放射伝熱 レポート

03-240236

前田陽祐

1 炉，金属線の面積（長さ1mとする），形態係数を

$A_c, A_m, F_{cm}, F_{mc}, \dots$ とすると，

金属線は凸面で炉に完全に囲まれているので，

$$\begin{cases} F_{mm} = 0,\ F_{mc} = 1, \\ F_{cm} = \dfrac{A_m}{A_c} F_{mc} = \dfrac{A_m}{A_c}, \\ F_{cc} = 1 - \dfrac{A_m}{A_c}. \end{cases}$$

射度を G_c, G_m とすると

$$\begin{cases} G_c = \varepsilon_c \sigma T_c^4 + (1-\varepsilon_c)(G_c F_{cc} + G_m F_{cm}) \\ G_m = \varepsilon_m \sigma T_m^4 + (1-\varepsilon_m)(G_c F_{mc} + G_m F_{mm}) \end{cases}$$

F を代入すると

$$\begin{cases} G_c = \varepsilon_c \sigma T_c^4 + (1-\varepsilon_c)\left(G_c\left(1-\dfrac{A_m}{A_c}\right) + G_m \dfrac{A_m}{A_c}\right) \\ G_m = \varepsilon_m \sigma T_m^4 + (1-\varepsilon_m) G_c \end{cases}$$

$$G_c = \varepsilon_c \sigma T_c^4 + (1-\varepsilon_c)\left(G_c\left(1-\frac{A_m}{A_c}\right) + \frac{A_m}{A_c}\left(\varepsilon_m \sigma T_m^4 + (1-\varepsilon_m) G_c\right)\right)$$

$$G_c\left(1-(1-\varepsilon_c)\left(1-\frac{A_m}{A_c} + \frac{A_m}{A_c}(1-\varepsilon_m)\right)\right) = \sigma\left(\varepsilon_c T_c^4 + (1-\varepsilon_c)\frac{A_m}{A_c}\varepsilon_m T_m^4\right)$$

$$\text{左辺} = G_c\left(1-(1-\varepsilon_c)\left(1-\varepsilon_m\frac{A_m}{A_c}\right)\right) = G_c\left(1+\varepsilon_c+\varepsilon_m-\varepsilon_c\varepsilon_m\frac{A_m}{A_c}\right)$$

$$\therefore G_c = \sigma \frac{\varepsilon_c T_c^4 + (1-\varepsilon_c)\frac{A_m}{A_c}\varepsilon_m T_m^4}{1+\varepsilon_c+\varepsilon_m-\varepsilon_c\varepsilon_m\frac{A_m}{A_c}}$$

$A_c = 4 \times 0.1^2\ m^2$, $A_m = \pi \cdot 0.01^2\ m^2$ として計算すると

$$G_c = 1.604 \times 10^4\ W/m^2$$

また、$G_m = \varepsilon_m \sigma T_m^4 + (1-\varepsilon_m) G_c$

$$= 1.354 \times 10^4\ W/m^2$$

よって、正味の放射は

$$Q_c = F_{cm} \cdot G_c \cdot A_c - F_{mc} \cdot G_m \cdot A_m$$

$$= 7.84 \times 10^{-1}\ W$$

これを A_c で割ると、

$$q_c = 3.045 \times 10^3\ W/m^2$$

2

無限に広い平行な灰色平面の熱流束の式は以下のようになる。遮蔽板は十分に薄く熱容量を無視できるので、熱流束はどの点においても等しいと考えることができる。

$$q = \frac{\sigma({T_1}^4 - {T_{s1}}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_{s1}} - 1} = \frac{\sigma({T_{s1}}^4 - {T_{s2}}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_{s1}} + \frac{1}{\varepsilon_{s2}} - 1} = \frac{\sigma({T_{s2}}^4 - {T_2}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_{s2}} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

分母を払うと以下のようになる。

$$\begin{gathered}
\frac{1}{\sigma}\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_{s1}} - 1\right) q = {T_1}^4 - {T_{s1}}^4 \\
\frac{1}{\sigma}\left(\frac{1}{\varepsilon_{s1}} + \frac{1}{\varepsilon_{s2}} - 1\right) q = {T_{s1}}^4 - {T_{s2}}^4 \\
\frac{1}{\sigma}\left(\frac{1}{\varepsilon_{s2}} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1\right) q = {T_{s2}}^4 - {T_2}^4
\end{gathered}$$

これらを足し合わせて、

$$\frac{1}{\sigma}\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{2}{\varepsilon_{s1}} + \frac{2}{\varepsilon_{s2}} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 3\right) q = {T_1}^4 - {T_2}^4$$

すなわち、

$$q = \frac{\sigma({T_1}^4 - {T_2}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{2}{\varepsilon_{s1}} + \frac{2}{\varepsilon_{s2}} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 3}$$

これを計算すると、$q = 3.045 \times 10^3\ \mathrm{W/m2}$ となる。