

## 金星大気大循環モデルへの硫酸雲生成・消失過程と大気化学過程の導入

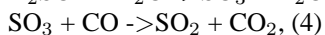
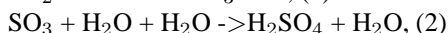
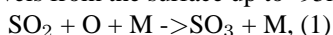
# 伊藤 一成 [1]; 黒田 剛史 [2]; 笠羽 康正 [2]; 寺田 直樹 [3]; 池田 恒平 [4]; 高橋 正明 [5]  
[1] 東北大院理; [2] 東北大・理; [3] 東北大・理・地物; [4] 環境研; [5] 東大・大気海洋研

## Implementation of the formation/extinction processes of sulfuric acid clouds and atmospheric chemistry into a VGCM

# Kazunari Itoh[1]; Takeshi Kuroda[2]; Yasumasa Kasaba[2]; Naoki Terada[3]; Kohei Ikeda[4]; Masaaki Takahashi[5]  
[1] Pat, Tohoku Univ.; [2] Tohoku Univ.; [3] Dept. Geophys., Grad. Sch. Sci., Tohoku Univ.; [4] NIES; [5] AORI, Univ. of Tokyo

Venusian sulfuric acid cloud deck exists in the altitude of 50km-70km. The distribution of clouds is affected by the meridional circulation, and in turn affects the atmospheric general circulation on Venus through the radiative effects of clouds. Therefore, understanding the nature of the formation, extinction and transport of Venusian sulfuric acid clouds is important for the study of atmospheric circulations on Venus. However, the distributions of clouds implemented in previous VGCMs (Venus General Circulation Models) have assumed to be constant based on the observations, as well as their radiative effects. The simulations that takes into account the effects of the temporal and spatial variations of clouds on the atmospheric dynamics have not been performed yet.

We have developed a system to reproduce the distributions of clouds and to investigate the interactions between atmospheric circulations and distributions of clouds. Up to now, we have implemented the transport, condensation/evaporation and the growth of sulfuric acid aerosols into a VGCM based on the CCSR/NIES/FRCGC AGCM [Ikeda, 2011]. Note that the results of the cloud distributions should affect the thermal distributions by radiation, but at this stage, the thermal distributions are assumed to be constant as well as the former code. In the previous version [Kato, 2014], the results of sulfuric acid vapor did not reproduce the observational fact that the SO<sub>2</sub> mixing ratio rapidly decreases at the altitude about 40km, therefore the distribution of clouds extends to unrealistic lower altitude. In the update code, we show the effects of chemical processes that decompose the sulfuric acid vapor. In our simulations, the horizontal resolution is set to T21(about 5.6 degree) and the vertical grid consists of 52 sigma-levels from the surface up to ~95km of altitude. We implemented the chemical reactions (1)-(4) listed below.



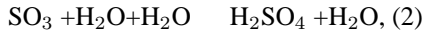
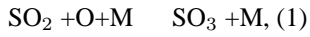
In the results so far, we could reproduce the vertical profile of sulfuric acid vapor mixing ratio consistently with observations: In the lower altitude, the H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mixing ratio rapidly decreases below the cloud layer (about 40-45km altitude). In the cloud deck, the peak of their mixing ratio became ~65km in the model with chemical processes as observations, while ~55km in the model without chemical processes. We could also reproduce the extinction of SO<sub>2</sub> and formation of sulfuric acid vapor in the upper cloud region (about 67-75km altitude), and the formation of SO<sub>2</sub> and extinction of sulfuric acid vapor in the lower cloud region (about 50km altitude). This is consistent with the formation/extinction processes suggested by a two-dimensional model in Imamura and Hashimoto [1998]. In this paper, we will also show further the analyses of the interactions between the meridional circulation and formation of sulfuric acid clouds, as well as the trace of SO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O distributions.

After the completion of self-consistent reproductions of sulfuric acid clouds in our VGCM, we will add the thermal effects of on the atmospheric general circulation on Venus.

金星の高度約 50-70km には全球的に濃硫酸の雲が存在している。この硫酸雲の分布は大気循環による影響を受け、また放射によるその熱放射・吸収が大気循環へ影響を与えるため、その生成・消失の数値モデル内における再現は重要と考えられる。しかし、これまでの VGCM (Venus General Circulation Model) では、雲の緯度・高度分布は観測に基づく一定値とされ、雲の熱放射・吸収量もまた一定とされており、その変動および大気循環との相互作用の再現は試みられていない。

そこで我々は、VGCM 上に硫酸雲の生成・消失過程を組み込み、金星大気における硫酸雲の分布変動とその大気循環との相互作用の解明が可能なシステムの構築を進めてきた。これまでに、CCSR/NIES/FRCGC AGCM をもとに開発された VGCM [Ikeda, 2011] をベースとして、雲分布の大気循環による変動を追跡可能とすべく、硫酸エアロゾルを導入してその輸送、蒸発/凝縮、雲粒成長過程をモデル化して雲分布の再現を試みた。(なお、結果として得られる雲分布は大気の熱放射・吸収の量・空間分布に影響を与えるが、現段階ではこちらはまだ従来コードを踏襲して一定のままとしている。) 2014 年春期までのコードでは、観測で見られる雲層下(高度約 40 - 45km)での硫酸蒸気量混合比の急激な減少が再現されず、このため雲分布の下限高度が非現実的な値となっていた [加藤修士論文, 2014]。

本講演では、この問題の解決に向けて行った、硫酸蒸気を分解する化学過程の導入による効果を紹介する。本コードは、地表から高度 95km 付近までを水平分解能 T21(グリッド間隔約 5.6 度)、鉛直シグマレベル 52 層で計算を行った。これに以下の (1) ~ (4) の化学反応を導入している。



これにより、低高度で硫酸蒸気が分解するようになり、雲層下（高度約 40 - 45km）での硫酸蒸気量混合比の急激な減少を再現できた。また、上記化学過程の導入前のモデルでは硫酸蒸気量混合比のピークが 55km 付近と低かったが、化学過程導入後の新モデルでは 65km 付近となり、これも観測の再現に成功した。雲層の上部（高度約 67 - 80km）での  $\text{SO}_2$  の消失および硫酸蒸気量の生成、雲層の下部（高度約 50km 付近）での  $\text{SO}_2$  の生成および硫酸蒸気量の消失も再現された。これは Imamura and Hashimoto [1998] の 2 次元モデルにより示唆された硫酸蒸気の生成、分解過程と整合する。

本講演では、このコードにおける子午面循環と硫酸雲生成の関係、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等の分布再現の評価結果を併せて示す予定である。これら硫酸雲の生成・消失に係る一連の過程が VGCM 内で矛盾なく再現できるようになれば、この雲分布が与える大気熱放射・吸収への影響、およびそれによる金星大気大循環への影響の評価に踏み込むことが可能となるであろう。