

## 2. 惑星大気

### 2-1 組成

木星型惑星：元素組成 ~ 太陽大気 . H は  $\text{H}_2$  分子として存在 . 極めて厚い .

地球型惑星：元素組成  $\neq$  太陽大気 . 重元素に富む .

金星・火星： $\text{CO}_2$  が主成分 . 金星は厚く , 火星は薄い .

地球： $\text{N}_2$  ,  $\text{O}_2$  が主成分 . 地表に大量の液体の  $\text{H}_2\text{O}$  .

### 2-2 温度

ステファンボルツマンの法則

温度  $T$  の黒体が単位時間単位表面積あたりに放射するエネルギー =  $\sigma T^4$

ここで  $\sigma$  はステファン ボルツマン 定数

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

平衡温度  $T_{eq}$  惑星の吸収した太陽放射に等価な黒体温度

$$4\pi R^2 \sigma T_{eq}^4 = \pi R^2 (1 - A) F$$

ここで  $F$  は惑星軌道における太陽放射フラックス . 1AU では

$$F = 1370 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2}$$

この値を太陽定数と呼ぶ .

有効温度  $T_{eff}$  惑星の総熱放射に等価な黒体温度

$$4\pi R^2 \sigma T_{eff}^4 = [\text{惑星の総熱放射}]$$

金星： $T_s \gg T_{eq}, T_{eff}$   $\text{CO}_2$  の強い温室効果 .

木星： $T_{eff} > T_{eq}$  内部にも熱源 .

地球： $T_s > T_{eq}, T_{eff}$   $\text{H}_2\text{O}$  ,  $\text{CO}_2$  の温室効果 .

太陽と代表的な惑星の大気

	太陽	地球	金星	火星	木星
表面気圧 $P(\text{bar})$	0.13 (光球面)	1.013	92	0.006	2 (雲頂)
表面温度 $T_s(\text{K})$	6430 (光球面)	280	750	240	134 (雲頂)
有効温度 (K) $T_{eff}$	5780	250	230	220	130
平衡温度 (K) $T_{eq}$	—	256	227	216	98
主要大気成分 (vol%)	H (91.0)	N <sub>2</sub> (78)	CO <sub>2</sub> (96.5)	CO <sub>2</sub> (95.3)	H <sub>2</sub> (88.8)
	He (8.9)	O <sub>2</sub> (21)	N <sub>2</sub> (3.5)	N <sub>2</sub> (2.7)	He (11.1)
	O(78ppm)	Ar (0.9)	Ar (70 ppm)	Ar (1.6)	CH <sub>4</sub> (0.2)

## 2-3 惑星に大気が存在する条件

直観的に...小さな惑星は大気を持ってない

大気を存在する必要条件：分子の熱運動エネルギー < 重力エネルギー

$$\frac{3}{2}kT < G\frac{Mm}{R}$$

ここで  $k$  はボルツマン定数

$$k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K.}$$

これを脱出速度を用いて変形

$$\frac{1}{2}v_e^2 = G\frac{M}{R}$$

だから

$$\frac{3}{2}kT < \frac{1}{2}mv_e^2$$

## レポート問題

問題 1 太陽定数，太陽の半径，太陽-地球間の距離から，太陽の有効放射温度を求めよ．

問題 2 (1) 地球が大気が存在できる条件を満たしていることを確かめよ．(2) 地球は微惑星が衝突合体を繰り返して成長しながら誕生した．成長期の地球が大気を獲得し始めたときの地球の質量を推算せよ．