

化学工学

【問1】図1のように、シート状に成形した湿潤紙（湿潤シート）を連続的に乾燥させるプロセスを考える。この乾燥プロセスに関する以下の文章を読み、設問1) および2) に答えよ。ただし、有効数字は3桁とする。なお、定圧熱容量は温度に依存せず、乾燥中、一定と見なしてよいものとする。

- 1) 含水率 2.00×10^{-1} kg/kg-dry sheet の湿潤シートを質量流量 2.40 kg/s, 25°C で乾燥機に供給して乾燥させる。乾燥機から出てくるシートの含水率と温度は、それぞれ 5.00×10^{-2} kg/kg-dry sheet と 75°C であった。乾燥機から生じる水蒸気の温度も同じく 75°C であった。
- 乾燥機から出てくるシートの質量流量 [kg/s] を求めよ。
 - 乾燥機から生じる水蒸気の質量流量 [kg/s] を求めよ。
 - 湿潤紙を乾燥するにあたり、乾燥機から与えるべき熱量 Q_1 [W] を求めよ。なお、水の蒸発エンタルピーは 2.26×10^6 J/kg とし、水と乾燥シート（含水率0）の定圧熱容量はそれぞれ 4.20×10^3 J/(kg·K), 8.40×10^2 J/(kg·K) として計算せよ。

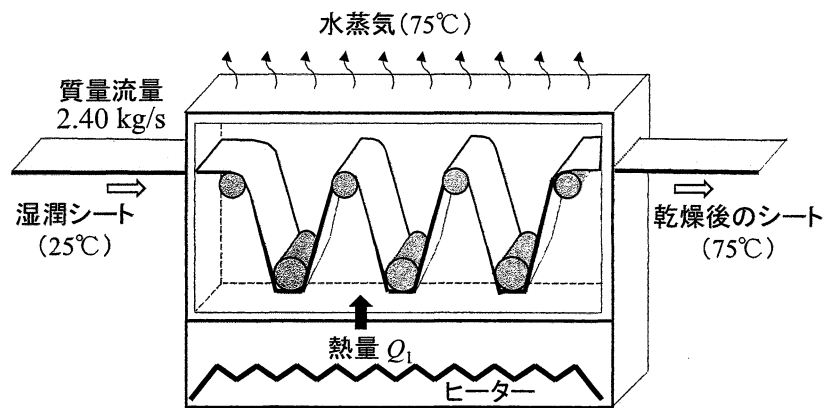


図1 湿潤シート乾燥工程の模式図

- 2) 次に、熱量 Q_2 [W] を与えられる別の乾燥機を使って乾燥する。含水率 2.00×10^{-1} kg/kg-dry sheet, 25°C の湿潤シートを 2.40 kg/s の質量流量で乾燥機に供給し、含水率 α [kg/kg-dry sheet], 75°C の状態まで乾燥させたい。乾燥機から出てくるシートと水蒸気の質量流量をそれぞれ β [kg/s], γ [kg/s] としたとき、含水率、乾燥機から出てくるシートの質量流量、水蒸気の質量流量に関する式を、以下の ア イ ウ に適切な文字式を入れるかたちで答えよ。なお、水と乾燥シート（含水率0）の定圧熱容量はそれぞれ $C_{p,w}$ [J/(kg·K)], $C_{p,s}$ [J/(kg·K)] で表し、水の蒸発エンタルピーは H [J/kg] で表すものとする。

$$\alpha = \frac{\text{ア}}{2H}$$

$$\beta = \frac{\text{イ}}{H}$$

$$\gamma = \frac{\text{ウ}}{H}$$

【問2】物体内に温度勾配があるとフーリエの法則により高温部から低温部に熱の移動が起こる。このことに関して、以下の文章中の空欄 **ア** ~ **ク** に当てはまる適切な語句や数式を答えよ。

フーリエの法則により物体内に熱エネルギーの輸送が生じる熱移動の様式を **ア** 伝熱とよぶ。この場合、単位時間、単位面積あたりに物体内を移動する熱流束 q は、比例係数である **イ** を λ 、温度を T 、熱流の方向を x とすると、式(1)で表される。

$$q = -\lambda \cdot \text{ウ} \tag{1}$$

イ は、温度や圧力などの物質の状態によって定まる物性値の一つである。物質の三態で **イ** を比較すると、気体の **イ** はもっとも小さく、**エ**、**オ** の順に大きくなる傾向がある。このため、熱を遮断する性能の優れた断熱材には、気体の割合の多い（気孔率の高い）多孔質のものがよく用いられる。一方で、多孔質の断熱材を高温で用いる場合には、**ア** 伝熱よりも **カ** 伝熱が支配的になるため、気孔率の高い断熱材ほど断熱性能が劣る場合があるので、使用にあたっては注意する必要がある。

火炉における炉壁内の熱移動は、フーリエの法則により説明できる。図2に示すように、火炉の炉内から炉外方向に、耐火物、断熱材、鉄皮の順に多層壁を構成しているものとする。このような多層壁内の熱移動の際には、炉壁を構成する部材同士の隙間に空隙が存在することにより、熱移動が妨げられる。この熱移動の抵抗を **キ** 熱抵抗という。

炉内壁温度を T_1 、耐火物と断熱材間の温度を T_2 、断熱材と鉄皮間の温度を T_3 、鉄皮の炉外側の温度を T_4 とし、部材の厚さをそれぞれ L_1 、 L_2 および L_3 、部材の **イ** をそれぞれ λ_1 、 λ_2 および λ_3 とする。各部の温度は時間により変化せず（定常）、炉壁を構成する部材間の **キ** 熱抵抗を無視できるものとする。この場合、炉壁を通過する熱流束 q は、炉壁内外表面の温度差 $\Delta T = T_1 - T_4$ を用いて $q = \text{ク}$ と表すことができる。

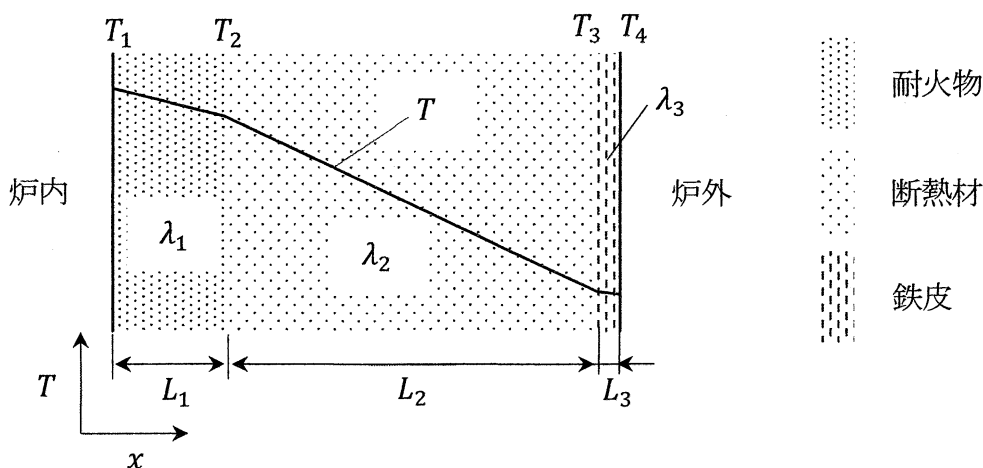


図2 炉壁の模式図