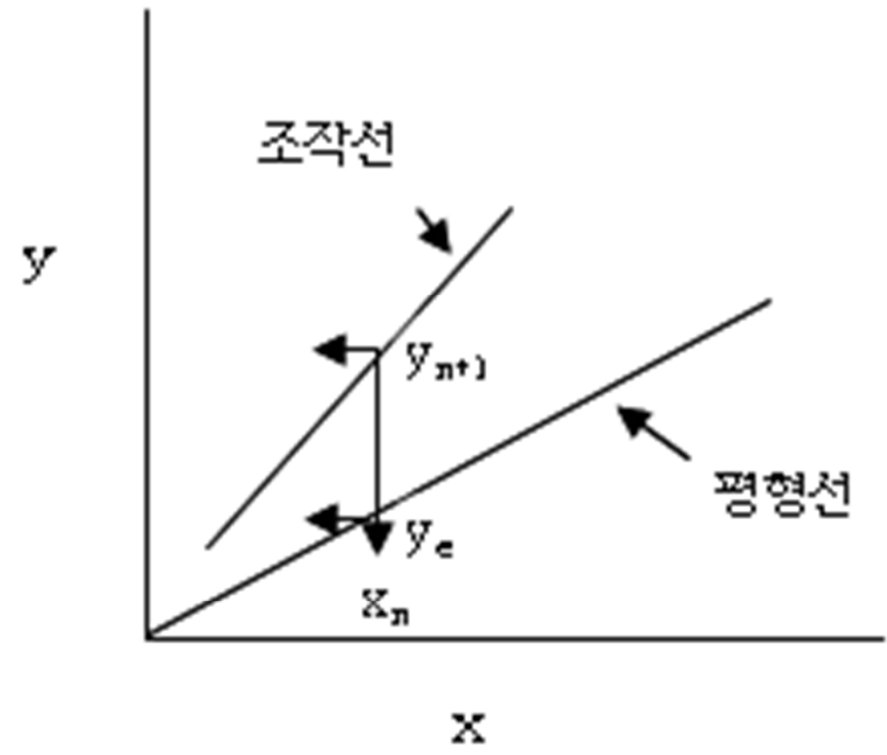
Mass balance in stages



Equilibrium and operating lines



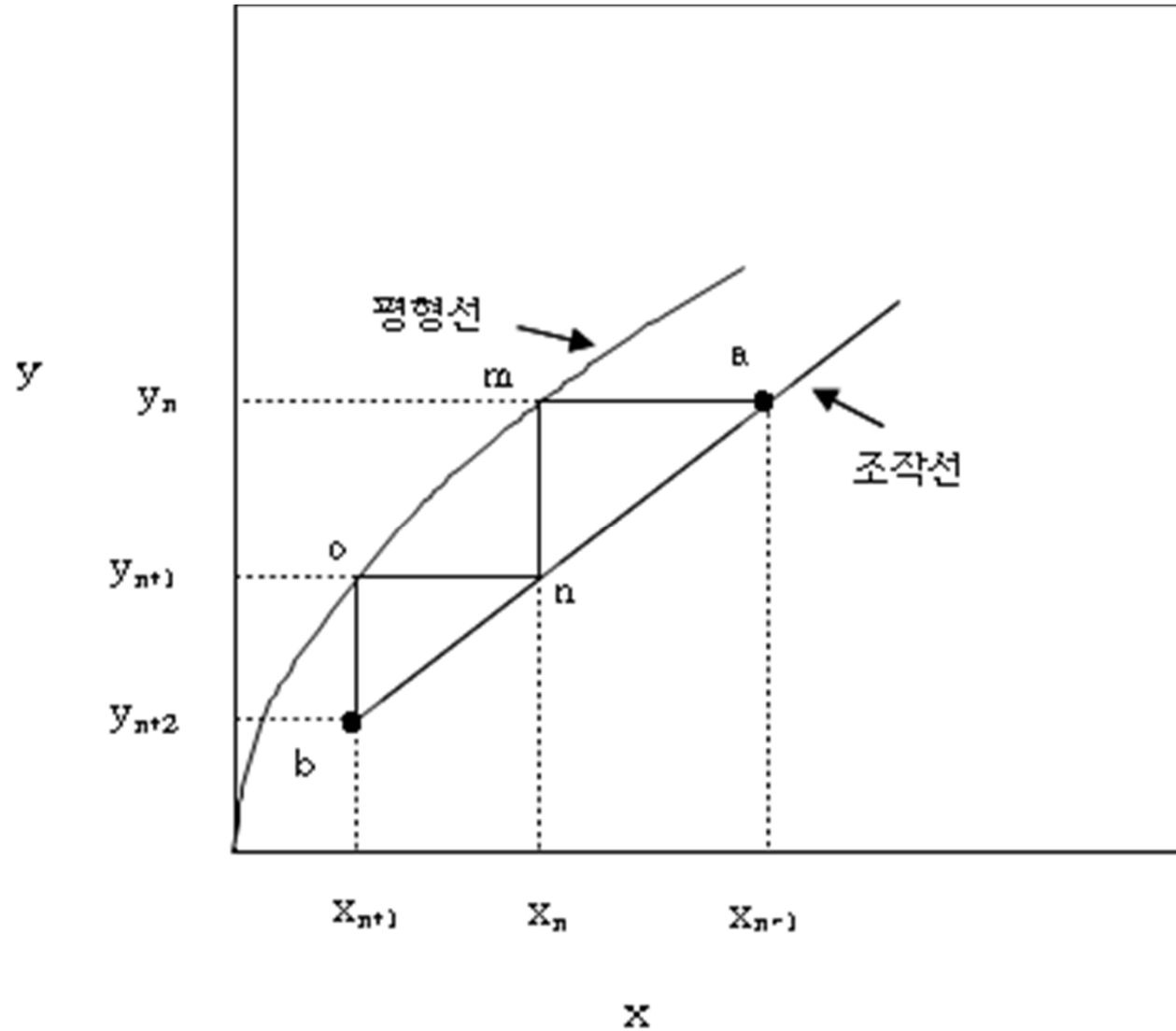
(a)



(b)

- 평형선(equilibrium line)에 대한 조작선의 상대적 위치는 물질전달 방향과 분리에 필요한 단의 수를 결정하게 되며, 평형 데이터는 열역학적 자료들로부터 알 수 있다.
- 평형선은 평형값 x_e 와 y_e 를 도시한 것인데, 증류탑에서는, 조작선이 평형선 아래에 위치한다. 이것은 증류가 액상에서 기상으로 물질전달이 이뤄지므로 평형일때와 비교하여 액상성분의 몰분율이 기상성분의 몰분율보다 크다는 것을 보여준다. 물질전달의 구동력은 그림에서와 같이 $y_e - y_{n+1}$ 이다.

Drawing stages



- (n-1)단으로부터 내려오는 액체상은 (n+1)단으로부터 상승하는 증기와 접촉하여 가열되며 저비점성분의 일부가 증발하게 된다.
- 상승하는 증기상은 액체상과 접촉해서 냉각되며 고비점성분의 일부는 액화된다. 액체상의 저비점 성분은 a점에서 m점까지 진행하게 되고, 몰분율이 x_{n-1} 에서 x_n 으로 감소하며 증기상의 성분은 n점에서 m점까지 진행하여 몰분율이 y_{n+1} 에서 y_n 으로 증가된다.
- 조작선에서 보면 n단에서 액체상의 저비점 성분은 a에서 m으로 이동한 것이고, 증기상의 경우는 n에서 a로 이동했다고 볼 수 있다.
- 두 상간의 작용이 각 단마다 이루어진다고 볼 수 있다. 점 a, m 및 n으로 이루어진 계단 또는 삼각형은 한 개의 이상단을 표시하며, 이 탑에서는 첫 번째 단이다. 두 번째 단은 같은 작도를 반복하게 된다.