

火星古環境下における CO<sub>2</sub> 氷雲の安定性と散乱温室効果STABILITY AND SCATTERING GREENHOUSE EFFECT OF CO<sub>2</sub> ICE CLOUD UNDER MARTIAN PALEOENVIRONMENT

# 横畠 徳太[1], 小杉田 圭之[1], 小高 正嗣[1], 倉本 圭[1]

# Tokuta Yokohata[1], Yoshiyuki Kosugita[1], Masatsugu Odaka[2], Kiyoshi Kuramoto[2]

[1] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

<http://www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~yokohata/index.html>

火星では大気中における CO<sub>2</sub> 凝結によって CO<sub>2</sub> 氷からなる雲が形成され、これが放射伝達過程に影響をおよぼす。本研究では鉛直次元大気放射モデルを構築し大気中におけるエネルギー収支を考慮することにより、CO<sub>2</sub> 氷雲の安定性と温室効果について議論する。

クレータ侵食率や谷地形の存在から、初期（約 38 億年前）の火星気候は液体の H<sub>2</sub>O が安定に存在できるほど温暖であったと推測されている。しかしながら Kasting 1991 は、初期に CO<sub>2</sub> 大気が数気圧あったとしても、液体の水が安定に存在するまでには気候は温暖化されないことを指摘した。これは初期の太陽光度は小さかったため、大気上層で CO<sub>2</sub> が凝結し、温度減率が減少することにより温室効果が弱まるためである。この問題を解決する説として現在有力視されているのが、CO<sub>2</sub> 氷雲の温室効果による散乱温室効果である (e.g. Pierrehumbert and Erlick 1998)。この説によると、大気上層での CO<sub>2</sub> 凝結によって CO<sub>2</sub> 氷からなる雲が形成され、この雲が太陽放射に比べて赤外放射をよく反射するため、強力な温室効果がもたらされる。

しかしながら散乱温室効果に関する従来の研究にはいくつかの問題点がある。これまでの研究では概して雲は放射散乱体として扱われ、放射吸収の効果が十分に調べられていない。実際には CO<sub>2</sub> 氷雲は放射吸収加熱を受け蒸発消失してしまう可能性もあるが、このことについては議論がなされていない。またいずれの研究においても雲パラメータ（面密度や粒径）が仮定されている。これまで考えられているより雲層の面密度が大きい場合には、雲は太陽放射をさえぎることによって日傘効果を持つかもしれない。

そこで本研究では放射吸収も取り入れた新たな雲放射モデルを構築した。雲層におけるエネルギー収支を求めることにより、放射場の中で雲粒が安定に存在できるかどうかについて検討した。また雲層における質量収支を下に面密度および粒径を見積もり、雲のもたらす温室効果について調べた。モデル計算の結果明らかになった点は以下の通りである。

1) 38 億年前の数気圧に達する CO<sub>2</sub> 大気を想定し、CO<sub>2</sub> 氷雲による放射の吸収量および射出量を求めた。粒径によらず前者より後者的の方が大きくなることから、雲粒は凝結可能であり安定に存在できることが分かった。

2) 雲層における CO<sub>2</sub> 凝結による生成質量フラックスと雲粒子の沈降による消滅質量フラックスとの釣り合いから、雲の面密度を求めることができる。また雲粒の数密度を仮定すると、雲粒の生成消滅質量フラックスと平均滞在時間を用いてその平均粒径を見積もることができる。雲粒の数密度が地球の巻雲と同程度と仮定した場合、粒径は 10 micro m 程度と推算され、この場合の面密度は 1 kg m<sup>-2</sup> となる。

3) CO<sub>2</sub> 雲による温室効果が最も強いのは雲粒の粒径が 10-20 micro m、雲層の面密度が 0.1 kg m<sup>-2</sup> 程度の場合である。これはこのときに惑星放射が効率的に後方散乱されるためである。しかし面密度が大きい (1 kg m<sup>-2</sup> 程度以上) 場合には、雲は粒径によらず日傘効果を持つ。本研究による粒径の見積もりは温室効果をもたらすための必要条件を満たすが、面密度の見積もりは雲がむしろ日傘効果を持つことを示唆する。しかしここでは地表赤外放射の効果を無視しているため、面密度の見積もりは上限値に相当する。このため、実際の雲は面密度がもう少し小さく、

温室効果をもたらした可能性もある。

## 参考文献

Kasting, J. F. 1991, *Icarus*, 94, 1.Pierrehumbert, R. T. and C. Erlick 1998, *J. Atmos. Sci.*, 55, 1897.