

第4章 問題解答例

問題 4.1

土壌表面を基準とした場合、樹高 30m の木の頂端での重力ポテンシャルはいくらか。

解答例：

重力ポテンシャル Ψ_g の求め方は、式 4.3 に記載されている。

また本文に、 g （重力加速度）は 9.8 ms^{-2} とあるので、 g にはこれを使う。

予題より、 h （高さ）は 30 m を使う。

$$\Psi_g = gh = 9.8 \times 30 = 294 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

ここで、第 1 章の表 1.1 より、

$$\text{J} = \frac{\text{m}^2 \text{ kg}}{\text{s}^2}$$

よって、

$$\frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

なので、

$$\Psi_g = 294 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} = 294 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

となる。

問題 4.2

水分含有量が 0.15 kg/kg であるローム土壌のマトリックポテンシャルはいくらか。

解答例：

図 4.1 より、ローム土壌の曲線で、水分含有量が 0.15 kg/kg のところにあたるマトリックポテンシャル Ψ_m を読み解くと、

$$\Psi_m \doteq -200 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

となる。

問題 4.3

グレートソルト(Great Salt)湖に溶け込んでいる塩類のほとんどは塩化ナトリウムであり、場所によってはその濃度が 6mol/kg にまで濃縮されている。塩水の浸透ポテンシャルを求めよ。6モル濃度の NaCl の浸透係数(ϕ) は 1.27 である。

解答例：

浸透ポテンシャル Ψ_o は、式 4.6 より求められる。

また本文より、 ν (この場合は NaCl のモル当たりのイオン数) は 2、 R (気体定数) は $8.3143 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1}$ を使う。絶対温度は問題に定義されていないので、ここでは問題 4.4 で与えられた温度と同じ 18°C と仮定して、 T (絶対温度)は 291.15K ($18+273.15$)を使う。

また問題文より、 C (溶液の濃度)に 6 mol/kg 、 ϕ (浸透係数)に 1.27 を使う。

$$\Psi_o = -C \phi \nu RT = -6 \times 1.27 \times 2 \times 8.3143 \times 291.15 = -36891.6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

問題 4.4

表面温度が 18°C のとき、グレートソルト湖(問題 4.3.参照、標高 1280m)の蒸発面における水蒸気圧と水蒸気モル分率を求めよ。

解答例：

湖の蒸発面における水ポテンシャル Ψ を、式 4.2 を使い求める。

問題 4.3 の解答より、浸透ポテンシャル Ψ_o は -36891.6 J/kg である。また、蒸発面における重力ポテンシャルは、湖面上なので高さが 0m となり、 0 J/kg である。その他、マトリックポテンシャル Ψ_m 、圧ポテンシャル Ψ_p は無視する。

$$\Psi = \Psi_g + \Psi_m + \Psi_p + \Psi_o = 0 - 36891.6 = -36891.6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

次に、湖の蒸発面における相対湿度 h_r を、式 4.13 を使い求める。

上式で求めた水ポテンシャル Ψ と、本文記載より水の分子量 M_w の 0.018kg/mol 、 R (気体定数) の $8.3143 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \cdot \text{mol}^{-1}$ を使う。予題より絶対温度 T は 291.15K ($18+273.15$)を使う。

$$h_r = \exp\left(\frac{M_w \Psi}{RT}\right) = \exp\left(\frac{0.018 \times -36891.6}{8.3143 \times 291.15}\right) = 0.76$$

ところで飽和水蒸気圧 $e_s(T)$ は、式 3.8 を使い求める。

本文(43 ページ)より、 $a=0.611\text{kPa}$ 、 $b=17.502$ 、 $c=240.97^\circ\text{C}$ 、を使う。

予題より、 T (温度)は 18°C を使う(問題 4.3 の絶対温度 T ではなく、温度 T なので注意が必要)。

$$e_s(18) = a \exp\left(\frac{bT}{T+c}\right) = 0.611 \times \exp\left(\frac{17.502 \times 18}{18 + 240.97}\right) = 2.062 \text{ kPa}$$

18°C における水蒸気圧 e_a は、飽和水蒸気圧 $e_s(T)$ と相対湿度 h_r の積で求められる。

$$e_a = e_s(18) \times h_r = 2.062 \times 0.76 = 1.567 \text{ kPa}$$

一方、標高 A が 1280m の大気圧 P_a は、式 3.7 より求められる。

$$P_a = 101.3 \exp\left(\frac{-A}{8200}\right) = 101.3 \times \exp\left(\frac{1280}{8200}\right) = 86.66 \text{ kPa}$$

水蒸気モル分率 C_j は、式 3.5 に上記で求めた水蒸気圧 P_j の 1.56756kPa と大気圧 P_a の 86.66kPa を代入して求める。

$$C_j = \frac{P_j}{P_a} = \frac{1.56756}{86.66} = 0.018089 \frac{\text{kPa}}{\text{kPa}}$$

温度が一定であれば、分圧とモル分率は等しいので、

$$C_j = 0.018089 \frac{\text{kPa}}{\text{kPa}} = 0.018089 \frac{\text{mol}}{\text{mol}}$$

を得る。