

地球の表面温度 ; earthtemp-qa040209.tex

太陽表面から放射されるエネルギーが惑星表面で吸収されることと惑星表面からの放射の間でバランス（定常状態）が近似的に成立すると考えてよいとする。シュテファン・ボルツマン定数を $\sigma = 5.67051 \times 10^{-8} \text{joule}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ として次の問いに答えよ。

1. 太陽から地球の単位断面積、単位時間に降り注ぐエネルギー（エネルギーフラックス）を S 、地球表面の反射率を α として、地球の表面温度 T を S, α, σ で表す関係式を求めよ。
2. S の観測値は $S = 1367 \text{watt}/(\text{m}^2)$ であるが、仮に反射率をゼロとして地球表面温度を摂氏温度で計算せよ。
3. 観測値 $S = 1367 \text{joule}/(\text{m}^2 \cdot \text{sec}), \alpha = 0.30$ を用いて地球表面温度を摂氏温度で計算せよ。

（解答例）

1. 太陽から見た平均半径 R の地球の断面積 (πR^2) にエネルギーが入射し、そのうち反射分 α を除く、割合 $(1 - \alpha)$ の分が地表で吸収されて、再び地球の表面全体 ($4\pi R^2$) からエネルギーが宇宙空間に放出されると考える。シュテファン・ボルツマンの法則を適用すると次の式が成立する。

$$\begin{aligned}\pi R^2 S \times (1 - \alpha) &= 4\pi R^2 \times \sigma T^4 \\ \rightarrow T &= \left[\frac{S(1 - \alpha)}{4\sigma} \right]^{1/4}.\end{aligned}\tag{1}$$

2. 題意より、与えられた値を代入して

$$\begin{aligned}T &= \left(\frac{1367 \text{watt} \times 1.0}{4 \times 5.67051 \times 10^{-8} \text{watt} \cdot \text{m}^2\text{K}^{-4}} \right)^{1/4} \\ &= 2.786 \times 10^2 \text{K} \\ &= 278.6 \text{K} \\ &\approx 5 \text{C}.\end{aligned}\tag{2}$$

3. 題意より、与えられた値を代入して

$$\begin{aligned}T &= \left[\frac{1367 \text{watt} \times (1 - 0.30)}{4 \times 5.67051 \times 10^{-8} \text{watt} \cdot \text{m}^2\text{K}^{-4}} \right]^{1/4} \\ &= [42.1857]^{1/4} \times 10^2 \text{K} \\ &= 254.856 \text{K} \\ &\approx -19 \text{C}.\end{aligned}\tag{3}$$

参考：地球の実際の平均気温は 15C である。これらの結果からわかるように地球表面の状態では平均気温は大きく変動する。