

冥王代の地球と金星の大気

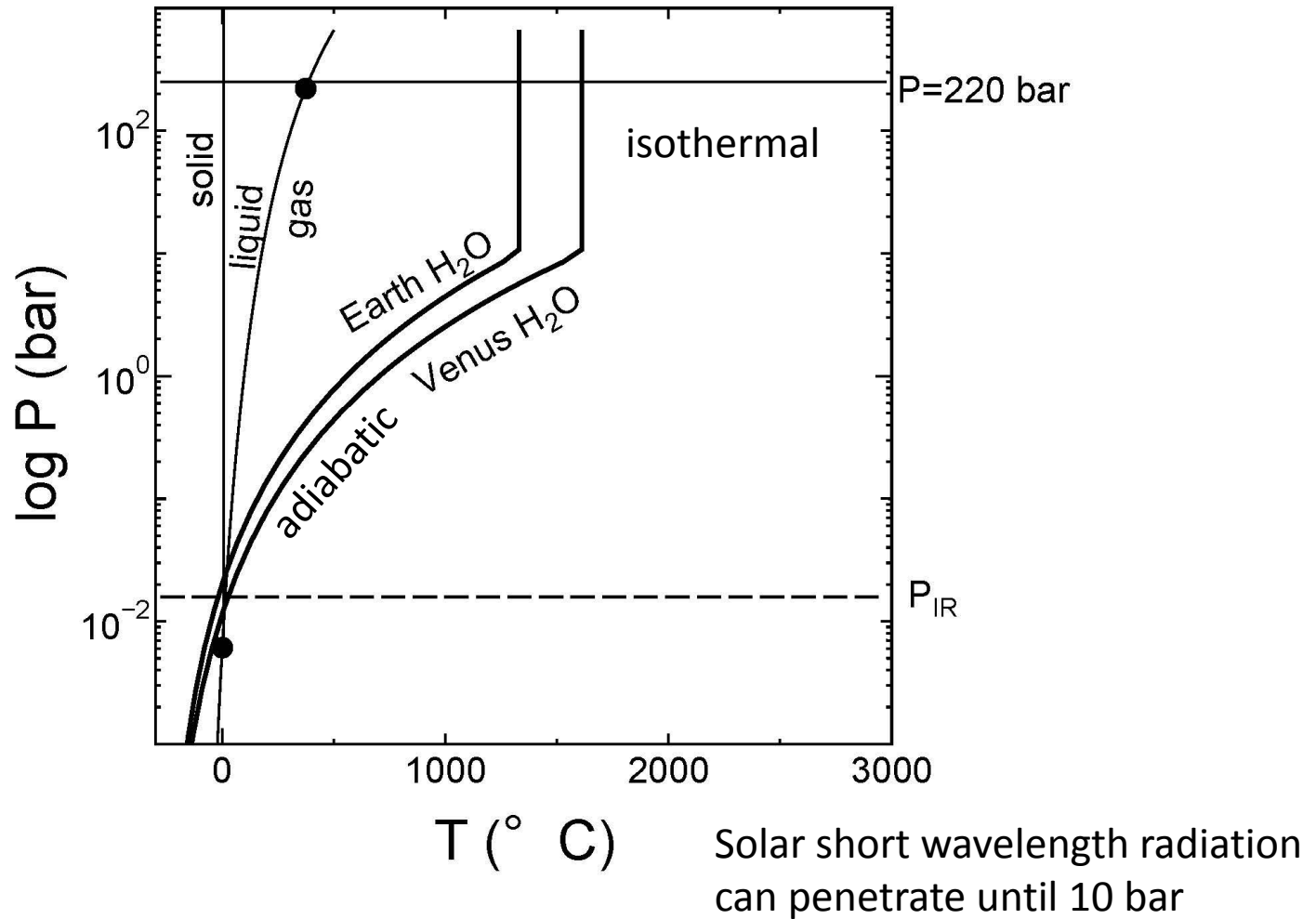
(間違いを含んでいるので使う人は注意すること)

戎崎俊一

理研

Hadean H₂O Atmosphere

Abe and Matsui 1981



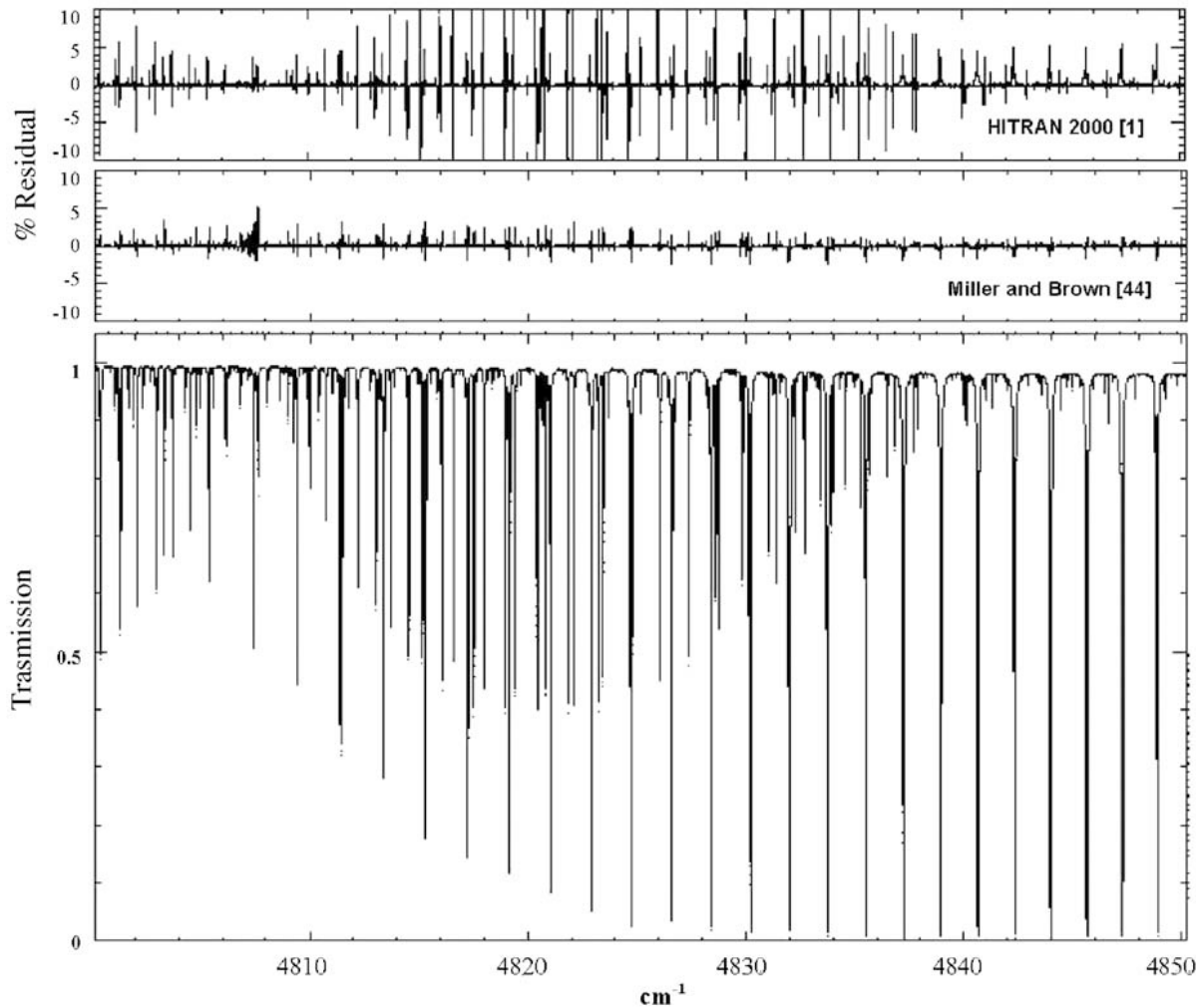
赤外球と冷却率

- 光学的厚さ= 1 @中間赤外 ($\lambda=5-15 \mu\text{m}$)
 - 赤外線はここから自由に逃げられる
- 赤外球の温度: 冷却率を決める $\sim \sigma T_{\text{IR}}^4$
- 中間赤外線の特徴: $\kappa_{\text{avg}} = cP$

$$\tau = \int_z^\infty \kappa \rho dz = \frac{cP^2}{2g\mu m_H} = 1$$

- 赤外球の高さは分からないが、圧力は分かる
- 太陽可視光は大気内部へ透過して熱化する。
 - 熱は対流で赤外球まで運ばれて、放射される

CO₂ infrared spectrum



CO₂ laboratory spectra in the 2-μm region. The experimental conditions of the bottom panel are 30 torr CO₂ and 25m path.

バンド構造における吸収線の合体

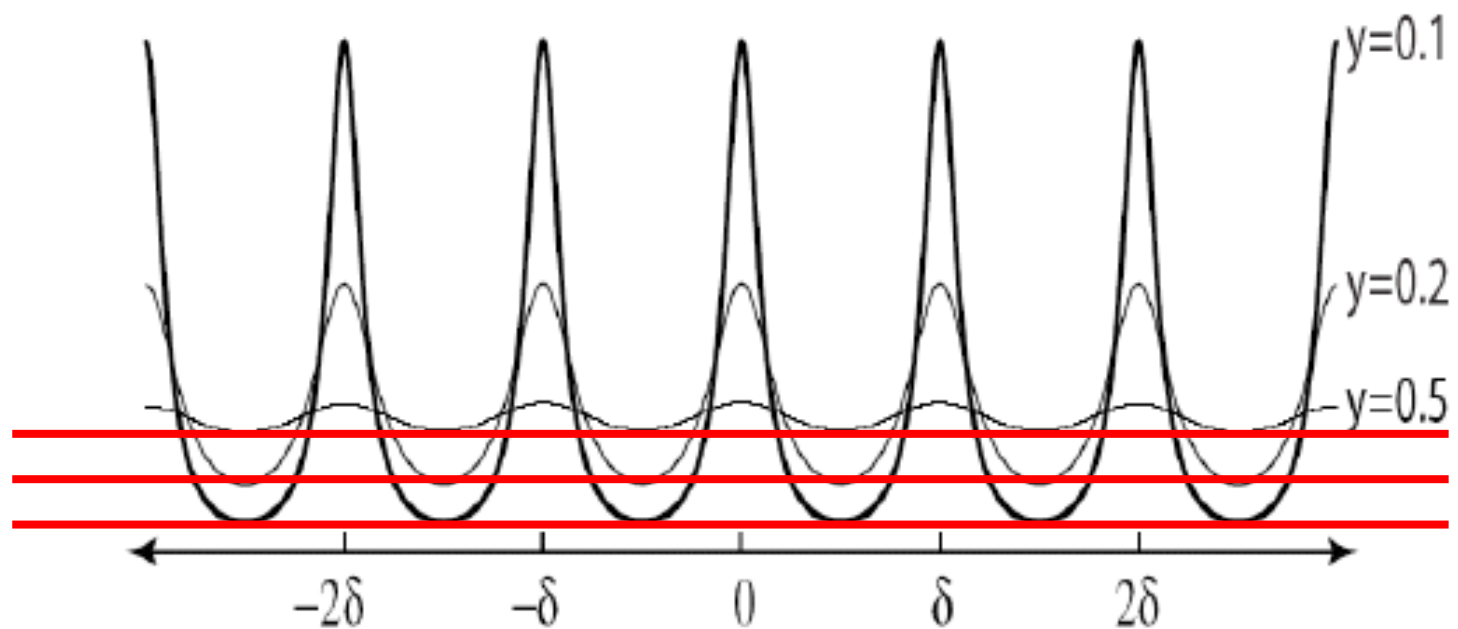


Figure 9.2 Schematic depiction of the absorption coefficient in the Elsasser (regular) band model, for three different values of $y = \alpha/\delta$.

ロスランド近似

$$\begin{aligned} F_{\text{net}} &= \int F_{\nu} d\nu \\ &= -\frac{4\pi}{3} \int \frac{1}{\kappa \rho_{\text{gas}}} \frac{dB_{\nu}}{dz} d\nu \end{aligned}$$

$$\frac{1}{\kappa_R \rho_{\text{gas}}} = \frac{\int \frac{1}{\kappa \rho} \frac{dB_{\nu}}{dT} d\nu}{\int \frac{dB_{\nu}}{dT} d\nu}$$

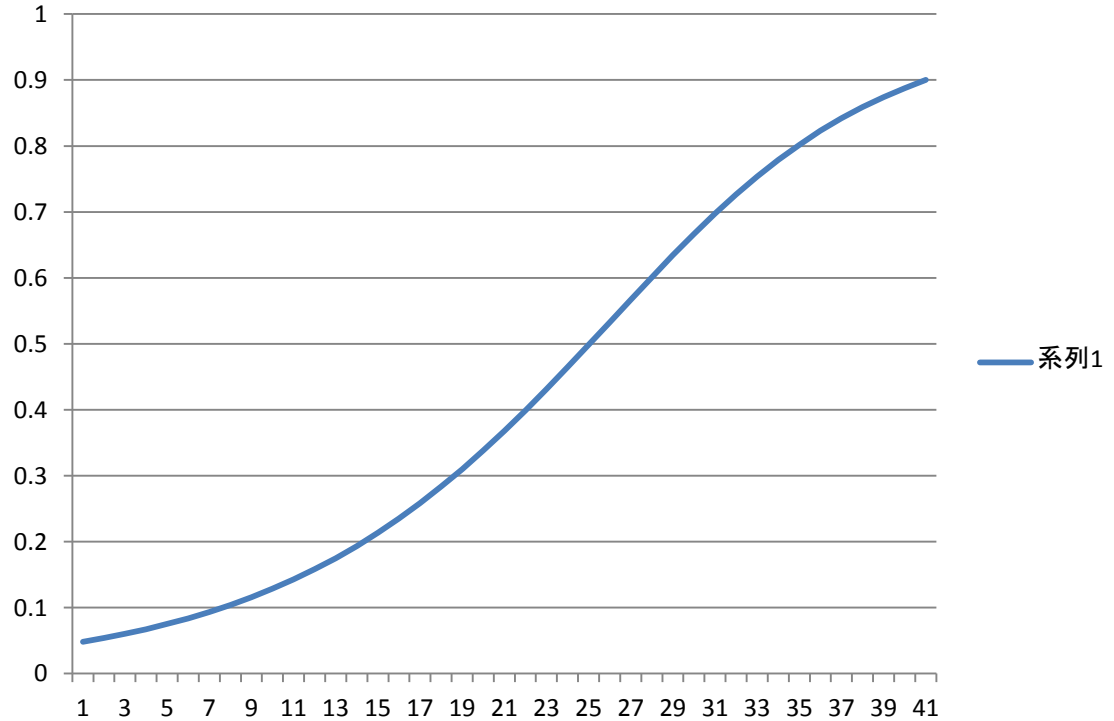
$$F_{\text{net}} = -\frac{16\sigma T^3}{3\rho\kappa_R} \frac{dT}{dz}$$

アルベド

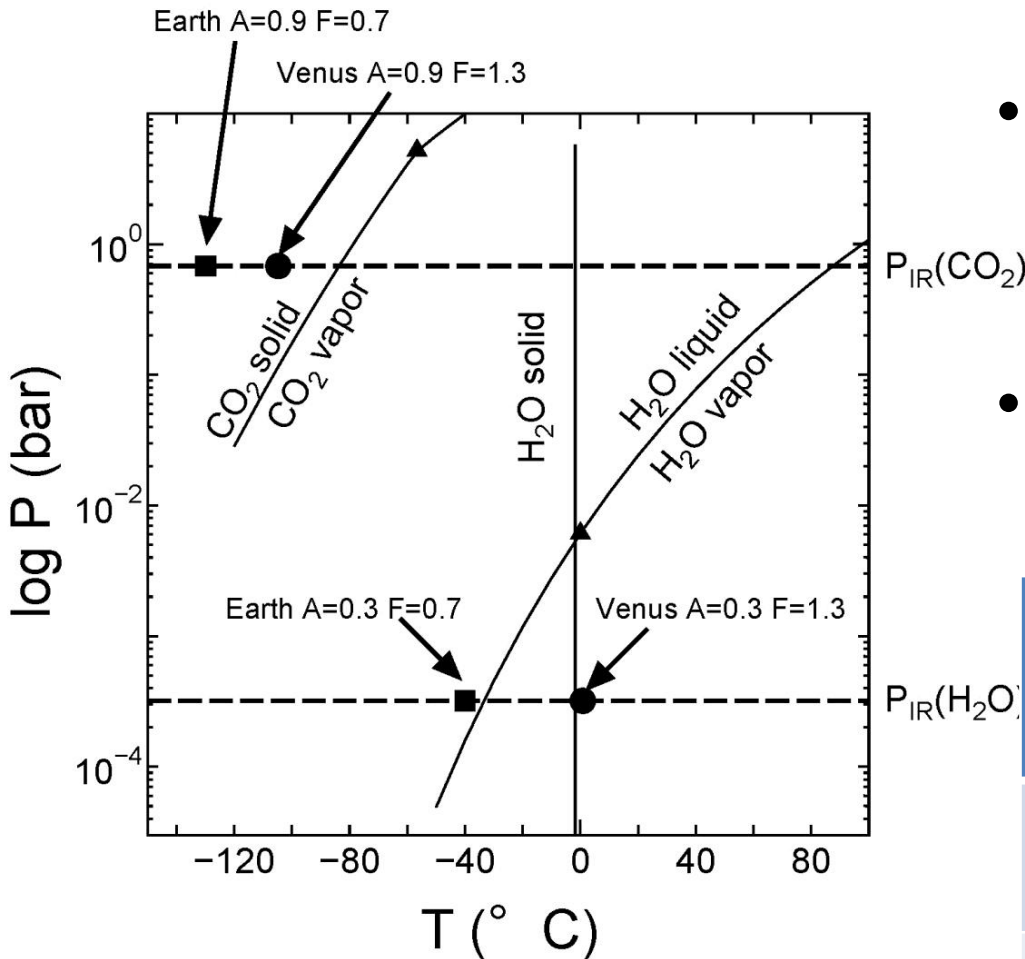
- $A \sim (1-a)^{1/2}$ $a = \sigma_a / \sigma$
- ガスの場合 (雲なし)
 - $a \sim 0.1 \rightarrow A \sim 0.3$
 - 海: $A = 0.05$
- 雲の場合
 - $a \sim 10^{-4} \rightarrow A \sim 0.99$
- 雲の被覆率？

アルベド

- $A=1-(1-\exp(-w))/w$
- $w=(\sigma_a/\sigma_s)^{1/2}$
- 雲の被覆率



地球型惑星の大気



- 赤外球圧力

- $P_{IR}(H_2O) = 3 \times 10^{-4}$ bar
- $P_{IR}(CO_2) = 6 \times 10^{-1}$ bar

- 赤外球温度

- $T_{IR} = 279[(1-A)F]^{1/4}$

| | 金星 | 地球 |
|-------------|--------|-------|
| | F=1.33 | F=0.7 |
| $A_c(H_2O)$ | 0.31 | 1.3 |
| $A_c(CO_2)$ | 0.82 | 0.67 |

地球型惑星の大気の運命

金星

$$A_c(\text{H}_2\text{O})=0.31 \quad A_c(\text{CO}_2)=0.81$$

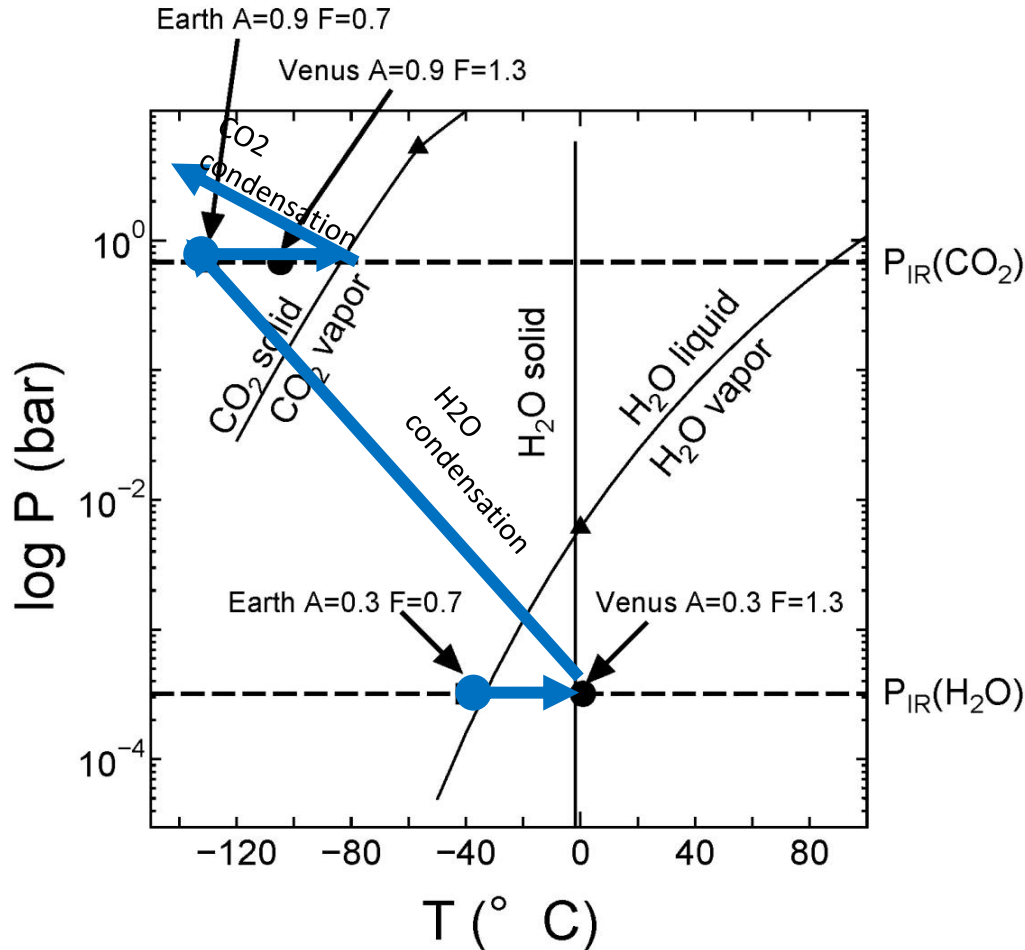
- H_2O : $A < 0.31$ ならばガス相

地球

$$A_c(\text{H}_2\text{O})=1.3 \quad A_c(\text{CO}_2)=0.67$$

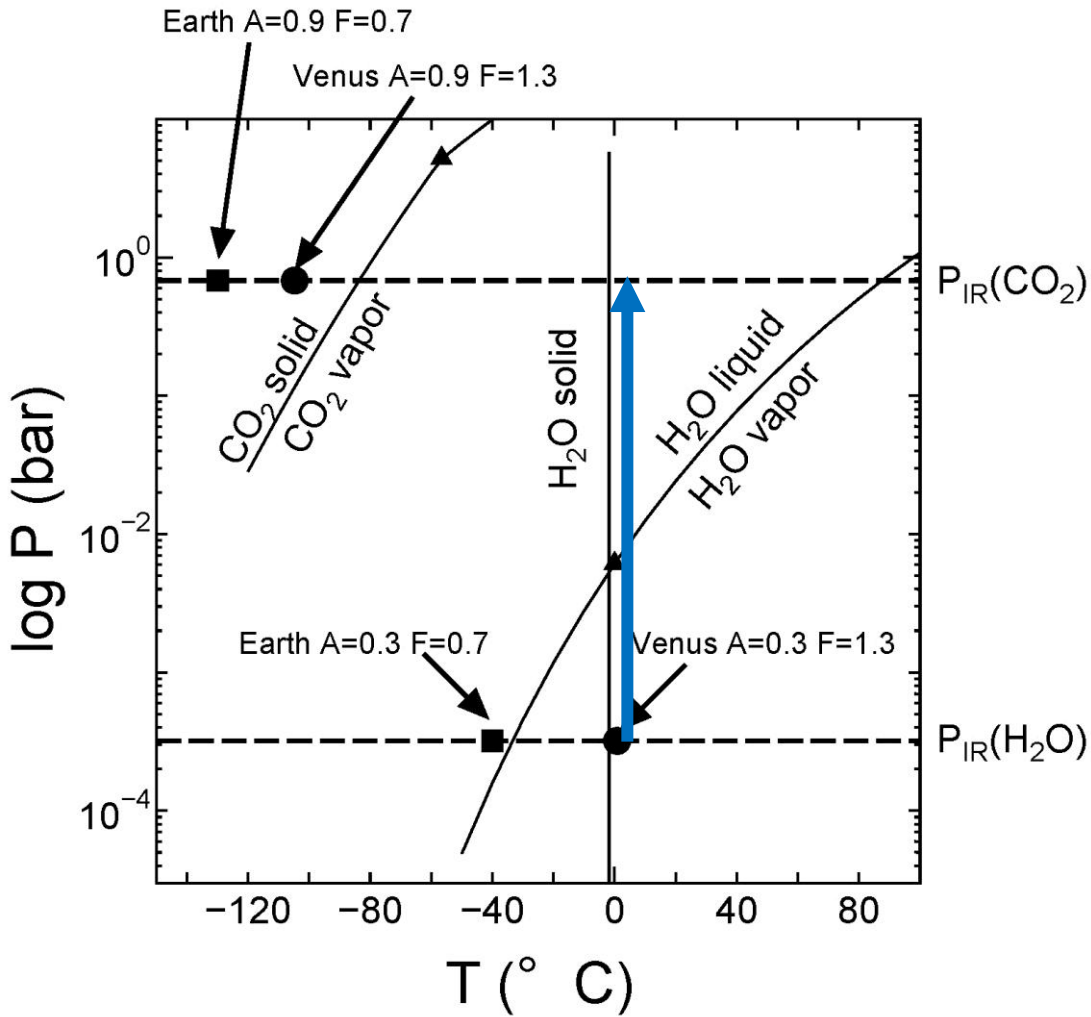
- H_2O : 凝縮相
- CO_2 : $A > 0.67$ ならば凝縮相

冥王代地球



- IR sphere of H₂O atmosphere locates in the condensation area
→ loose energy to condensate H₂O
300-500 W m⁻²
- H₂O particles block solar SWR
 - nearly isothermal atmosphere
 - large albedo A~0.9
 - Most of H₂O condensed to the sea within 10⁴-10⁵ yrs
- CO₂ atmosphere
- IR sphere of CO₂ atmosphere locates in the condensation area
→ loose energy to condensate CO₂
→ N₂ atmosphere

冥王代金星



- IR sphere of H_2O atmosphere locates in gas phase
→ stable as H_2O atmosphere
- Loose H_2O through UV decomposition

小惑星衝突の結果が違う

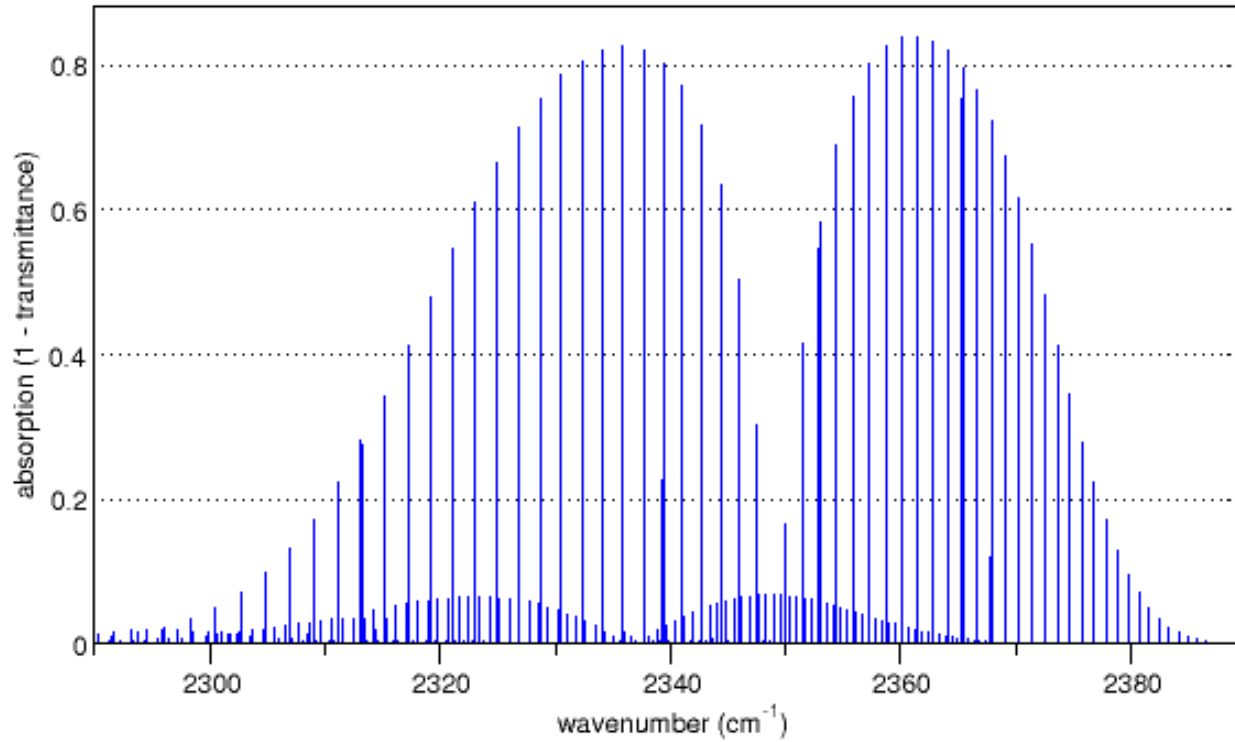
地球

- H₂Oが、どんなにたくさん降着しても、冷却して海か氷河になる(1-10万年) → CO₂大気へ
- CO₂が、どんなにたくさん降着しても海か氷河(CO₂)になる
→ (千年-万年) N₂大気へ
- 水の上をCO₂が覆うため、H₂Oが保護される
 - CO₂が地殻へ取り込まれる
- N₂大気にH₂Oの海
→ 今の地球

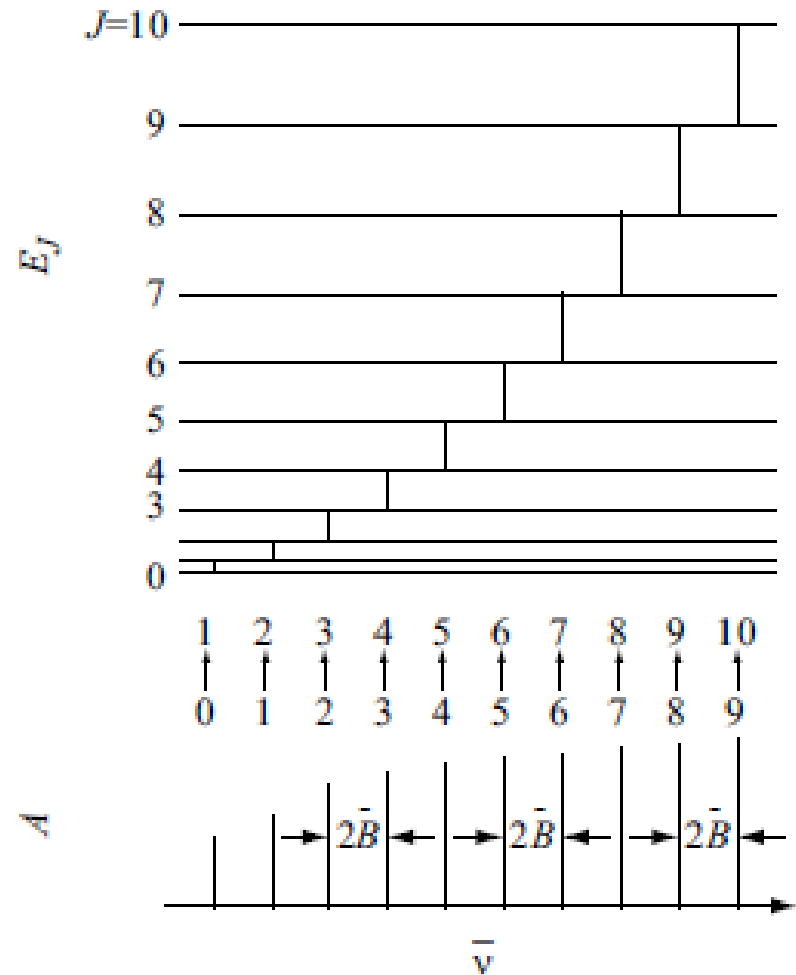
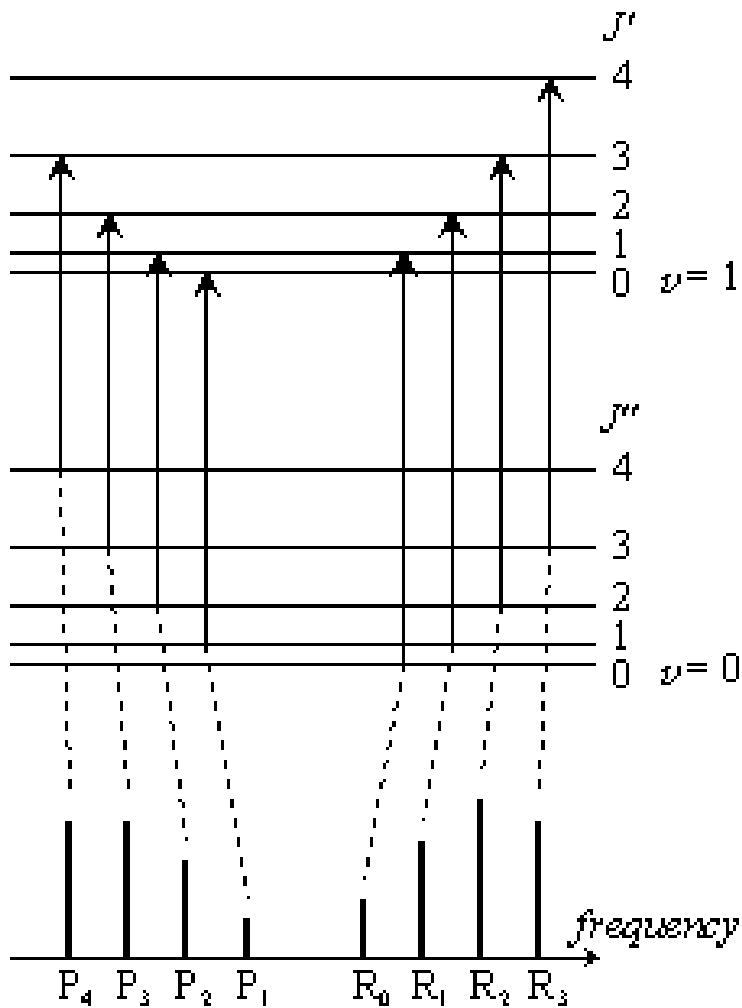
金星

- H₂Oが、3x10⁻⁴ bar以上降着すれば太陽からの熱入力とバランスしてH₂O大気が維持される。
- 紫外線による分解で大気から水(雲)がなくなると太陽光が大気内部に透過し、Greenhouse効果で熱暴走
→ 今の金星

CO₂



振動回転スペクトル $h\nu = B(J+1)$



Delivery by Late Heavy Bombardment

CI chondrite + **Primordial Crust**

H₂O: 1.4×10^{21} kg 5%wt in CI chondrite

Hadean Earth Surface

C: 34500

S: 62500

Mg: 98900

Si: 106400

Cl: 17300

Na: 229826

K: 56118

Ca: 126072

Fe: 190400

Atmosphere:

CO₂ 1.2×10^{23} mol : 1200 bar

Ocean: **extremely acidic pH<1**

H₂O 7.8×10^{22} mol: 3000 m

H₂SO₄ 8.4×10^{22} mol

HCl 2.1×10^{22} mol

Crust: silicate rocks

(Na, Fe, Ca, Mg, K)SiO₄

erosion → Ocean neutralization

high salinity: Na⁺ Fe²⁺ K⁺ Mg²⁺, SO₄²⁻ Cl⁻

