

## 分離工学

【問1】 A成分が70 wt%、B成分が30 wt%の2成分溶液（原料F）に対し、抽剤Sを添加した液液抽出によりB成分を抽出し、抽残相RにA成分の組成を増加させて回収したい。このとき、以下の文章中の空欄  ~  に該当する数値を、有効数字2桁にて解答せよ。なお、組成はwt%とし、当該混合系の液液平衡データは下図の三角線図とする。

- 1) 原料溶液量  $W_F = 100 \text{ g}$  のとき、1回の回分抽出で回収液のA成分組成を90 wt%とするための所要抽剤量  $W_S$  を求める。まず、与条件から回分抽出における抽残相は液液平衡の溶解度曲線上で、かつA成分組成が90 wt%の点と規定できるので、この点を含むタイラインを推定する。一方、FとSを混合した状態（M）はこのタイライン上に存在することになるので、その交点の組成から抽剤量  $W_S$  が計算できる。

具体的に三角線図上に与条件に相当する点をプロットして操作線を引くと、抽残相Rの組成はA, B成分の並列表記で  $R(A, B) = \text{ア}$ 、抽出相Eは  $E(A, B) = \text{イ}$  と推定できる。また、混合状態（M）の組成は  $M(A, B) = \text{ウ}$  と読み取れるので、A成分に関する物質収支より抽剤量  $W_S = \text{エ}$  g と算出できる。

- 2) 設問1) の回分抽出操作を行った結果のA成分回収率を原料中のA成分の質量を基準として求める。回収される抽残相量  $W_R$  は、原料Fと抽剤Sとの液液相分離により規定されるので、2液相の組成を用いてA成分に関する物質収支を解くと  $W_R = \text{オ}$  g となる。この値と抽残相組成からA成分の回収率が求められ、回収率 =  wt% となる。

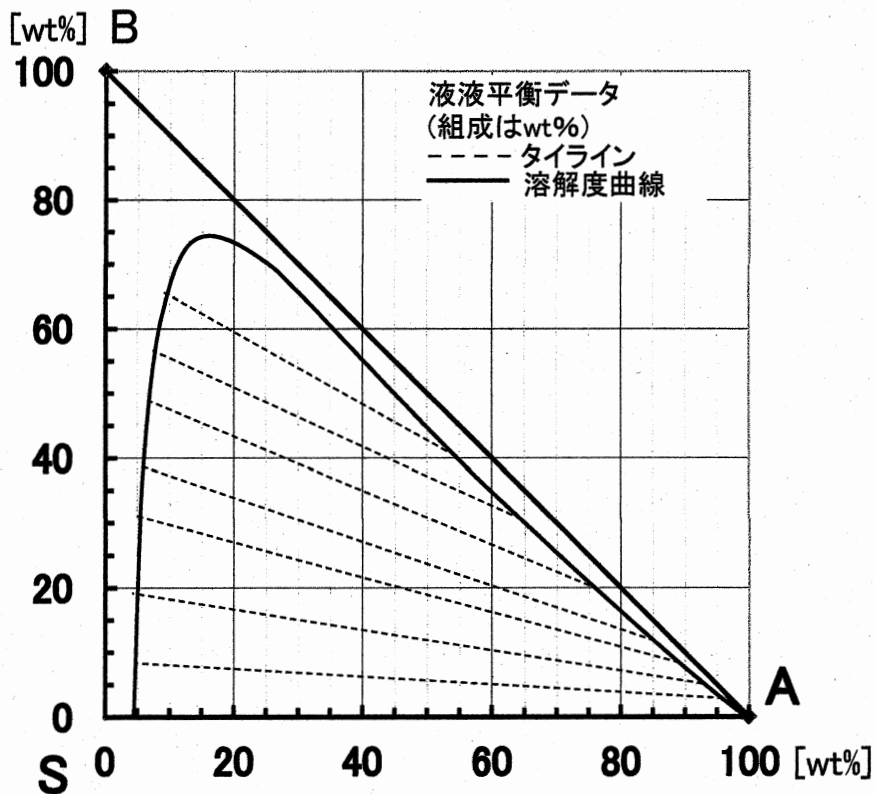


図1 当該混合系の液液平衡データ

【問2】CO<sub>2</sub>を1.00 mol%含む25.0℃、標準大気圧の処理ガス（天然ガス）を吸収液（水）と向流接触させて、CO<sub>2</sub>を90.0%吸収除去する充填塔について考える（図2）。塔底から処理ガスが流入し、塔頂から吸収液が流下する。処理ガスおよび吸収液中のCO<sub>2</sub>のモル分率をそれぞれ $y$ および $x$ とし、塔底で $y_1$ および $x_1$ 、塔頂で $y_2$ および $x_2$  ( $x_2=0.00$ ) とする。ここで、CO<sub>2</sub>濃度が希薄であるため、塔内の処理ガスおよび吸収液の流量はそれぞれ $G_i$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]および $L_i$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]で一定とする。平衡状態にあるCO<sub>2</sub>の処理ガス中のモル分率 $y_e$ と吸収液中でのモル分率 $x_e$ は、式(1)の関係にある。

$$y_e = mx_e \quad (1)$$

以下の設問1)～4)に答えよ。なお、数値の場合、有効数字3桁で解答せよ。

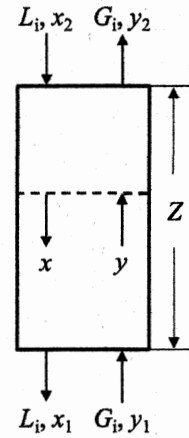


図2

- 1)  $G_i = 50.0 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ のときの最小液流量  $L_{i,\min}$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]を求めよ。
- 2) 二重境膜説より、気相側の境膜物質移動係数  $k_y$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]と液相側の境膜物質移動係数  $k_x$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]を用いれば、CO<sub>2</sub>の物質移動流束  $N_{\text{CO}_2}$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]は、式(2)で表される。

$$N_{\text{CO}_2} = k_y(y - y_i) = k_x(x_i - x) \quad (2)$$

ここで、 $y_i$ および $x_i$ は気液界面でのCO<sub>2</sub>のモル分率であり、 $y_i = mx_i$  ( $m$ は比例定数)が成り立つ。 $y^*$ 、 $x^*$ を仮想的な平衡値とすると、液相、気相のモル分率 $x$ 、 $y$ は式(3)、式(4)で表せる。したがって、式(2)の $N_{\text{CO}_2}$ は式(5)となる。

$$y^* = mx \quad (3)$$

$$y = mx^* \quad (4)$$

$$N_{\text{CO}_2} = K_y(y - y^*) = K_x(x^* - x) \quad (5)$$

ここで、 $K_y$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]および $K_x$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]は気相側および液相側の総括物質移動係数である。式(2)に式(3)、式(4)を代入し、さらに $y_i = mx_i$ の関係式を用いて変形し、式(5)と比較することで、 $K_y$ を $k_y$ 、 $k_x$ および $m$ で表せ。

- 3) 設問2)で導出した $K_y$  [mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>]について、 $k_y$ および $k_x$ がそれぞれ $0.20 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ および $1.40 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ であり、 $m = 1.64 \times 10^3$ であるときの値を求めよ。また、このときの総括物質移動抵抗 ( $1/K_y$ )に対する気相側の物質移動抵抗 ( $1/k_y$ )の百分率（気相抵抗割合）を求めよ。
- 4) 設問1)と同じ処理ガス流量 ( $G_i$ )において、吸収液の流量  $L_i = 1.00 \times 10^5 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ で操作する。液相抵抗支配であるとし、液相側の境膜基準総括移動単位高さ  $H_{\text{OL}}$ を0.25 mとする。液相側基準移動単位数  $N_{\text{OL}}$  [-] および塔高さ  $Z$  [m]を求めよ。なお、 $N_{\text{OL}}$  [-]は対数平均濃度差を考慮した式(6)で計算できる。

$$N_{\text{OL}} = \frac{\ln \left\{ \left( 1 - \frac{L_i}{mG_i} \right) \frac{(mx_1 - y_2)}{(mx_2 - y_2)} \right\} + \frac{L_i}{mG_i}}{\frac{L_i}{mG_i} - 1} \quad (6)$$

ここで、式(6)の  $m = 1.64 \times 10^3$ である。