

古火星における 二酸化炭素氷雲の散乱温室効果と 気候の安定性

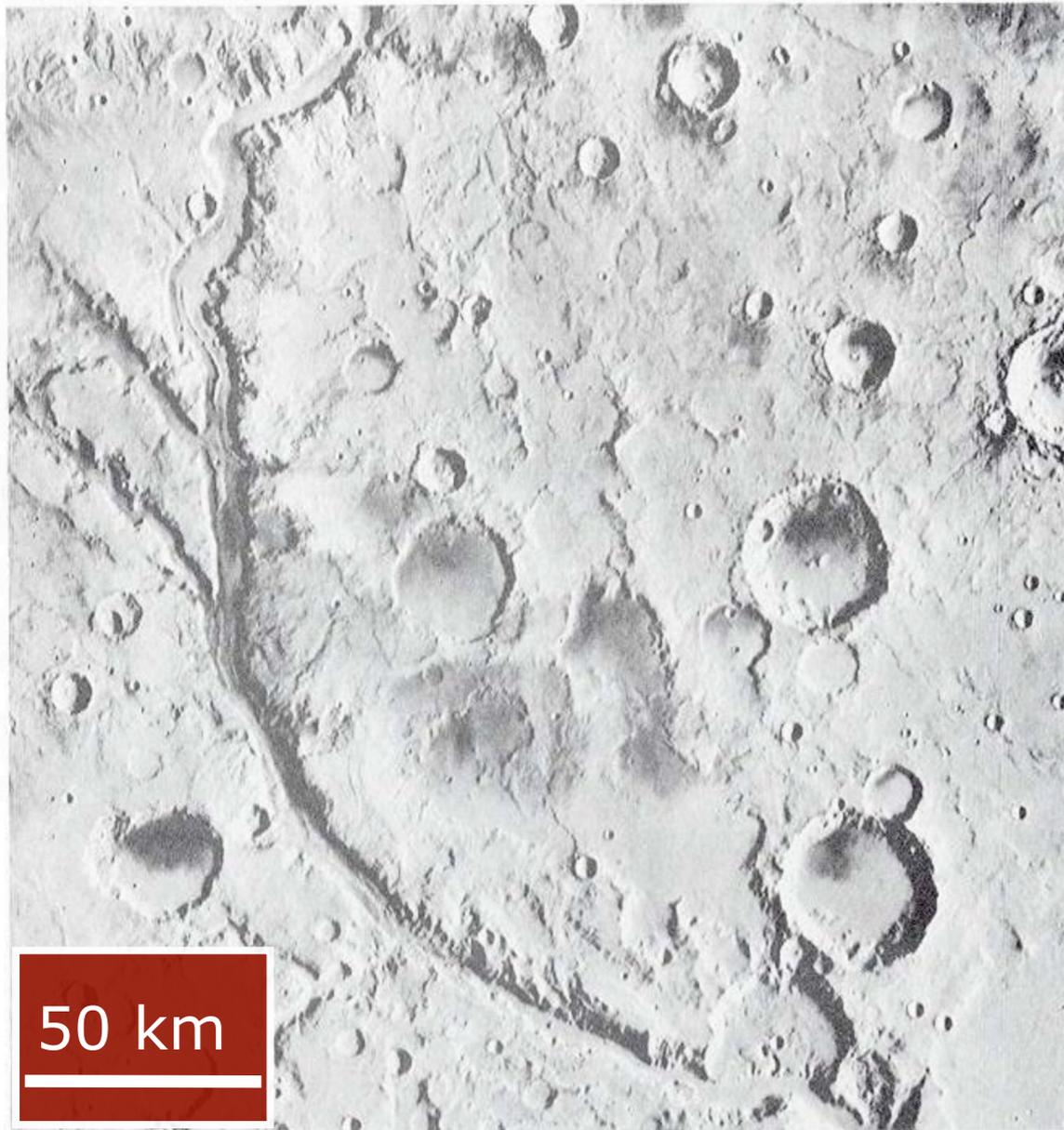
惑星科学会2005年秋季講演会, 015-3

2005/09/20

*光田 千紘 (北大・理・地惑)
横畠 徳太 (国立環境研究所)
倉本 圭 (北大・理・地惑)

火星古気候の謎

バレーネットワーク



50 km

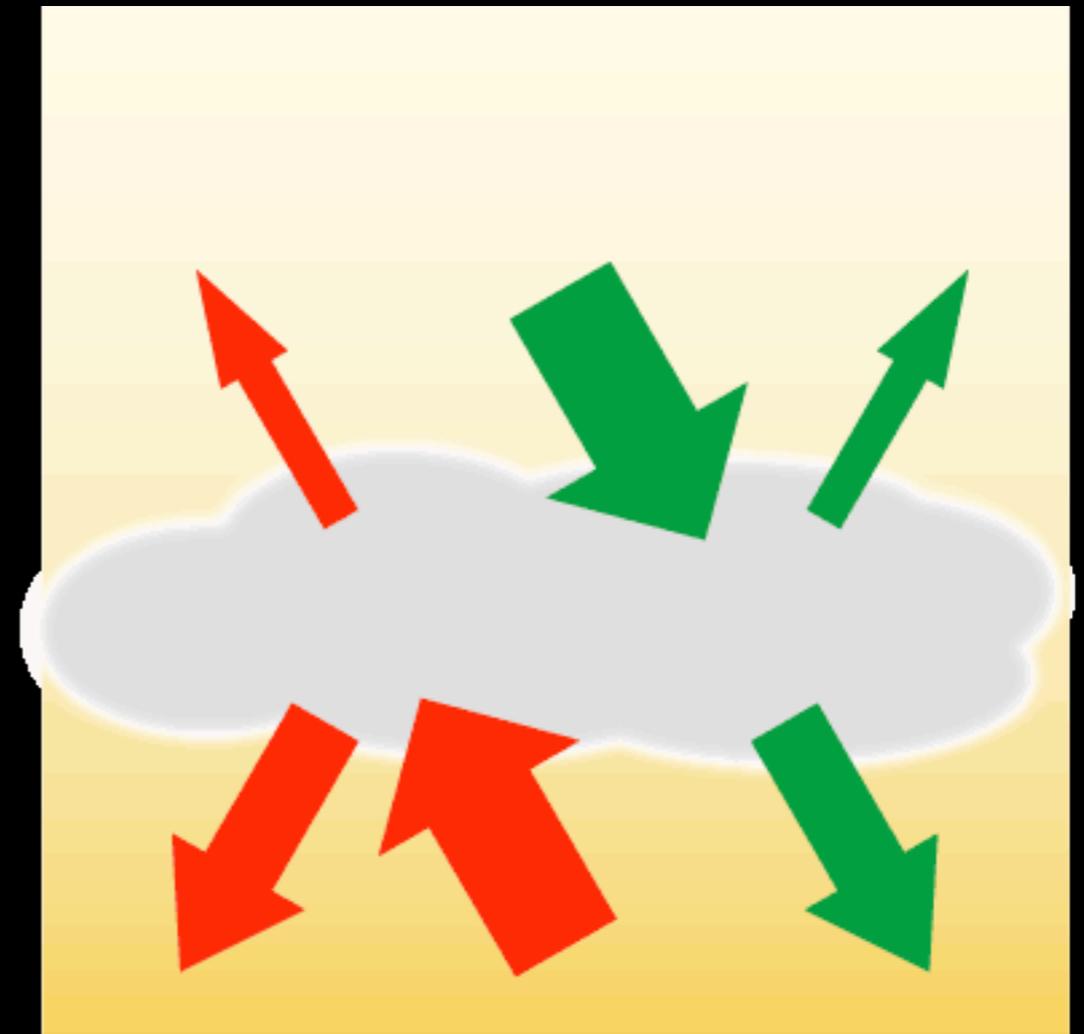
- 温暖湿潤な気候?
 - 地表に流水の痕跡
 - 高い地表風化率
- 二酸化炭素-水蒸気大気
- 太陽光度: 現在の 75%

温暖湿潤な気候は
再現されない

(Kasting, 1991)

氷雲の散乱による温室効果

- 理想的な雲の粒径・面密度であれば温暖湿潤な気候が再現可 (e.g. Mischna et al, 2000)
- 理想的な雲の形成・維持は可能か??
- 放射加熱を受けて蒸発してしまわないか?



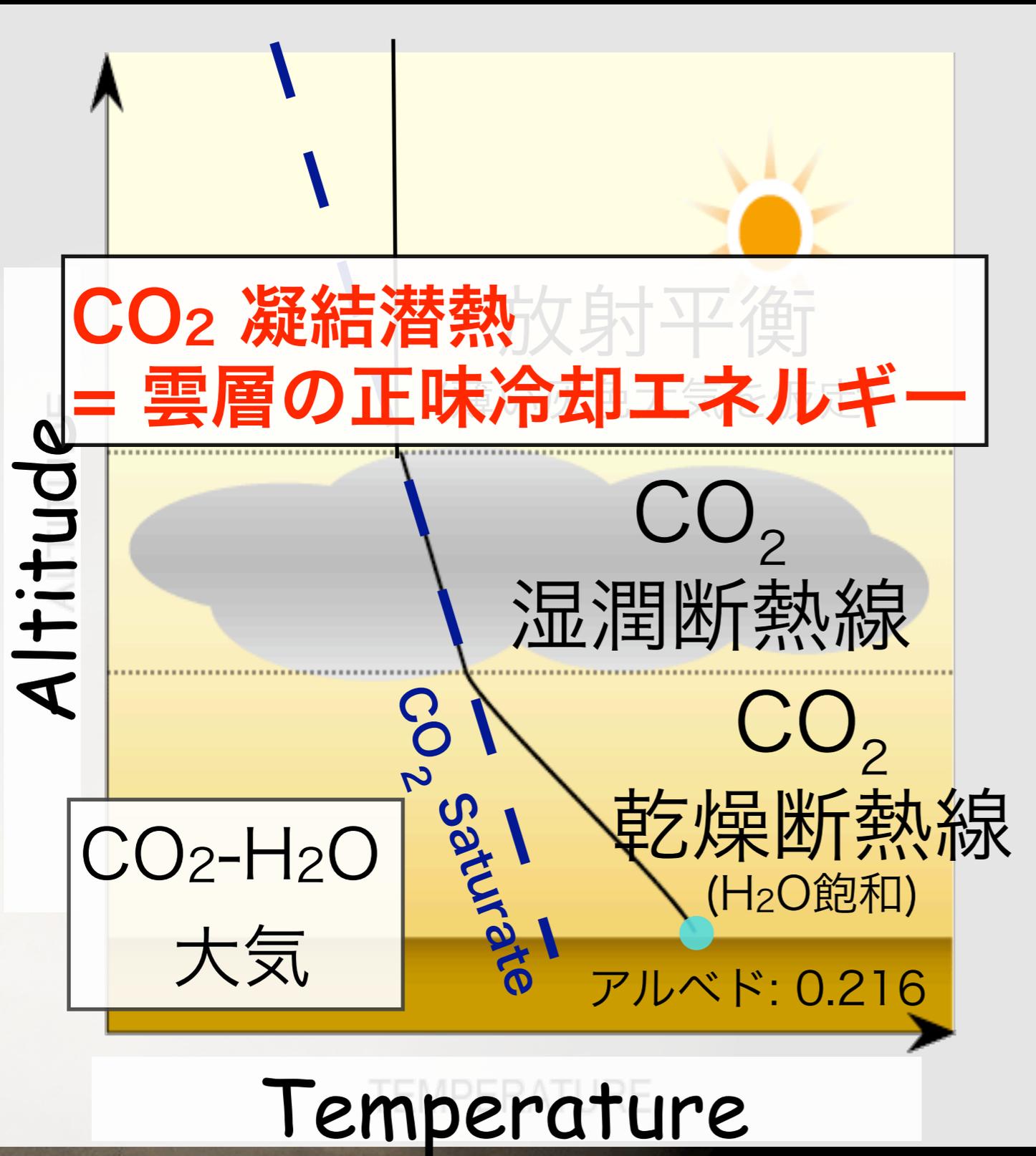
赤外放射反射 > 太陽放射反射

散乱温室効果

本研究の目的

- 維持可能な雲の粒径, 面密度の見積もり
 - 鉛直一次元放射モデルを用いたパラメータスタディ
 - パラメータ：地表面温度, 大気圧, 太陽光度,
雲の粒径, 個数(=凝結核個数)
 - 雲層における凝結蒸発平衡を満たす条件を探す
- 雲の形成可能性の評価
 - 粒径と凝結潜熱の依存性から粒径変化の方向を推測

鉛直一次元放射モデル



二方向近似

(雲層: δ -エディントン近似)

雲粒の光学係数

* ミー理論(球形粒子を仮定)

* CO₂ 複素屈折率(Warren, 1986)

* 粒径分布は無視

大気の光学係数(赤外のみ)

* Line-by-line 法

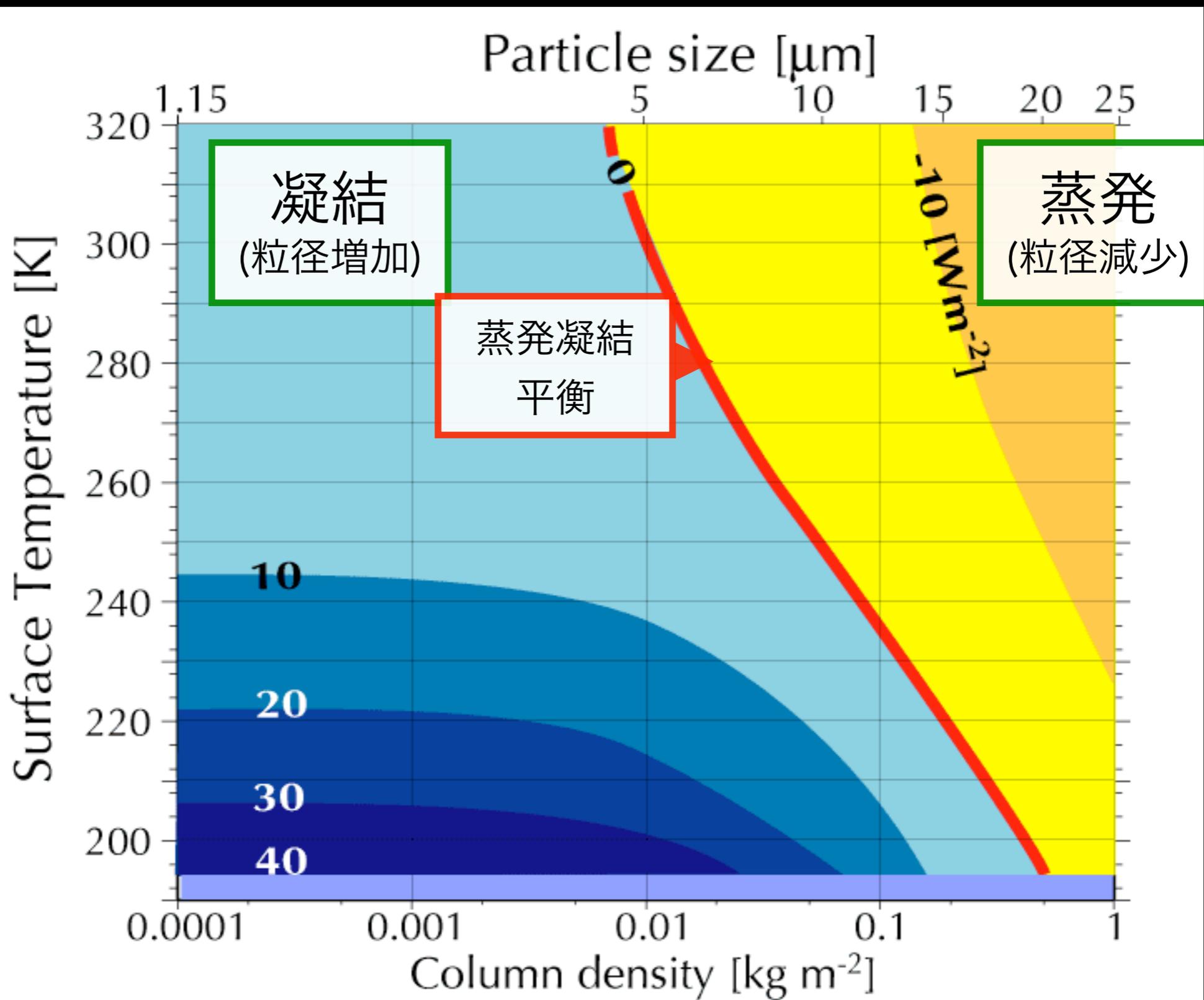
* 吸収線 DB (HITRAN 2000)

* ただし、雲層ではランダムモデル

* バンドパラメータ(Houghton 2002)

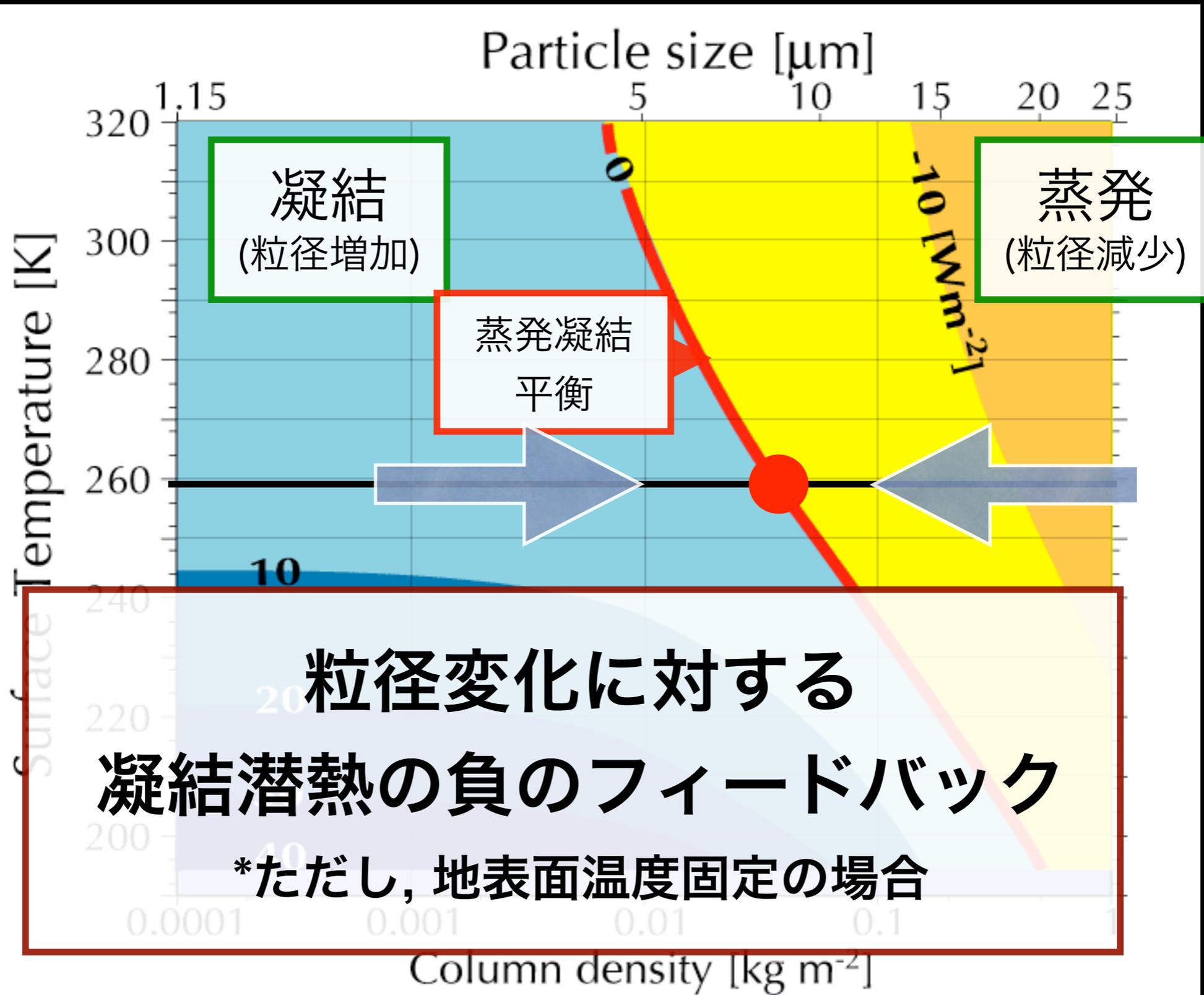
二酸化炭素の凝結潜熱

(大気圧 1bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2} , 太陽光度 75%)



二酸化炭素の凝結潜熱

(大気圧 1bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2} , 太陽光度 75%)

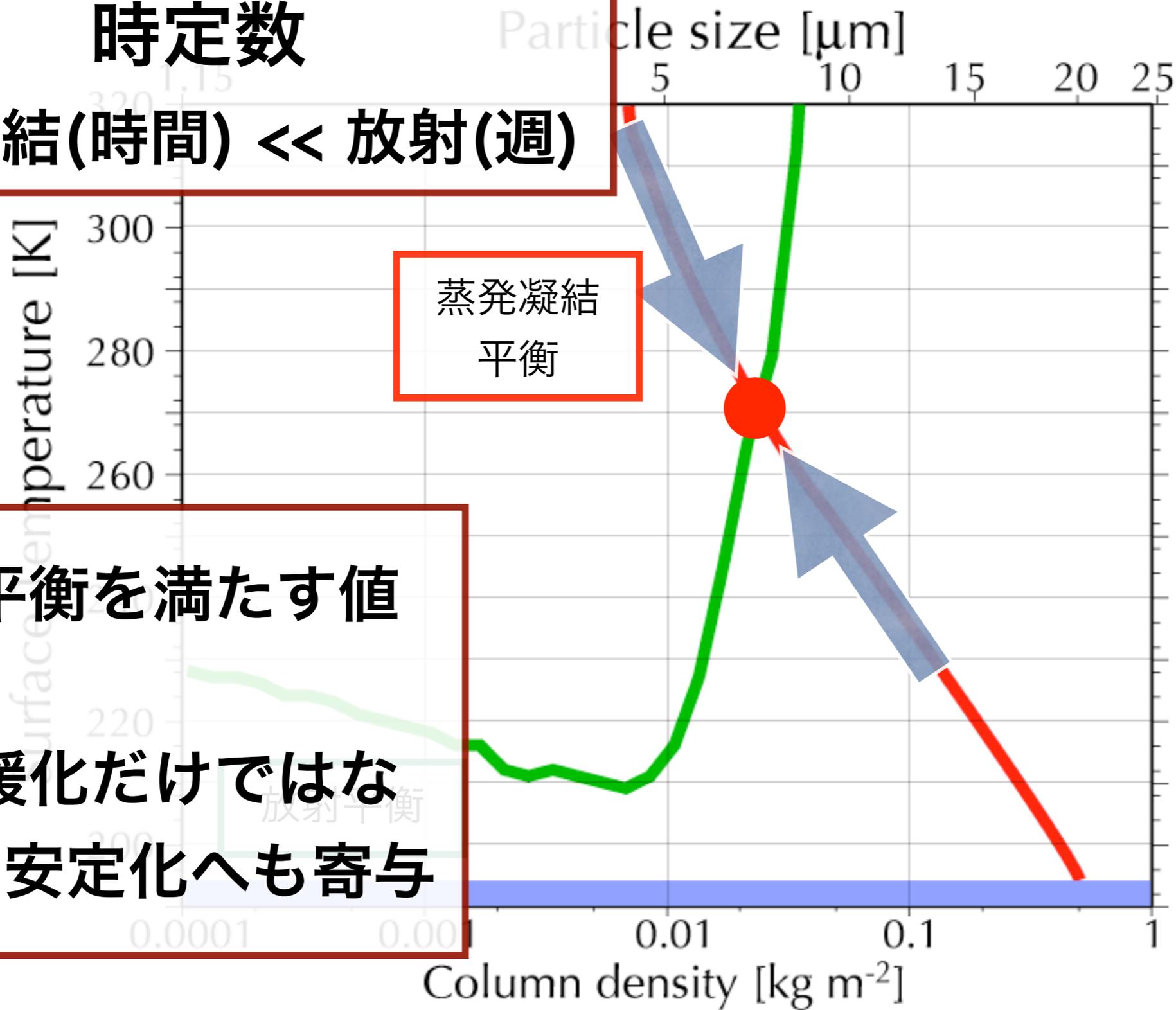


地表面温度の見積もり

(大気圧 1 bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2} , 太陽光度 75%)

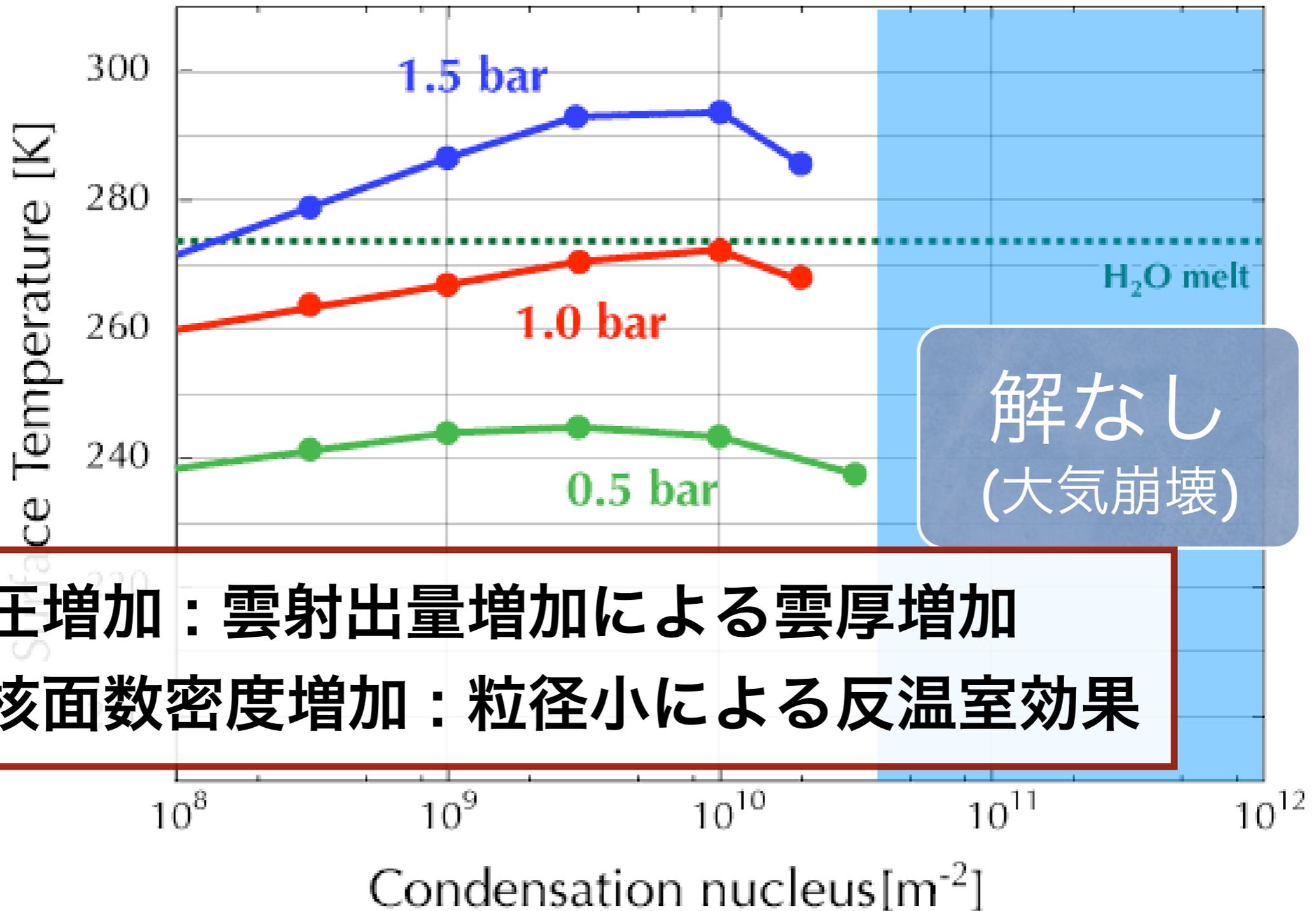
時定数

蒸発凝結(時間) \ll 放射(週)



系は両平衡を満たす値
へ収束
雲は温暖化だけではなく、
系の安定化へも寄与

平衡地表面温度の見積もり (太陽光度 75 %)

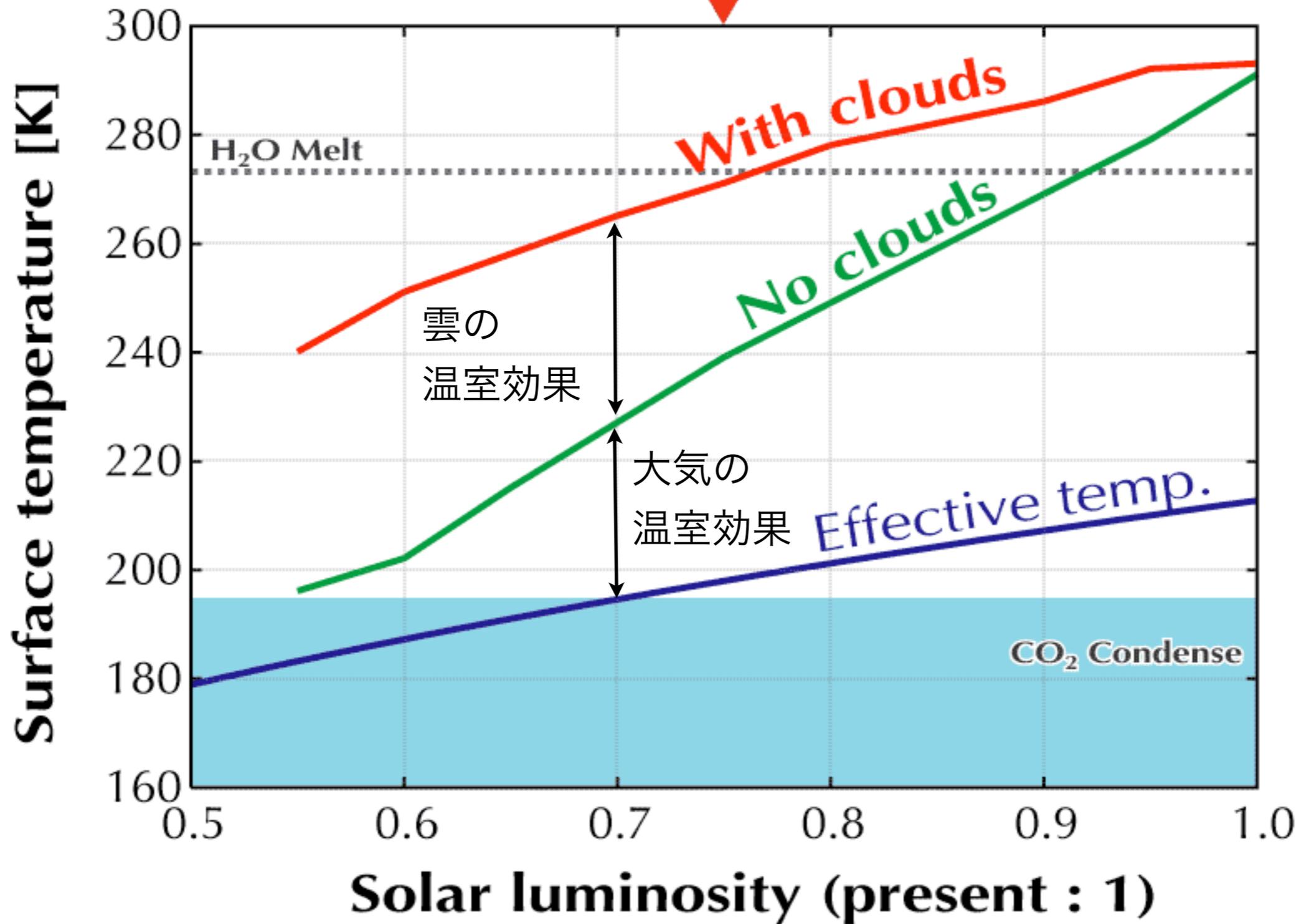


大気圧増加：雲射出量増加による雲厚増加

凝結核面数密度増加：粒径小による反温室効果

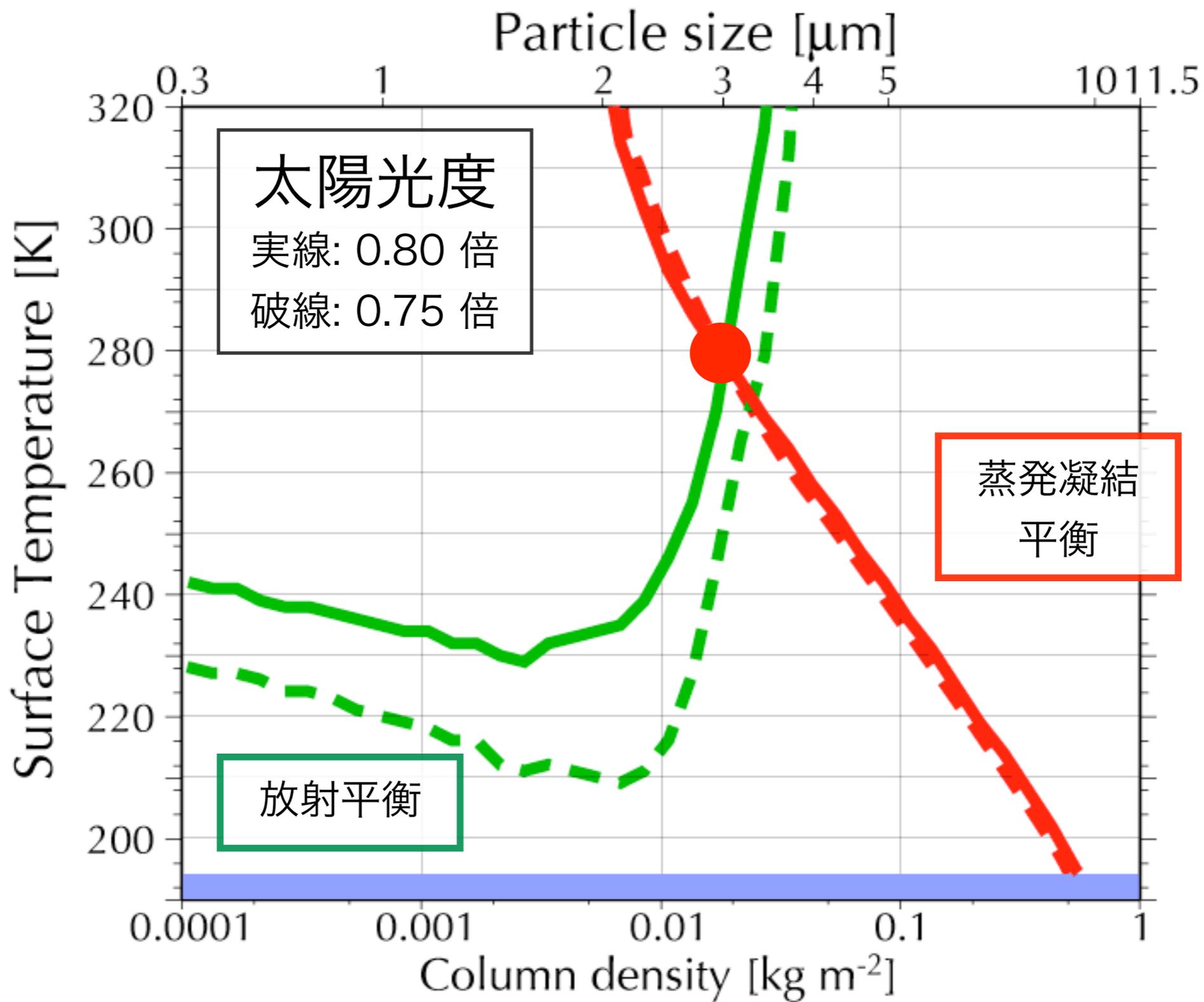
太陽光度依存性

(大気圧 1 bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2})



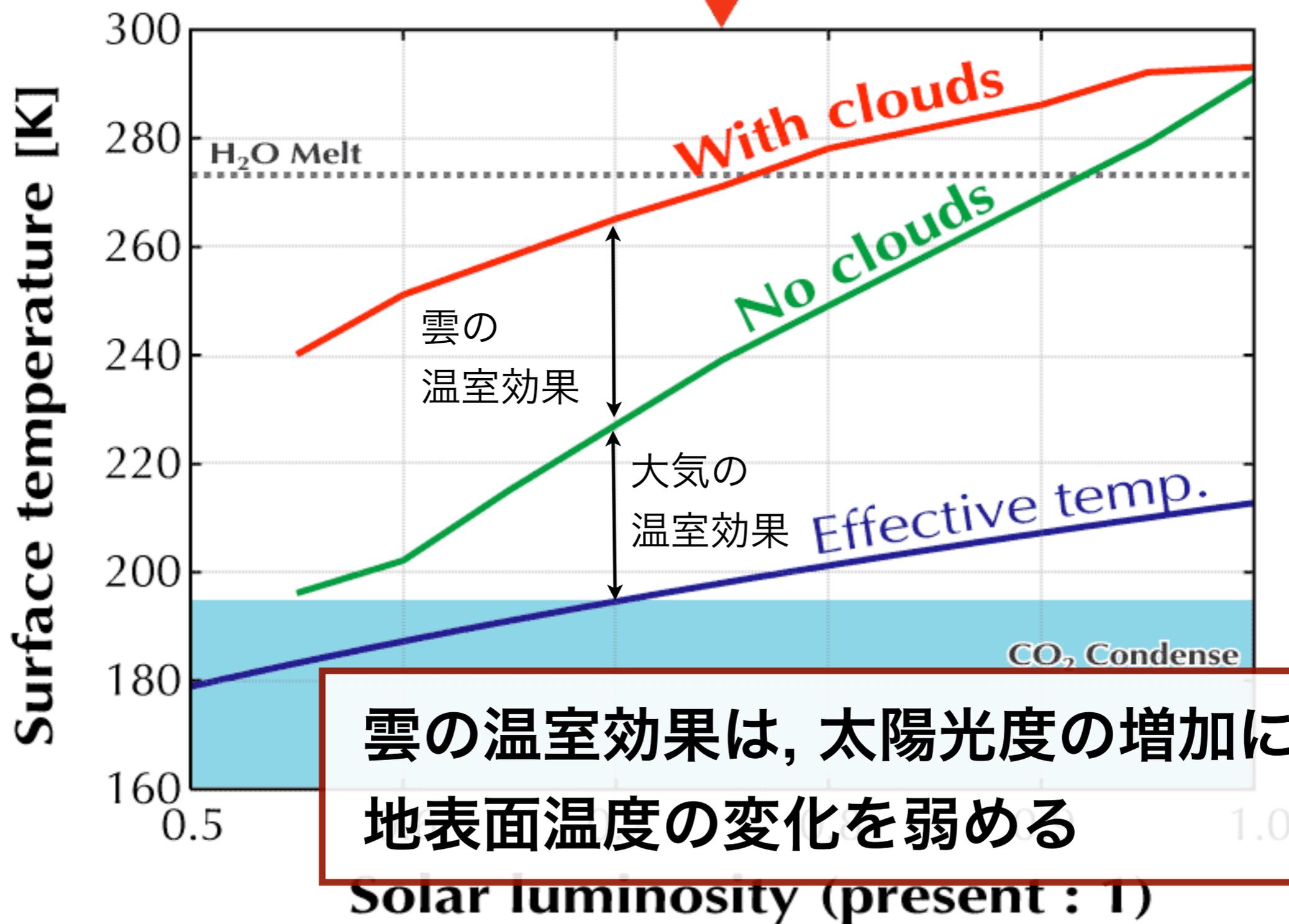
太陽光度依存性

(大気圧 1 bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2})



太陽光度依存性

(大気圧 1 bar, 凝結核面数密度 10^{10} m^{-2})



雲の温室効果は、太陽光度の増加による
地表面温度の変化を弱める

まとめ

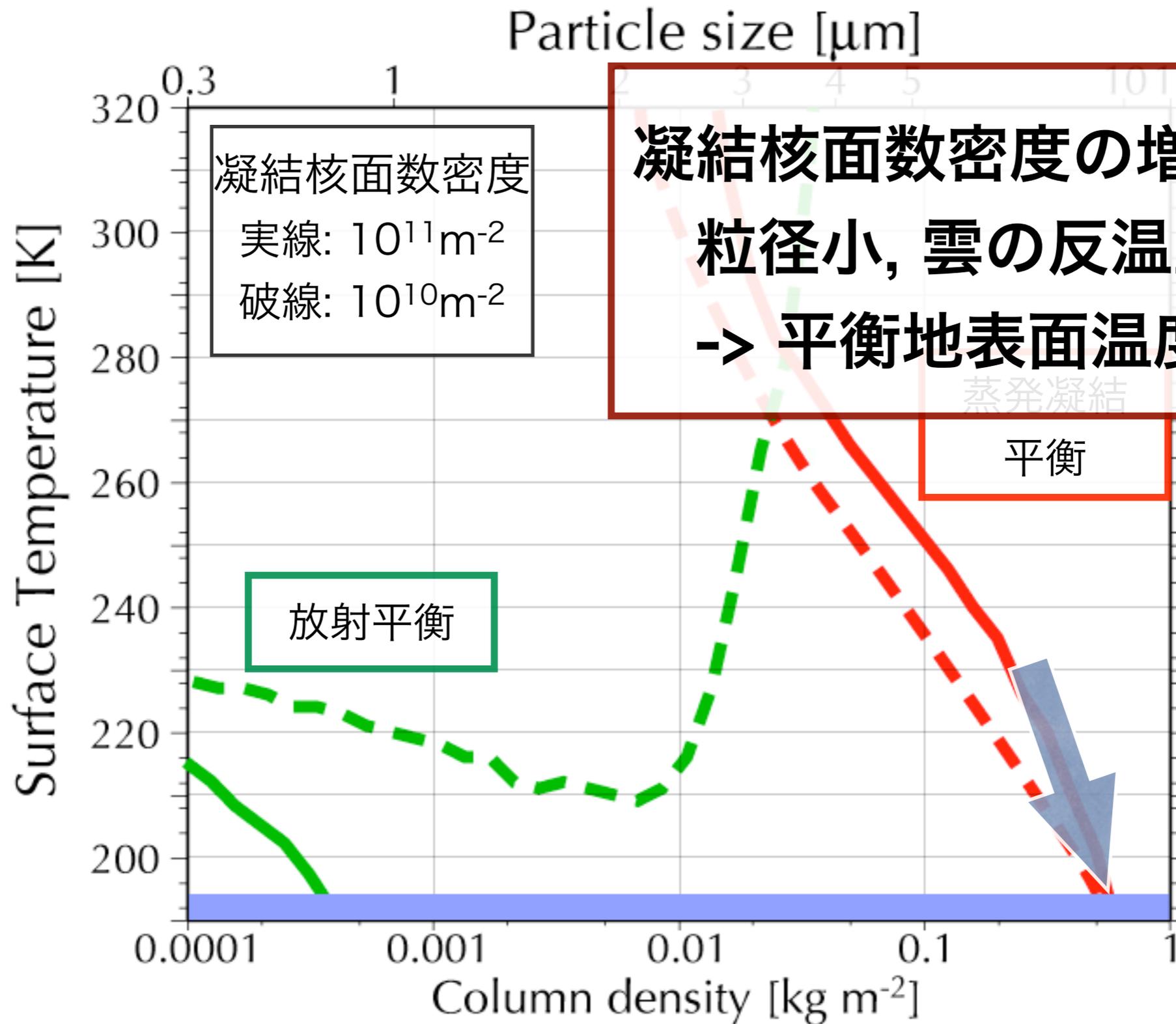
- 二酸化炭素氷雲の散乱温室効果：雲の粒径, 面密度の見積もりが重要
 - 雲層の凝結蒸発平衡を仮定
- 全球平均地表面温度 $> 273 \text{ K}$ の条件 (@太陽光度 75%)
 - 大気圧 $> 1 \text{ atm}$ かつ 凝結核面数密度 $\sim 10^{10} \text{ m}^{-2}$
- 太陽光度増加 \rightarrow 雲の温室効果は減少
- CO_2 凝結潜熱と雲の粒径の負のフィードバックが気候の安定化に寄与

質疑応答

- インパクトによって短期間に凝結核が増加した場合は?(千秋さん)
 - 全球一様に凝結核が増加すると、凝結蒸発平衡の時定数である時間単位で雲高度に浮遊すると、地表面温度は減少し、大気凝結が生じてしまう。一度地表面での大気凝結が生じると、地表面アルベドが増加してしまいうためにこの雲の温室効果のみで地表の二酸化炭素氷を溶かすほど温暖化することはおそらく難しく、他の外因が必要となるだろう。
 - 例えば K/T境界などではダストが全球に舞ったと考えられているので、全球一様に凝結核が増加するという仮定はそこまで不思議ではない。火星のダストストームもそうだし。
- 雲のむらむらがあった場合は?(千秋さん)
 - 凝結核の個数さえ一様であれば結局両平衡を見たす点へ収束するだろう。そのむらむらがどのようなタイムスケールで拡散されるかは... う～ん?小高さ～ん??
 - 凝結核の個数がむらむらだった場合は... うーん、どうなるんだろう??

凝結核面数密度依存性

(大気圧 1bar, 太陽光度 75%)



凝結核面数密度の増加

粒径小, 雲の反温室効果

-> 平衡地表面温度存在せず

蒸発凝結

平衡

放射平衡

CO₂ 以外の気体成分の影響

- CH₄ : 最も重要な気体種
- 赤外放射, 太陽放射吸収
 - より強い大気の温室効果
 - CO₂ 凝結潜熱増加? 減少?

凝結潜熱増加 :

雲の温室効果増加

凝結潜熱減少 :

CH₄ の温室効果を打ち消す可能性有

地表面温度の圧力依存性

(凝結核面数密度 10^{10} m^{-2} , 太陽光度 75%)

