

赤外線と大気中CO₂散乱

赤外線が大気中のCO₂と散乱する確率を求めておこう。光と大気の散乱断面積として、ここでは Thomson 散乱の散乱公式を使う。これは光と電子との散乱断面積であるが、大気との散乱は原子中の電子との散乱なので、Thomson 散乱の断面積を使って充分良いと考えられる。

1 Thomson 散乱の微分断面積

Thomson 散乱の微分断面積は場の量子論的に計算されており、散乱断面積は

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{Ray} \simeq \frac{r_0^2}{2}(1 + \cos\theta) \quad (1)$$

と求められている。 r_0 は電子の古典半径であり

$$r_0 = 2.8 \times 10^{-13} \text{ cm} \quad (2)$$

である。

2 光の大気中での平均自由行程 ℓ_b

Thomson 散乱の微分断面積の式 (1) より、光と大気との全断面積 σ_T は

$$\sigma_T \simeq 6.6 \times 10^{-25} \text{ cm}^2 \quad (3)$$

となる。従って、光の大気中での平均自由行程 ℓ_b は

$$\ell_b = \frac{1}{\rho\sigma_T} \simeq 0.56 \text{ km} \quad (4)$$

となる。ここで大気中での分子の数密度 ρ としては

$$\rho \simeq \frac{6 \times 10^{23}}{22.4 \times 10^3} = 2.7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} \quad (5)$$

を用いている。

3 赤外線が CO₂ と散乱する確率

光が大気中の分子と散乱する回数 P_R は大気の厚さを L とした時

$$P_R \simeq \frac{L}{\ell_b} \quad (6)$$

で与えられる。大気の厚さ L は通常 $L \simeq 20$ km 程度と考えられている。しかし大気の密度は高度と共に減少しているので、この点まで考量した計算を行う必要がある。その結果、まず光が大気と衝突する回数は P_R は

$$P_R \simeq 18.6 \quad (7)$$

となる。ここで赤外線が CO₂ と散乱する確率 P_{CO_2} を計算しよう。その結果、

$$P_{CO_2} \simeq 0.006 \quad (8)$$

と求まる。ここで大気中の炭酸ガスの濃度を 0.03 % としている。

4 温暖化の計算への影響

赤外線による共鳴吸収の計算結果にこの散乱確率 P_{CO_2} の値を掛ける必要がある。これにより、散乱理論による計算が完成したことになる。