

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(北大院理), 横畠徳太(環境研), 倉本圭(北大院理)

1. 研究背景

古火星の温暖化メカニズムとして高圧の CO_2 大気存在とその対流圏上部に生じる CO_2 氷雲による散乱温室効果が提案されている。従来の研究によりこの温室効果は氷雲の粒径や光学的厚さに強く依存し、温暖湿潤な気候を説明することのできる雲パラメタ条件は限られることが示されている。

一方で雲パラメタの推定は困難と思われてきた。その理由は地球大気の種類から氷雲は主に湿潤対流により形成されると考えられてきたためである。しかし地球とは異なり大気主成分が凝結する系でどのような湿潤対流が生じるかは明らかではない。最近の CO_2 大気中の湿潤対流の数値実験によると、 CO_2 雲層では鉛直運動が抑制されることが示唆されている。そこで本研究では、雲は対流運動よりもむしろ放射冷却によって形成されると仮定し、その場合に実現される雲パラメタの推定及び温室効果の評価を行った。

2. 数値モデル

今回用いる一次元放射対流平衡モデルは鉛直 50 層の CO_2 - H_2O 大気である。放射伝達は雲による多重散乱を考慮した二方向近似を用いて解く。雲粒の光学係数はミー理論に CO_2 氷の複素屈折率を与えて求めた。大気光学係数は相関 k 分布法を用いて記述した。高圧 CO_2 大気への適用を想定し、そのパラメタは HITRAN/HITEMP2004 吸収線データベースから作成し、さらに CO_2 と H_2O の連続吸収の寄与を別途考慮した(詳しくは[1])。

大気温度が凝結温度まで下がった層では蒸気圧平衡を満たすように雲を成長させた。ここで凝結潜熱は放射冷却エネルギーと等しいとし、対流によるエネルギーの流入は無視する。各層内は単一粒径を仮定し、雲の質量密度を凝結核数密度で割ることにより見積られる一粒あたりの雲質量から粒径を算出した。凝結核数密度の変化は無視する。

以上の計算を収束するまで繰り返し、放射対流平衡と蒸気圧平衡を同時に満たす温度-

雲の鉛直構造を求めた。

3. 結果と議論

凝結核混合比及び大気圧を固定した場合、雲の成長率と粒径の増大の間に負のフィードバックが働き、系は両平衡を満たす構造に収束することが確認された。図 1 には地表面温度のパラメタ依存性を示す。地表面温度の大気圧依存性は雲を無視した場合と比較して大きい。これは大気圧が高くなるとより厚い雲層が形成され、雲の温室効果がより顕著に働くためである。また凝結核混合比が著しく大きくなると雲の温室効果は弱まる。これは凝結核が多数存在することによって個々の雲粒が温室効果を生じさせるほど大きく成長できないためである。

我々の計算によると、大気圧 3 気圧以上、凝結核混合比 10^5 - 10^7 kg^{-1} であれば古火星の温暖湿潤な気候を説明できる。実際の古火星気候への影響を見積るためには、凝結核混合比を決める物理過程を明らかにする事が重要である。

4. 謝辞

数値実験は宇宙科学研究本部宇宙科学情報解析センターの SX-6 を利用して行った。

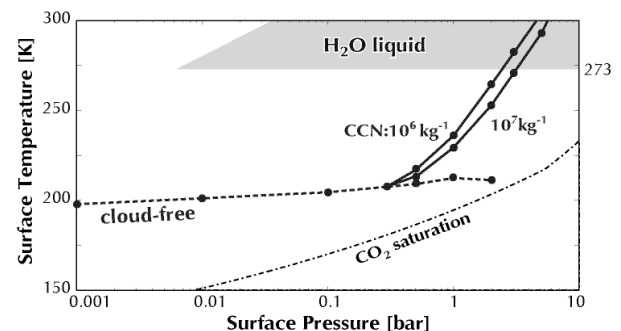


図 1: 地表面温度の大気圧依存性。太陽光度 $0.75 \times$ 現在値の場合。実線は雲を考慮した場合の値であり、それぞれの線は凝結核混合比が異なる。破線は雲を無視した場合の値、一点鎖線は CO_2 蒸気圧曲線である。右上の灰色の領域は H_2O が液体で存在できる条件を示す。

参考文献 [1] Mitsuda et al. 2006, Proc. of 39th ISAS Lunar and Planetary Symposium, in press