



古火星大気中に形成される 二酸化炭素氷雲の鉛直構造と 散乱温室効果

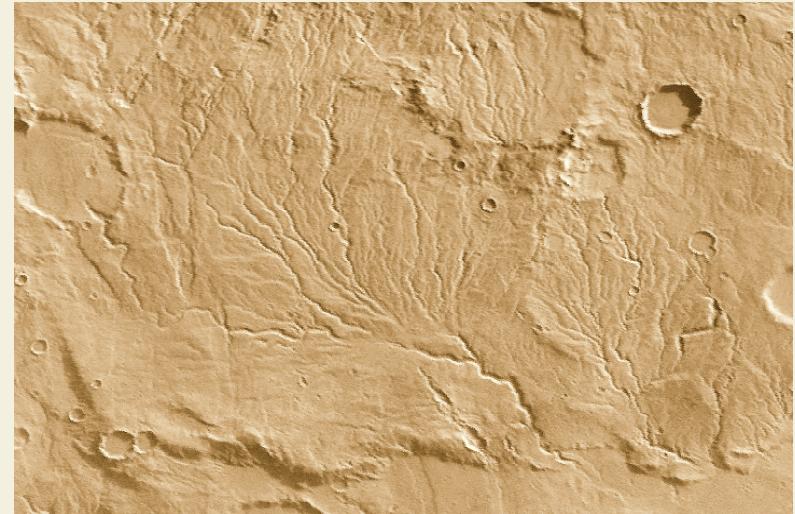
*光田 千紘 (北大院宇宙理学)
横畠 徳太 (国立環境研究所)
倉本 圭 (北大院宇宙理学)

2006/10/20(Fri)

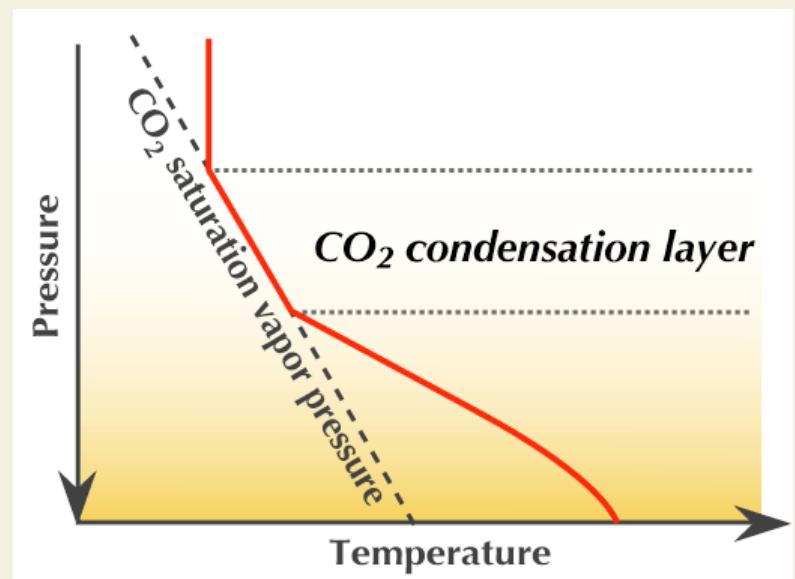
日本惑星科学会 2006 年度秋季講演会
講演番号 324

火星古気候の謎

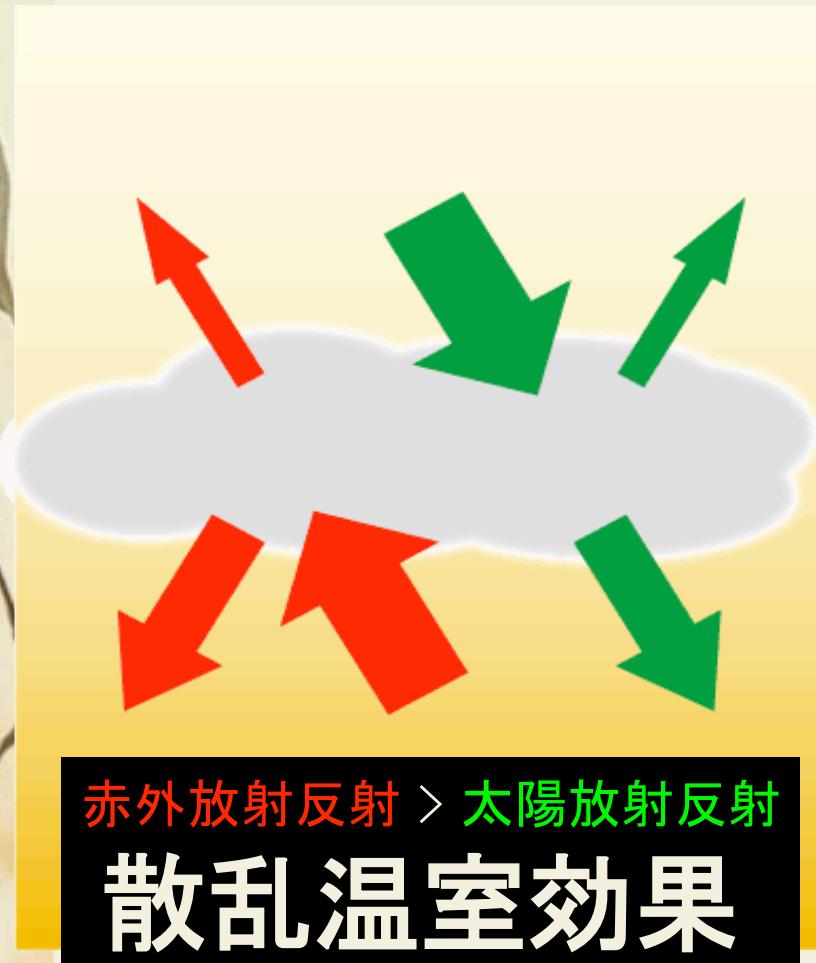
- 当時の温暖湿潤な気候を示唆する地形
 - Valley Networks(→)



- 温暖湿潤な気候は再現不可 (Kasting 1991)
 - CO₂-H₂O 大気
 - 太陽光度 75 %
 - 雲の放射特性は無視



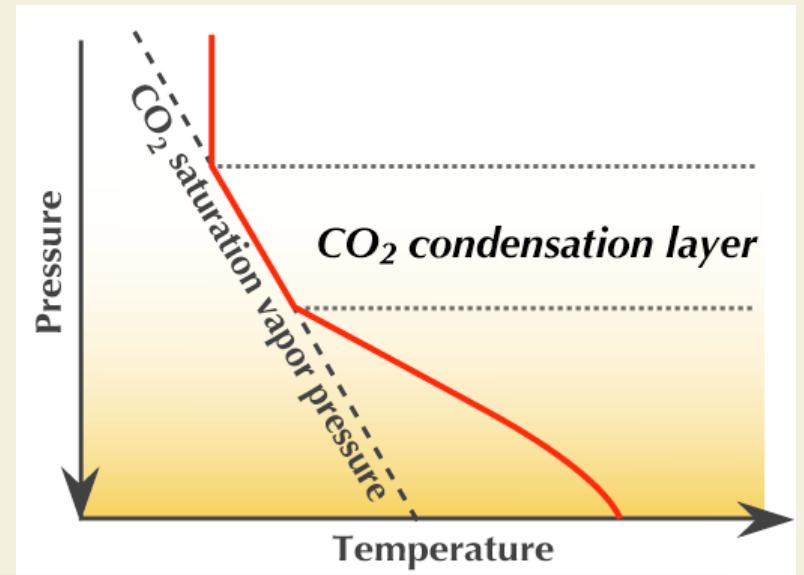
二酸化炭素氷雲の散乱温室効果



- 温室効果は雲パラメタに強く依存 (Pierrehumbert and Erlick 1997)
 - 粒径 / 光学的厚さ
- 条件次第では強い温室効果を生じさせる (Mischna et al. 2000)
 - 粒径: ~赤外放射波長($10\mu\text{m}$)
 - 光学的厚さ: 1 ~ 20
 - 形成場所: 対流圏上端
- 雲パラメタの見積りは困難
 - 散乱温室効果研究の障壁

雲の形成機構 = 対流 ??

- 大気主成分が凝結
- 雲の形成過程
 - 対流に伴う凝結
 - 放射冷却による凝結



本研究: 雲は放射冷却によって形成
その場合に生じる CO₂ 氷雲の雲パラメタを見積もる



一次元放射対流凝結平衡モデル

- 放射対流平衡 + 大気と雲の相平衡を満たす温度-雲構造を求める
- 大気成分: CO_2 , H_2O (飽和蒸気圧)
- 鉛直 50 層
- 計算の流れ:
 0. 初期値の温度, 雲構造を与える
 1. 放射場を解く
 2. 放射による加熱冷却
 3. 雲の凝結蒸発
 4. 対流不安定成層の調節
 5. 1 へもどる
- タイムステップ: $10^2 \sim 10^4$ sec
- 収束条件: $< 10^{-9}$ K/sec



仮定と計算条件

○ 仮定

- **凝結の時定数 << 対流の時定数**
 - 雲層では放射冷却を受けた分、雲粒が成長する
- **雲粒の運動は無視**
 - 凝結核混合比は一定値を保つ
 - 雲粒落下、併合成長の効果は考えない
- **各層内は单一粒径**
 - 粒径は凝結量から決定

○ 計算条件

- 太陽光度: $0.75 \times$ 現在値
- 地表面アルベド: 0.2 (Mischna et al. 2000)
- パラメータ:
 - 大気圧: 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 気圧
 - 凝結核混合比: $10^5, 10^6, 10^7, 10^8$ 個/大気1kg

放射コード

○ 放射伝達: 二方向近似 (Toon et al. 1989)

- 太陽放射: δ -Eddington 近似
- 赤外放射: Hemispheric mean 近似
 - * 複数の雲層による多重散乱を考慮

○ 光学定数

- 気体(CO_2 & H_2O): 相関 k 分布法
- 吸収線: HITRAN2004+HITEMP
- CO_2 壓力励起帯(@0-350, 1150-1800cm⁻¹): Kasting et al. 1984
- CO_2 wing(@300-600cm⁻¹): 500cm⁻¹ cutoff
 - Sub Lorentzian: Winters et al. 1961
- H_2O 連続吸収: Roberts et al. 1976

厚い CO_2 大気に対応

□ 雲(CO_2 ice): Mie 理論

- 複素屈折率: Warren 1986

平衡大気-雲鉛直構造

パラメータ

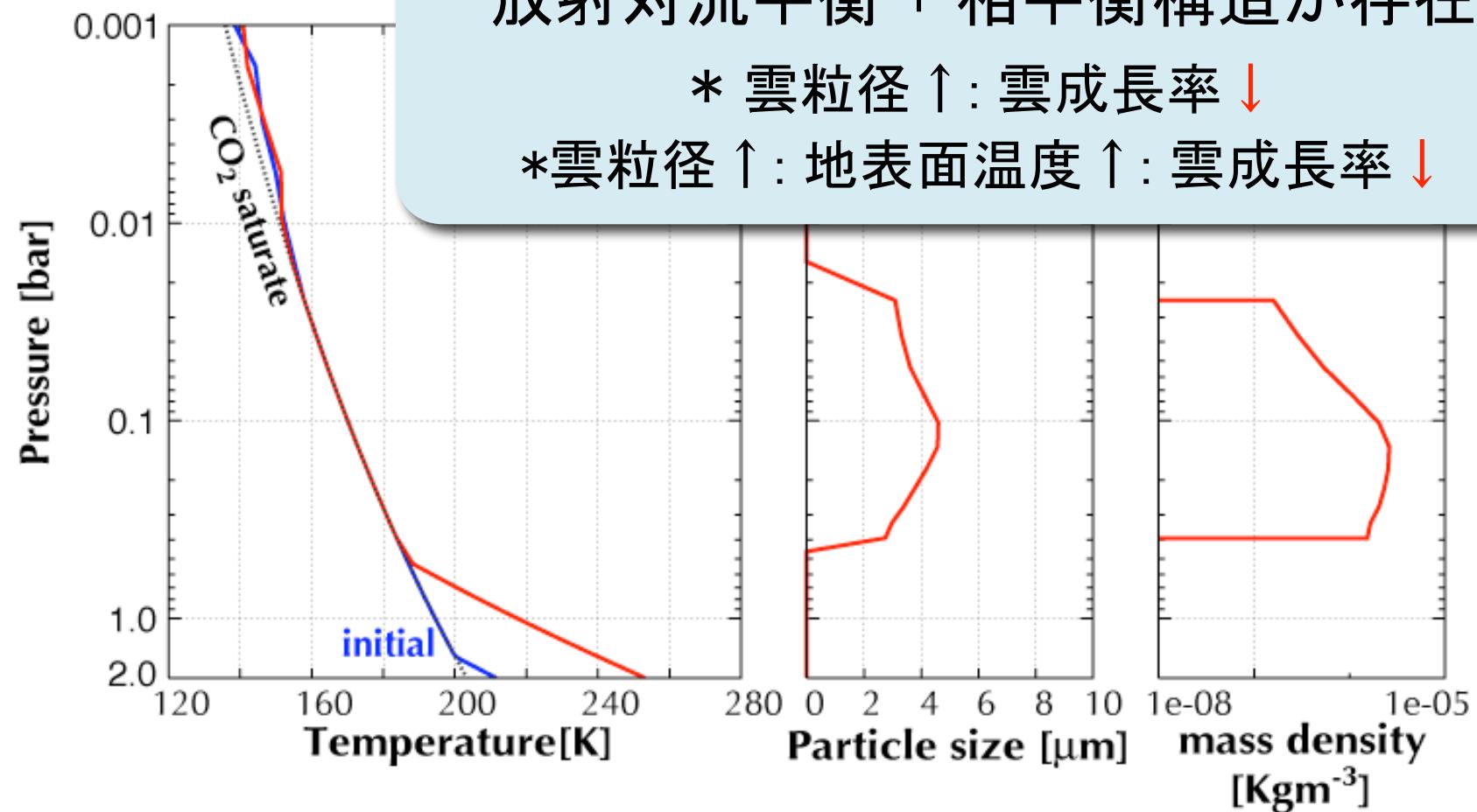
大気圧: 2 気圧

凝結核混合比: 10^7 kg^{-1}

放射対流平衡 + 相平衡構造が存在

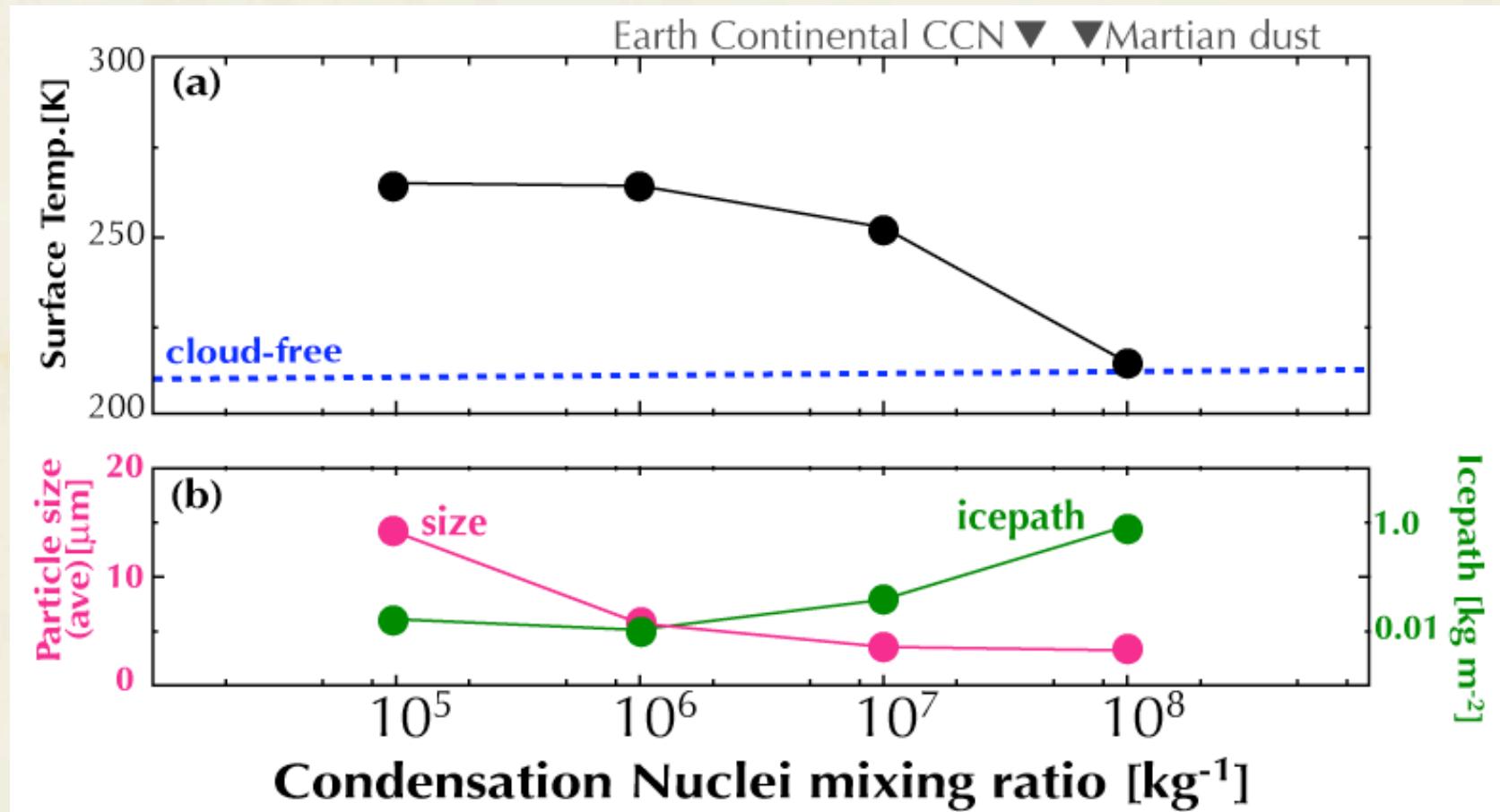
* 雲粒径↑: 雲成長率↓

* 雲粒径↑: 地表面温度↑: 雲成長率↓



パラメータ
大気圧: 2 気圧

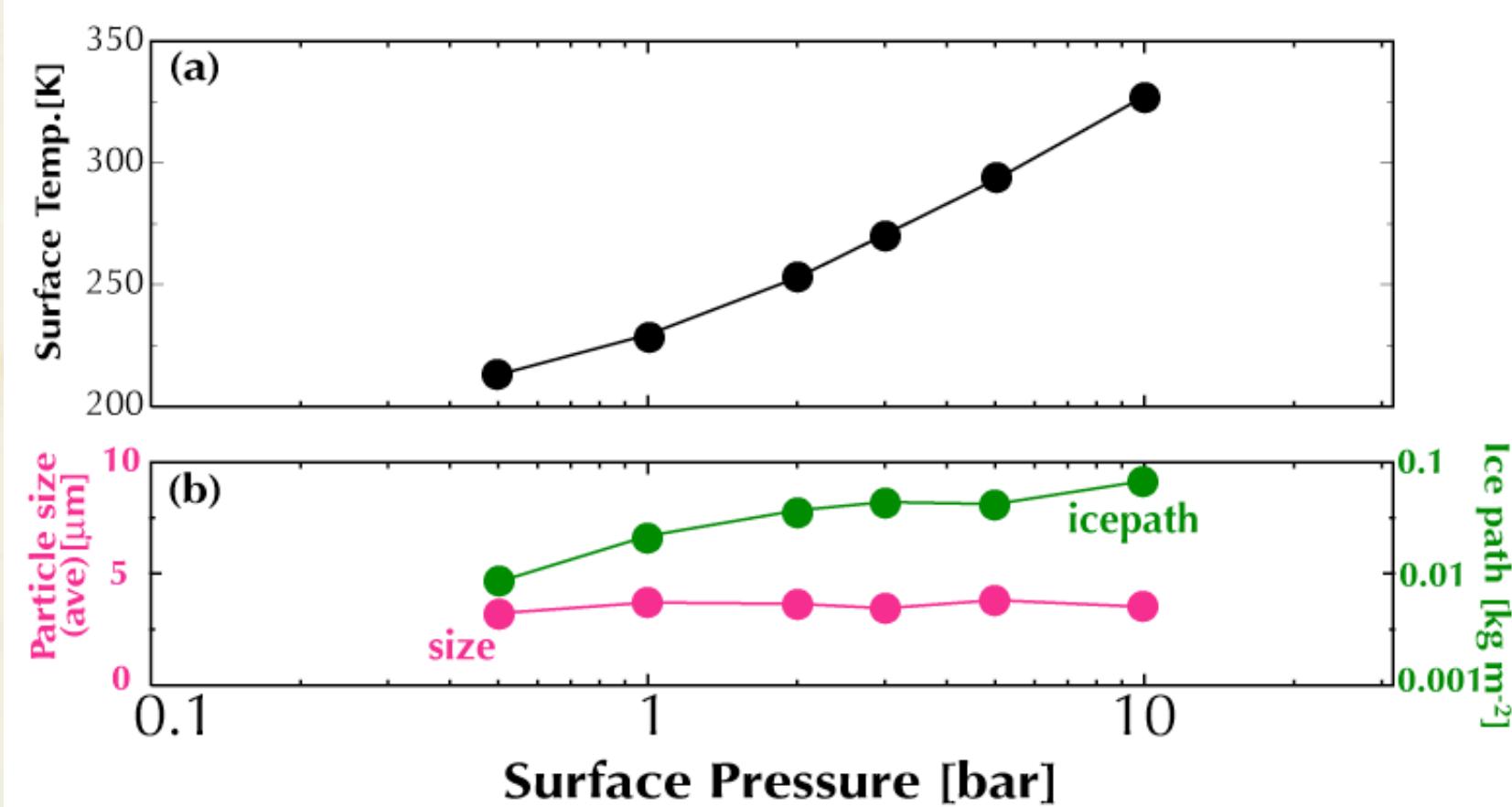
凝結核混合比依存性



凝結核混合比↑ : 雲粒径↓ : 地表面温度↓

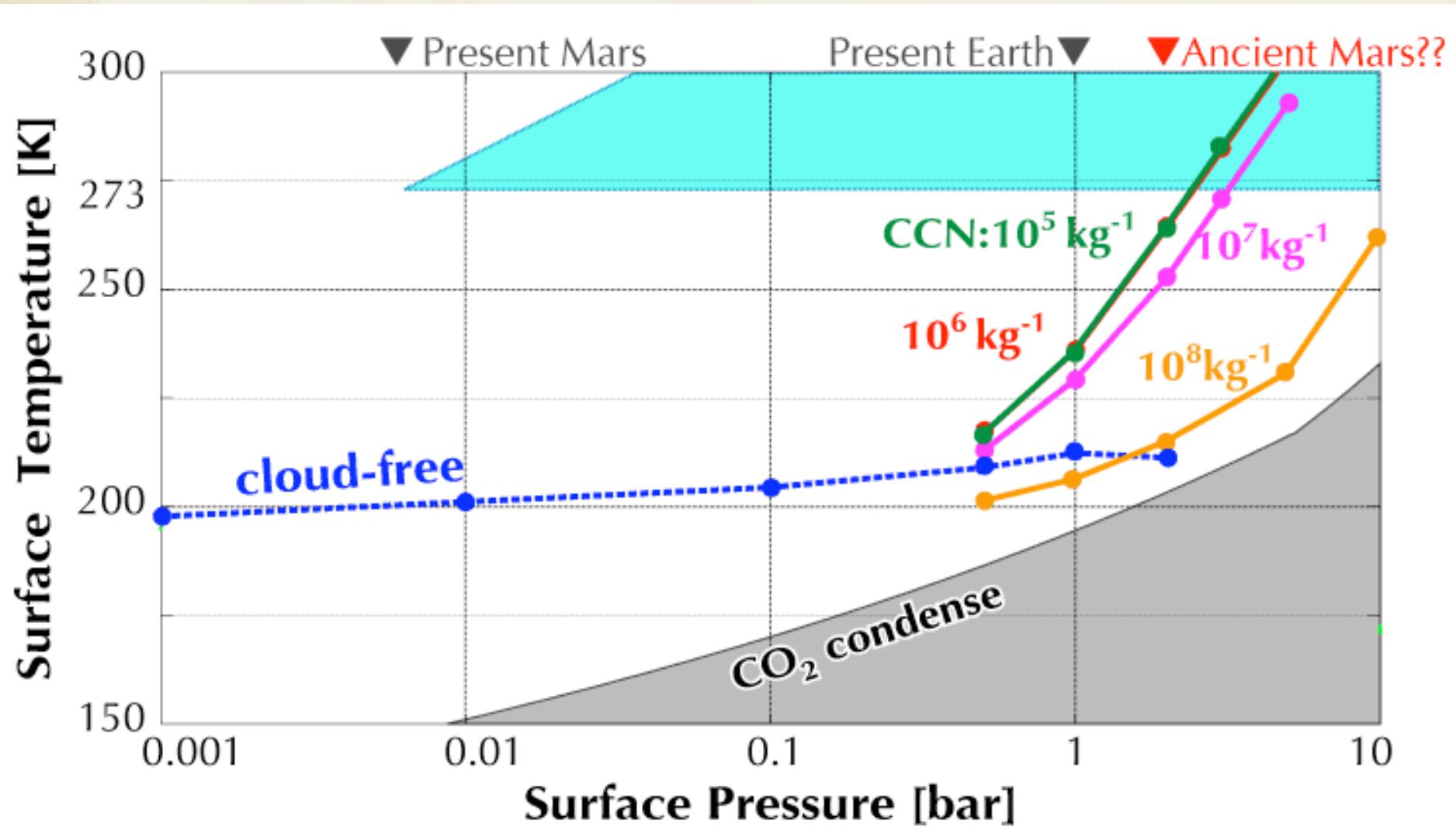
大気圧依存性

パラメータ
凝結核混合比: 10^7 kg^{-1}



大気圧↑ : 雲厚↑ : 地表面温度↑

温暖湿润な気候の必要条件





まとめと今後の課題

- 放射冷却によって形成される CO_2 氷雲の鉛直構造とその散乱温室効果を見積もった。
- 雲粒径と雲粒成長率との負のフィードバックにより、放射対流平衡と CO_2 相平衡とを同時に満たすことが出来る構造が存在する。
- 温暖湿潤な気候が再現される必要条件
 - 大気圧: ～ 数気圧
 - 凝結核混合比: ～ $10^5\text{-}10^7 \text{ kg}^{-1}$
- 今後の課題
 - 大気微量成分(CH_4)の影響
 - 雲粒落下の効果
 - 凝結核混合比の決定機構