

○黒体放射の詳しい説明

一般に、物体はその温度に応じて熱輻射と呼ばれる電磁波を放出しています。理想的な熱放射物体を黒体と呼びます。この黒体が出す電磁波は黒体放射と呼ばれる連続スペクトルを示します。スペクトルの形は温度によって一意的に決まり、温度 T において、単位面積あたり、単位エネルギーあたり、単位立体角あたりの電磁波の黒体放射として放射されるエネルギー $B(E, T)$ は

$$B(E, T)dE = \frac{2E^3}{h^3 c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{E}{kT}\right) - 1} dE \quad \dots\dots\dots ①$$

で表され、これをプランクの法則と言います。ここで、 h はプランク定数、 k はボルツマン定数で、 c は光速です。この式は、量子力学と統計力学を学ぶことで、自分で導き出すことができます。放射する全エネルギー E は、①を積分して、

$$E = \sigma T^4 \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad \dots\dots\dots ②$$

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15h^3 c^2} = 5.6704 \times 10^{-8} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-4}] \quad \dots\dots\dots ③$$

です。これは、Stefan-Boltzman の法則と呼ばれています。

次に、 $1[\text{m}^2]$ あたり、 $1[\text{keV}]$ あたり、 $1[\text{s}]$ あたりの光子の数分布にするため、①式を1個の光子エネルギー E で割ります。さらに単位面積の面を考え、その傾きを考慮しながら立体角で積分すると、最終的に用いるプランクの式は、単位面積あたりに放射される光子の数分布は立体角も考慮に入れ計算すると、

$$B'(E, T)dE = \frac{2E^2}{h^3 c^2} \cdot \frac{\pi}{\exp\left(\frac{E}{kT}\right) - 1} dE \quad \dots\dots\dots ①'$$

です。半径 r の球の表面から等方に放射され、それを距離 d 離れた観測地での単位面積あたりを通る光子の数(フラックス) F は、

$$\begin{aligned} F(E, T)dE &= B'(E, T) \times 4\pi r^2 \times \frac{1}{4\pi d^2} dE \\ &= B'(E, T) \frac{r^2}{d^2} dE \quad \dots\dots\dots ④ \end{aligned}$$

です。

そして、エネルギー範囲が $E_1 \sim E_2$ で観測される光子数は、求めるエネルギー範囲内で積分して求めます。

$$I_{E_1-E_2} = \int_{E_1}^{E_2} B'(E, T) \times \frac{r^2}{d^2} dE \quad \dots\dots\dots \textcircled{5}$$

で計算できます。これで、「ぎんが」衛星で検出したデータを比較できることになります。