

平成 24 年 7 月 12 日(木)

地球の有効放射温度

地表面に吸収される日射のエネルギーと地表面が出す放射の強さはつり合う。
そこで、単位面積当たりの日射の強さを S とし、地球の半径を R とすると、

$$S(1 - A) \cdot \pi R^2 = \sigma T^4 \cdot 4\pi R^2$$

が成立する。ここで

太陽定数(単位面積当たりの日射の強さ) $S = 1370 \text{ W/m}^2$

アルベド(大気による反射率) $A = 0.3$

ステファン・ボルツマン定数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$

から、温度 T を求める。

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{S(1 - A)}{4\sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{1370(1 - 0.3) \text{ Wm}^{-2}}{4 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{959 \text{ Wm}^{-2}}{22.68 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{42.28 \text{ Wm}^{-2}}{10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{42.28 \times 10^8}{\text{K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= (42.28 \times 10^8 \text{ K}^4)^{\frac{1}{4}} \\ &\approx \underline{\underline{255 \text{ K}}} \end{aligned}$$

地球の有効放射温度 255 K は -18°C であり、実際の地球全体の平均気温 15°C よりも 33 K ほど低い。実際の地球では、温室効果や大気と海流の対流があるために穏やかな気候が実現している。

金星の有効放射温度

次に、金星の有効放射温度を計算する。

太陽からの放射の強さは距離の 2 乗に反比例する。太陽から金星までの距離は地球までの距離の 0.723 倍であるので、

太陽定数 $S = (1370 / 0.723^2) W/m^2 = 2621 W/m^2$ となる。

アルベド(大気による反射率) $A = 0.8$

ステファン・ボルツマン定数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} Wm^{-2}K^{-4}$

から、温度 T を求める。

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{S(1-A)}{4\sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{2621(1-0.8)Wm^{-2}}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{524Wm^{-2}}{22.68 \times 10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{23.1Wm^{-2}}{10^{-8}Wm^{-2}K^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{23.1 \times 10^8}{K^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= (23.1 \times 10^8 K^4)^{\frac{1}{4}} \\ &= \underline{\underline{219K}} \end{aligned}$$

金星は、二酸化炭素 96%、窒素 3.4%の 90 気圧もの大気に覆われており、その温室効果などの影響で、表面温度は 740K になっている。

火星の有効放射温度

次に、火星の有効放射温度を計算する。

太陽からの放射の強さは距離の 2 乗に反比例する。太陽から火星までの距離は地球までの距離の 1.524 倍であるので、

$$\text{太陽定数 } S = (1370/1.524^2) \text{ W/m}^2 = 589.9 \text{ W/m}^2$$

$$\text{アルベド(大気による反射率) } A = 0.2$$

$$\text{ステファン・ボルツマン定数 } \sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

から、温度 T を求める。

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{S(1-A)}{4\sigma} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{589.9(1-0.2) \text{ Wm}^{-2}}{4 \times 5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{471.9 \text{ Wm}^{-2}}{22.68 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{20.8 \text{ Wm}^{-2}}{10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= \left(\frac{20.8 \times 10^8}{\text{K}^{-4}} \right)^{\frac{1}{4}} \\ &= (20.8 \times 10^8 \text{ K}^4)^{\frac{1}{4}} \\ &\approx \underline{\underline{214 \text{ K}}} \end{aligned}$$

火星は、二酸化炭素 95%、窒素 2.7%、アルゴン 1.6%の 0.006 気圧の希薄な大気に覆われており、表面温度は平均で 210K であるが、昼夜の温度差は 130K から 290K と非常に大きくなっている。