

金星 GCM への硫酸雲の導入及びその循環、分布に関する研究

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 sulfuric acid clouds into a Venus GCM and study of their distributions and cycle

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

We have implemented H_2SO_4 clouds into our VGCM (Venusian General Circulation Model) to reproduce their cycle and distributions comparable with observations. Venus is covered by global sulfuric acid (H_2SO_4) cloud deck in the altitude of 50-70 km. Past trials for such cloud reproductions in VGCMs used cloud parameterization (condensation / evaporation and sedimentation processes) (Lee et al., 2010; Kato, 2014). However, they did not include chemical processes related to the cloud cycle, and did not reproduce the cloud on the realistic processes.

We have implemented the chemical processes related to the production and loss of H_2SO_4 clouds for the reproduction of realistic cloud cycle in the model. We used a VGCM based on the CCSR/NIES/FRCGC AGCM [Ikeda, 2011], with the horizontal resolution of T21 (longitude and latitude grids of about 5.6 degrees) and 52 levels in vertical with the sigma (equivalent to the pressure) coordinate (the top altitude of about 95 km). For cloud condensation and evaporation processes, we assumed that the H_2SO_4 clouds are generated when the H_2SO_4 vapor is saturated, i.e., the forecasted mixing ratio of total H_2SO_4 (sum of vapor and cloud) is larger than the calculated saturated level. And all H_2SO_4 clouds evaporate to the vapor if not, without the effects of supersaturation. The radius of cloud aerosol is artificially distributed into 4 modes by ratios based on the vertical profiles shown by Haus and Arnold[2010]. (Our model at the moment does not include the growth or reduce of the particle size, and only traces the advection of produced clouds.) We also note that the cloud distributions should modulate the thermal distributions through radiative effects, but current our model assumes constant heat input profile (as well as the former code by Ikeda [2011]).

After the run for 20 Venus days (2340 earth days), the cloud distribution in this model reaches an equilibrium status. In the result, the simulated cloud cycle are reproduced; the formation of H_2SO_4 cloud particles in the upper cloud region (about 70 km altitude) of lower latitudes (about 0 - 30 degrees) due to the chemical processes, advection of clouds to the higher latitudes (about 70 degrees) by the meridional circulation, and evaporation of clouds and formation of SO_2 in the lower cloud region (about 50km altitude) of higher latitudes. This is consistent with the formation and extinction processes suggested by a two-dimensional model [Imamura and Hashimoto, 1998], though the meridional transport of the clouds is weaker in our model. In the presentation we will also show further analyses of the simulated results and their comparisons with the global distribution of cloud characteristics derived by Venus Express observations.

This model will contribute to the study of qualitative and quantitative global cloud distributions and variations observed by the Akatsuki mission from 2016.

我々は、観測と定性的・定量的比較が可能な金星雲の循環・分布の再現を目指す金星大気大循環モデル (Venus General Circulation Model, VGCM) の開発を進めている。金星は高度 50-70km を硫酸雲に覆われ、その化学過程と太陽光吸収が金星大気の大循環に大きく寄与している。VGCM における硫酸雲の生成・循環・消滅過程の導入は、Lee et al. [2010] と我々のグループ (e.g. 加藤, 2014) においてなされてきた。これらでは、硫酸雲の凝縮・蒸発過程と沈降過程はパラメタリゼーションによって取り扱われたが、これらに伴う関連物質間の化学過程が導入されておらず、Knollenberg and Hunten [1980] で提唱されている金星硫酸雲サイクルが成り立っていない。このため、観測されている雲の高度・緯度分布の再現には未だ至っていない。

本研究では、硫酸蒸気の生成・消滅に絡む SO_2 、 H_2O などを含む化学過程を導入することで、未だ下記に示す一定の簡略化を前提とするものの、現実的な金星硫酸雲の生成・消滅を VGCM 上で再現することに成功した。ベースモデルは CCSR/NIES/FRCGC AGCM をもとに開発された VGCM [Ikeda, 2011] である。現モデルでは、水平分解能 T21 (グリッド間隔: 緯度経度双方で約 5.6 度)、鉛直 52 層 (大気上端高度: 約 95km) に設定した。雲の生成・消滅は、各タイムステップで硫酸飽和蒸気量を上回る分の硫酸蒸気を凝縮させて硫酸雲としている (過飽和の効果は取り入れていない)。生成される雲粒径は、Haus and Arnold [2010] に基づく 4 種類のモード比の高度分布に従って配分される (この粒径高度分布は、全緯度・経度にわたり水平方向一定と仮定している)。生成後の雲粒子径の拡大・縮小の再現は取り入れておらず、各粒子の移流を追跡するに留まる。また、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、現モデルにおいては未だ「一定量・一定高度」としている。

この化学過程を導入した VGCM を用いて、20 金星日間 (2340 地球日) の計算を行った。この結果、平衡状態に達した雲循環は、主に低緯度域 (0-30 度) の高度約 70km で化学反応によって SO_2 と H_2O から硫酸雲が生成され、子午面循環によって高緯度域 (約 70 度) へ移流、そこで下降し高度 50km 付近で蒸発という過程で構成された。これは金星雲循環 [Knollenberg and Hunten, 1980; Imamura and Hashimoto, 1998] と整合する。ただし、我々のモデルでは子午面方向への雲の輸送は上記の雲循環に比べて弱い結果となった。本発表では、再現された雲の光学的厚さや雲頂高度の緯度分布に

ついて、Venus Express の観測結果との比較を行った結果について報告するとともに、現在簡略化しているパラメータに対する問題点と今後の開発方向の整理を行う。

2016 年早期に開始される予定の「あかつき」による雲の大規模分布や昼夜間変動の観測にあたり、本モデルはそれらを定性的・定量的に考察することが可能な重要なツールとなることが期待される。