

科目 【化学工学Ⅱ】 熱移動 （1枚）

問題1 [50点]

温度 T_0 の平板材料の上に、1枚の平板状フィンが垂直に設置されている。フィンは温度 T_A の外気と接触し放熱しており、定常状態に至っている。フィンの幅を z 、厚み d 、長さ L 、熱伝導率 k 、空気とフィン表面との間の熱伝達係数を h とする。フィン先端は断熱条件を仮定する。

フィンの長さ方向に x 軸を設定し、微小区間 $x \sim x + \Delta x$ におけるエネルギーバランスを考える。位置 x における x 軸方向の熱流量は ① と書ける。また、位置 $x + \Delta x$ における x 方向の熱流量は ② と書ける。微小区間 Δx において空気への熱伝達によって移動する熱流量は、外気に放出される熱量を正とすると、③ と表される。いま系は定常状態に至っているため、エネルギーバランス式を $\Delta x \rightarrow 0$ とした微分方程式の形で書くと ④ となる。

$k = 300 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 、 $z = 1 \text{ mm}$ 、 $d = 2 \text{ cm}$ 、 $L = 3 \text{ cm}$ のフィンを用いて、 $T_0 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $T_A = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $h = 600 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ として実験を行ったところ、フィンの x 軸方向の温度分布は、

$$T(x) = 25 + 55 \exp(-65x) \quad (1)$$

と表すことができた（温度単位 $^\circ\text{C}$ ）。

このフィンの放熱性能を評価する。まず、フィンの全表面が平板材料の温度に等しい時の、フィンから外気への総放熱量を求めると、⑤ W である。次に、フィンの実際の総放熱量を求めると、⑥ W である。従ってフィン効率は ⑦ % と求めることができる。

(1.1) ①～④に入る数式、および⑤～⑦に入る数値を答えよ。

(1.2) フィンと接触する空気流れの線速度を増加させることで、フィン効率はどう変化するか、理由と共に説明せよ。ただし、 $Nu = 0.037 Re^{0.8} Pr^{0.3}$ の関係式を参考にしてよい（ Nu :ヌッセルト数、 Re :レイノルズ数、 Pr :プラントル数）。