<第10章 アナロジー>

10.1 窒素 78.09%、酸素 20.95%、アルゴン 0.93%、二酸化炭素 0.03%(体積割合)よりなるガスがある。成分ガスの相当分子量および質量分率を求めよ。

解) 相当分子量は、窒素、酸素、アルゴン、二酸化炭素の分子量がそれぞれ 0.0280, 0.0320, 0.0400, 0.0440 kg/mol より、

$$(0.7809)(0.0280) + (0.2095)(0.0320) + (0.0093)(0.0400) + (0.0003)(0.0440) = 0.0290 \text{ kg/mol}$$

質量分率は、

$$\text{窒素} \quad \frac{(0.7809)(0.0280)}{0.0290} = 0.755$$

$$\text{酸素} \quad \frac{(0.2095)(0.0320)}{0.0290} = 0.232$$

$$\text{アルゴン} \quad \frac{(0.0093)(0.0400)}{0.0290} = 0.0128$$

$$\text{二酸化炭素} \quad \frac{(0.0003)(0.0440)}{0.0290} = 4.56 \times 10^{-4}$$

10.2 気体 1(分子量 0.020 kg/mol)と気体 2(分子量 0.040 kg/mol)よりなる混合気体の温度は 300 K で、密度が 1 kg/m³、相当分子量が 0.025 kg/mol であった。次の量を求めよ。

(1)全圧および気体 1、2 の分圧

(2)成分気体のモル分率

(3)成分気体の質量分率

解)

(1) 圧力 P 、体積 V 、モル数 n 、気体定数 $R = 3.81 \text{ J}/(\text{mol K})$ 、絶対温度 T に関する気体の状態方程式

$$pV = nRT$$

を、質量 w 、分子量 M を用いて表せば、

$$pV = \frac{w}{M} RT$$

さらに、密度 ρ について $\rho = w/V$ に注意すれば、

$$p = \frac{\rho}{M} RT$$

よって、全圧は、

$$p = \frac{\rho}{M} RT = \frac{1}{0.025} (8.31)(300) = 9.98 \times 10^4 \text{ Pa}$$

気体 1 と気体 2 のモル分率をそれぞれ x_1 , x_2 、分子量をそれぞれ M_1 , M_2 と表せば、

相当分子量 M は、

$$M = x_1 M_1 + x_2 M_2 = x_1 M_1 + (1 - x_1) M_2$$

よって、

$$0.025 = x_1 (0.020) + (1 - x_1) (0.040)$$

これを解いて、

$$x_1 = 0.75$$

$$x_2 = 1 - x_1 = 0.25$$

よって、気体 1 の分圧は、

$$x_1 P = (0.75)(9.98 \times 10^4) = 7.48 \times 10^4 \text{ Pa}$$

同様に気体 2 の分圧は、

$$x_2 P = (0.25)(9.98 \times 10^4) = 2.49 \times 10^4 \text{ Pa}$$

(2) (1)に解いた。

(3) 気体 1 の質量分率は、

$$w_1 = \frac{M_1 x_1}{M_1 x_1 + M_2 x_2} = \frac{(0.020)(0.75)}{(0.020)(0.75) + (0.040)(0.25)} = 0.6$$

$$w_2 = 1 - w_1 = 1 - 0.6 = 0.4$$

10.3 25°Cの大気圧下における空気に対する二酸化炭素の拡散係数を、以下に示す Gilliland の半経験式を用いて計算せよ。ただし、空気および二酸化炭素の分子容積はそれぞれ 29.90 cm³/g、34.0 cm³/g である。

$$D = 435.7 \frac{T^{3/2}}{p(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$

ここで、 D : cm²/s、 T : K、 p : N/m²、 V : 分子容 cm³/g、 M : 分子量 g/mol である。

解) 必要な数値を整理する。単位を指定された式なので、この単位での値とする。

$$\text{温度 } T = 25 + 273.15 = 298.15 \text{ K}$$

大気圧 $p = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

二酸化炭素の分子量 $M_A = 44 \text{ g/mol}$

空気の平均分子量 $M_B = 29 \text{ g/mol}$

$$D = 4.357 \frac{T^{3/2}}{p(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$
$$= (435.7) \frac{298.15^{3/2}}{(1.013 \times 10^5) \{(34.0)^{1/3} + (29.9)^{1/3}\}^2} \sqrt{\frac{1}{44} + \frac{1}{29}} = 0.132 \text{ cm}^2/\text{s}$$

10.4 大気圧、温度 0°C の空気中における一酸化炭素の拡散係数を前問の Gilliland の半経験式を用いて計算せよ。ただし、空気および一酸化炭素の分子容積はそれぞれ 29.9 、 $30.7 \text{ cm}^3/\text{g}$ である。

解) 必要な数値を整理する。単位を指定された式なので、この単位での値とする。

温度 $T = 25 + 273.15 = 298.15 \text{ K}$

大気圧 $p = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$

二酸化炭素の分子量 $M_A = 28 \text{ g/mol}$

空気の平均分子量 $M_B = 29 \text{ g/mol}$

$$D = 4.357 \frac{T^{3/2}}{p(V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}$$
$$= (435.7) \frac{298.15^{3/2}}{(1.013 \times 10^5) \{(30.7)^{1/3} + (29.9)^{1/3}\}^2} \sqrt{\frac{1}{28} + \frac{1}{29}} = 0.151 \text{ cm}^2/\text{s}$$

10.5 理想気体の法則に従う気体の場合には分圧 p_A とモル濃度 C_A との間には、 $p_A = C_A R_0 T$ の関係が成り立つ。これを用いて圧力勾配で表される一方向拡散に関するステファンの法則を導け。

解) 式(10.10)より

$$N_{AT} = -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} \frac{dC_A}{dx}$$

今、 $p_A = C_A R_0 T$ より、 $C_A = \frac{p_A}{R_0 T}$ であり、この両辺を x について微分して、

$$\frac{dC_A}{dx} = \frac{1}{R_0 T} \frac{dp_A}{dx}$$

これを式(10.10)に代入して

$$N_{AT} = -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} \frac{1}{R_0 T} \frac{dp_A}{dx}$$

$$N_{AT} = -\frac{D_{AB}}{(1-x_A)R_0 T} \frac{dp_A}{dx}$$

10.6 空気中の水蒸気の濃度勾配が 5 mol/m^4 の部分を拡散によって移動する水蒸気の本流を求めよ。但し、水蒸気の空気中の拡散係数を $0.251 \text{ cm}^2/\text{s}$ とする。

解) 式(10.1)を用いる。

$$(0.251 \times 10^{-4})(5) = 1.26 \times 10^{-4} \text{ mol/m}^2\text{s}$$

10.7 細い管の底に少量の水が溜まっている。この水が蒸発して水蒸気となり、拡散によって管を上方に移動するとき、底部における水蒸気の濃度勾配が 5 mol/m^4 とした時の水蒸気の本流を求めよ。但し、水蒸気の空気中の拡散係数を $0.251 \text{ cm}^2/\text{s}$ 、底部の水蒸気の本分率を 0.1 とする。

解)

式(10.10)を用いる。

$$\frac{1}{1-0.1} (0.251 \times 10^{-4})(5) = 1.39 \times 10^{-4} \text{ mol/m}^2\text{s}$$

10.8 25°C 、大気圧の乾燥空気中に内径 10mm 、長さ 20cm の試験管を置いた。この試験管の底からの水蒸気の拡散量はいくらであるか。ただし、水蒸気の拡散係数を $2.56 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ とする。

解) 必要な値を S I 単位系の基本単位で整理しておく。

試験管の内径 $d_i = 0.01 \text{ m}$

試験管の長さ $l = 0.2 \text{ m}$

水蒸気の拡散係数 $D_{AB} = 2.56 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

25°C の大気圧の気体の本濃度は、気体の状態方程式から、

$$C_T = \frac{p_T}{R_0 T} = \frac{1.013 \times 10^5}{(8.315)(15 + 273.15)} = 40.9 \text{ mol/m}^3$$

化学便覧を調べれば、水の 25°C における飽和蒸気圧は 23.758 mmHg 。大気圧は 760 mmHg なので、これに相当する水の本分率は、

$$x_{As} = \frac{23.758}{760} = 3.13 \times 10^{-2}$$

式(10.10)より

$$N_{AT} = -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} \frac{dC_A}{dx}$$

今、 $C_A = x_A C_T$ より $\frac{dC_A}{dx} = C_T \frac{dx_A}{dx}$ なので、

$$N_{AT} = -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} C_T \frac{dx_A}{dx}$$

$$N_{AT} dx = -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} C_T dx_A$$

これを試験管の底 $x=0$ から試験管の上端 $x=l$ まで積分する。水蒸気の実分率は試験管の底で飽和水蒸気圧に対する値 x_{As} 、試験管の上端で 0 であるので、

$$\int_0^l N_{AT} dx = \int_{x_{As}}^0 -\frac{1}{1-x_A} D_{AB} C_T dx_A$$

$$N_{AT} [x]_0^l = -D_{AB} C_T [-\ln(1-x_A)]_{x_{As}}^0$$

$$N_{AT} (l-0) = -D_{AB} C_T \left(\ln \frac{1-x_{As}}{1-0} \right)$$

$$N_{AT} l = -D_{AB} C_T \ln(1-x_{As})$$

$$N_{AT} = -\frac{D_{AB} C_T}{l} \ln(1-x_{As})$$

これに値を代入して、

$$N_{AT} = -\frac{(2.56 \times 10^{-5})(40.9)}{0.2} \ln(1-3.13 \times 10^{-2}) = 1.66 \times 10^{-4} \text{ mol/m}^2 \text{ s}$$

拡散量はこれに試験管の断面積をかければ良いので

$$\dot{n}_A = \left(\frac{\pi d_i^2}{4} \right) N_{AT} = \left(\frac{(3.14)(0.01)^2}{4} \right) (1.66 \times 10^{-4}) = 1.31 \times 10^{-8} \text{ mol/s} = 13.1 \text{ nmol/s}$$

10.9 断面積 2 cm^2 の試験管に 20°C の水が入っている。水面から試験管の口までの高さが 7 cm ある。試験管の口は乾燥空気に接しているものとして水の蒸発速度が $2.48 \times 10^5 \text{ kg/h}$ である場合、水の乾燥空気に対する拡散係数 D を以下に示した圧力勾配で表される一方拡散に関するステファンの法則を用いて計算せよ。

$$N_{AT} = -\frac{D}{R_0 T} \left(\frac{P}{P-p_A} \right) \frac{dp_A}{dx} \quad \text{ただし、} P = p_A + p_B$$

解) 必要な値を S I 単位系の基本単位で整理しておく。

$$\text{試験管の断面積 } S = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{液面から試験管口までの高さ } l = 0.07 \text{ m}$$

$$\text{水の質量蒸発速度 } w_A = 2.48 \times 10^5 \text{ kg/h} = 6.89 \times 10^9 \text{ kg/s}$$

水の分子量は 0.018 kg/mol なので、水のモル蒸発速度は

$$\dot{n}_A = \frac{w_A}{M_A} = \frac{6.89 \times 10^9}{0.018} = 3.83 \times 10^7 \text{ mol/s}$$

試験管の断面積でこれを割って、水のモル流束は

$$N_A = \frac{\dot{n}_A}{S} = \frac{3.83 \times 10^7}{2 \times 10^{-4}} = 1.92 \times 10^3 \text{ mol/m}^2 \text{ s}$$

化学便覧を調べれば、水の 25°C における飽和蒸気圧は 17.536 mmHg なので、これに対する水の分圧は

$$p_{As} = \frac{17.536}{760} (1.013 \times 10^5) = 2.34 \times 10^3 \text{ Pa}$$

大気圧 $P = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$

温度 $T = 20 + 273.15 = 293.15 \text{ K}$

気体定数 $R_0 = 8.315 \text{ J/mol K}$

与式より

$$N_{AT} = -\frac{D}{R_0 T} \left(\frac{P}{P - p_A} \right) \frac{dp_A}{dx}$$

$$N_{AT} dx = -\frac{D}{R_0 T} \frac{P}{P - p_A} dp_A$$

これを試験管の底 $x=0$ から試験管の上端 $x=l$ まで積分する。水蒸気分圧は試験管の底で飽和水蒸気圧 p_{As} 、試験管の上端で 0 であるので、

$$\int_0^l N_{AT} dx = \int_{p_{As}}^0 -\frac{D}{R_0 T} \frac{P}{P - p_A} dp_A$$

$$N_{AT} [x]_0^l = -\frac{DP}{R_0 T} [-\ln(P - p_A)]_{p_{As}}^0$$

$$N_{AT} (l - 0) = -\frac{DP}{R_0 T} \left(\ln \frac{P - p_{As}}{P - 0} \right)$$

$$N_{AT} l = -\frac{DP}{R_0 T} \ln \left(\frac{P - p_{As}}{P} \right)$$

$$N_{AT} = -\frac{DP}{l R_0 T} \ln \left(\frac{P - p_{As}}{P} \right)$$

これに値を代入して、

$$1.92 \times 10^{-3} = -\frac{D(1.013 \times 10^5)}{(0.07)(8.315)(293.15)} \ln \left(\frac{1.013 \times 10^5 - 2.34 \times 10^3}{1.013 \times 10^5} \right) = 13.9D$$

これを解いて、

$$D = 1.38 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

10.10 定物性の非圧縮性流体の2次元境界層流れにおける拡散成分の質量保存の式(拡散の方程式)が次式で表されることを示せ。ただし、主流と平行に x 軸、これに直角に y 軸をとり、 x および y 方向の速度成分を u および v とする。

$$u \frac{\partial C_A}{\partial x} + v \frac{\partial C_A}{\partial y} = D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2}$$

解) 与式より濃度の時間変化が含まれていないので定常状態について議論する。流れの任意

の位置に x 軸方向長さ dx 、 y 軸方向長さ dy の微小領域 ($x \leq x \leq x + dx$; $y \leq y \leq y + dy$) を取る。

十分に小さい領域を取れば、濃度 C_A は x と y の関数である。この領域の各辺から流入する物質量は、

$$x = x : \int_y^{y+dy} u C_A dy$$

$$x = x + dx : - \left[\int_y^{y+dy} u C_A dy + \frac{d}{dx} \left(\int_y^{y+dy} u C_A dy \right) dx \right]$$

ここで、この方向にも拡散は起こるが、主流による物質移動に比べれば無視できるとする。

$$y = y : \int_x^{x+dx} v C_A dx - D \frac{\partial C_A}{\partial y} dx$$

$$y = y + dy : - \left[\int_x^{x+dx} v C_A dx - D \frac{\partial C_A}{\partial y} + \frac{d}{dy} \left(\int_x^{x+dx} v C_A dx - D \frac{\partial C_A}{\partial y} dx \right) dy \right]$$

定常状態では蓄積がないので、これらの和は0。よって、

$$- \frac{d}{dx} \left(\int_y^{y+dy} u C_A dy \right) dx - \frac{d}{dy} \left(\int_x^{x+dx} v C_A dx - D \frac{\partial C_A}{\partial y} dx \right) dy = 0$$

$$\frac{d}{dx} \left(\int_y^{y+dy} u C_A dy \right) dx + \frac{d}{dy} \left(\int_x^{x+dx} v C_A dx - D \frac{\partial C_A}{\partial y} dx \right) dy = 0$$

$$\left(\int_y^{y+dy} \frac{d}{dx} (u C_A) dy \right) dx + \left(\int_x^{x+dx} \frac{d}{dy} (v C_A) dx - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} dx \right) dy = 0$$

両辺を $dx dy$ で割って

$$\frac{\left(\int_y^{y+dy} \frac{d}{dx} (u C_A) dy \right)}{dy} + \frac{\left(\int_x^{x+dx} \frac{d}{dy} (v C_A) dx \right)}{dx} - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

$dx \rightarrow 0, dy \rightarrow 0$ の極限を取ると

$$\lim_{\substack{dx \rightarrow 0 \\ dy \rightarrow 0}} \left[\frac{\left(\int_y^{y+dy} \frac{d}{dx} (u C_A) dy \right)}{dy} + \frac{\left(\int_x^{x+dx} \frac{d}{dy} (v C_A) dx \right)}{dx} - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} \right] = 0$$

左辺について、 $\lim_{dy \rightarrow 0} \left[\frac{\left(\int_y^{y+dy} \frac{d}{dx} (u C_A) dy \right)}{dy} \right]$ は関数 $\int \frac{d}{dx} (u C_A) dy$ の y に関する微分の定義に他

ならず、 $\lim_{dx \rightarrow 0} \left[\frac{\left(\int_x^{x+dx} \frac{d}{dy} (vC_A) dx \right)}{dx} \right]$ は関数 $\int \frac{d}{dy} (vC_A) dx$ の x に関する微分の定義に他ならない。
 よって、

$$\frac{d}{dy} \int \frac{d}{dx} u C_A dy + \frac{d}{dx} \int \frac{d}{dy} v C_A dx - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

$$\frac{d}{dx} (u C_A) + \frac{d}{dy} (v C_A) - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

$$C_A \frac{du}{dx} + u \frac{dC_A}{dx} + C_A \frac{dv}{dy} + v \frac{dC_A}{dy} - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

$$C_A \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial C_A}{\partial x} + v \frac{\partial C_A}{\partial y} - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

今、連続の式より、 $\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$ なので、

$$u \frac{\partial C_A}{\partial x} + v \frac{\partial C_A}{\partial y} - D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2} = 0$$

すなわち

$$u \frac{\partial C_A}{\partial x} + v \frac{\partial C_A}{\partial y} = D \frac{\partial^2 C_A}{\partial y^2}$$

10.1.1 深さ 1 cm の広い溝を流れる水の表面で流速を測定したら 5 cm/s であった。流れが層流として底面の受ける剪断応力を求めよ。

解) 温度が与えられていないので 20°C と仮定し、付録から水の粘性率は 1.002 mPa·s
 ニュートンの粘性法則から、求める剪断応力は

$$\tau = (1.002 \times 10^{-3}) \frac{0.05}{0.01} = 5.01 \times 10^{-3} \text{ N / m}^2$$

10.1.2 内径 5 cm の管に 300 cm³/s で水を流した時の抵抗係数を推算せよ。

解) 温度が与えられていないので 20°C と仮定し、付録から水の粘性率は 1.002 mPa·s、水の密度は 998.2 kg/m³ である。

水の平均流速は

$$\frac{300 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2 (3.14) / 4} = 1.53 \times 10^{-1} \text{ m}$$

なので、レイノルズ数は、

$$\text{Re} = \frac{(1.53 \times 10^{-1})(998.2)(0.05)}{1.002 \times 10^{-3}} = 7610$$

よって、式(10.40)から、

$$C_f = 0.0791 \text{Re}^{-0.25} = (0.0791)(7610)^{-0.25} = 8.47 \times 10^{-3}$$

10.13 内径 5 cm、内壁面温度 60°C の管に 300 cm³/s で混合平均温度 20°C の水が流れている時のスタントン数をレイノルズ、プラントル、カルマン、チルトン・コルバーンのアナロジーでそれぞれ推算せよ。ただし、管軸上温度は 10°C、管軸上流速は平均流速の 1.22 倍とする。

解) 問 10.12 よりこの場合の平均流速 $u_m = 1.53 \times 10^{-1} \text{ m/s}$ 、レイノルズ数 $\text{Re} = 7610$ 、抵抗

係数 $C_f = 8.47 \times 10^{-3}$ 。

管軸上流速は、 $1.22u_m = 1.87 \times 10^{-1} \text{ m/s}$

20°C の水のプラントル数は付録から 6.991。

レイノルズのアナロジー：式(10.30)を用いる。

$$\text{St} = \frac{C_f}{2} = \frac{1.11 \times 10^{-2}}{2} = 5.55 \times 10^{-3}$$

プラントルのアナロジー：式(10.34)を用いる。

$$f = \frac{T_w - T_c}{T_w - T_m} \frac{u_m}{u_c} = \frac{60 - 10}{60 - 20} \frac{0.153}{0.187} = 1.02$$

$$\text{St} = \frac{C_f}{2} \frac{f}{1 + 1.99 \text{Re}^{-0.125} (\text{Pr} - 1)} = \frac{8.47 \times 10^{-3}}{2} \frac{1.02}{1 + 1.99(7610)^{-0.125} (6.991 - 1)}$$

$$= 8.82 \times 10^{-4}$$

カルマンのアナロジー：式(10.37)を用いる。

$$\frac{T_w - T_c}{T_w - T_m} = \frac{60 - 10}{60 - 20} = 1.25$$

$$St = \sqrt{\frac{C_f}{2}} \frac{\frac{T_w - T_c}{T_w - T_m}}{5 \left\{ \text{Pr} + \ln(1 + 5 \text{Pr}) + 0.5 \ln \left(\frac{\text{Re}}{60} \sqrt{\frac{C_f}{2}} \right) \right\}}$$

$$= \sqrt{\frac{8.47 \times 10^{-3}}{2}} \frac{1.25}{5 \left\{ 6.991 + \ln(1 + 5 \times 6.991) + 0.5 \ln \left(\frac{7610}{60} \sqrt{\frac{8.47 \times 10^{-3}}{2}} \right) \right\}}$$

$$= 1.40 \times 10^{-3}$$

チルトン・コルバーンのアナロジー：式(10.38)を用いる。

$$St = \frac{C_f}{2} \text{Pr}^{-2/3} = \frac{1.11 \times 10^{-2}}{2} (6.991)^{-2/3} = 1.52 \times 10^{-3}$$

10.14 温度 20°C、速度 1 m/s の空気流中に直径 10 cm、温度 80°C の球を置いた。このときの伝熱量はいくらになるか。

解) 必要な値を S I 単位系の基本単位で整理しておく。

$$\text{伝熱温度差 } T_s - T_a = 80 - 20 = 60 \text{ K}$$

$$\text{球の直径 } d = 0.10 \text{ m}$$

$$\text{空気流速 } u = 1 \text{ m/s}$$

$$20^\circ\text{C の空気の密度 } \rho = 1.21 \text{ kg/m}^3$$

$$20^\circ\text{C の空気の粘性率 } \mu = 1.80 \times 10^{-5} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

$$20^\circ\text{C の空気のプラントル数 } \text{Pr} = 0.709$$

$$20^\circ\text{C の空気の熱伝導率 } \lambda = 2.56 \times 10^{-2} \text{ W/m K}$$

式(10.45)を用いる。

$$\text{Re} = \frac{(1)(1.21)(0.10)}{1.80 \times 10^{-5}} = 6740$$

$$\text{Nu} = 2 + 0.6 \text{Re}^{1/2} \text{Pr}^{1/3} = 2 + (0.6)(6740)^{1/2} (0.709)^{1/3} = 45.9$$

熱伝達率は、

$$h = \frac{Nu\lambda}{d} = \frac{(45.9)(2.56 \times 10^{-2})}{0.1} = 11.8 \text{ W / m}^2\text{K}$$

熱流束は、

$$q = h(T_s - T_a) = (11.8)(60) = 707 \text{ W/m}^2$$

よって、伝熱量はこれに球の表面積をかけて、

$$\dot{Q} = q(\pi d^2) = (707)(3.14)(0.1)^2 = 22.2 \text{ W}$$

10.15 アナロジー、シュミット数についてそれぞれ2~3行程度で説明せよ。

解)

(1) アナロジー

流れの中における熱、物質、運動量の移動が、流れが同じであれば同じように進行すること。無次元数を用いた表記は同じ形となり、このことを利用して、熱の移動から物質の移動を推算することなどが可能となる。

(2) シュミット数

物質移動に関する無次元数で、動粘性係数を拡散係数で割った値として定義される。伝熱におけるプラントル数に対応し、物質移動を表す無次元数の式でよく現れる。