

鉛直 1 次元モデルを用いた金星の雲形成の研究

下川 真弘 [1]; 今村 剛 [2]; 杉山 耕一朗 [3]; 中村 正人 [4]
[1] 東大・地惑・宇宙研; [2] 東京大学; [3] 松江高専; [4] 宇宙研

One-dimensional modeling of Venusian clouds

Masahiro Shimokawa[1]; Takeshi Imamura[2]; Ko-ichiro Sugiyama[3]; Masato Nakamura[4]

[1] Earth and Planetary Science, UTokyo / ISAS; [2] The University of Tokyo; [3] Matsue College of Technology; [4] ISAS

Venusian clouds, mainly consisting of sulfuric acid, lies on 45-70 km altitude and highly influence on climate of Venus because of high albedo. Besides, zonal wind velocity from super-rotation peaks near 70 km altitude, and thermal tidal waves, caused at cloud layer where sunlight is absorbed, propagate momentum of atmosphere. Thus it is important to know how Venus cloud formation occurs and what physical processes the thickness of clouds are adjusted, for understanding the dynamics of Venusian atmosphere. We have calculated one-dimensional modeling of Venus clouds considering photolysis of sulfuric acid and studied the process of Venus cloud formation.

In this study we watched vertical distribution of liquid cloud components of sulfuric acid and water at 40-75 km altitude, for calculating time development of number density of each sulfuric acid and water in liquid and gas phase. Partitioning of these phases is judged at every time step of calculation, although supersaturation and energy balance with vaporizing and condensation are not considered, and supersaturated gas materials are just regarded as liquid. Physical factors affecting each total number density we considered are liquid sedimentation due to gravity, eddy diffusion and atmospheric chemistry at upper clouds. Sedimentation occurs in liquid components regarded as droplets which have constant radius, and we calculate the downward transportation of those droplets by gravity. The radius of droplets are determined from observation. Eddy diffusion expresses totally on transportations of thermal convection, turbulence and large-scale atmospheric movement, calculated by given constant coefficient. In atmospheric chemistry we consider a photochemical reaction near 62 km altitude with production of sulfuric acid and consumption of water (Yung and DeMote, 1982 / Krasnopolsky and Parshey, 1981). We can also calculate the effect of meridional circulation, which vertically becomes upward wind at tropical region and downward wind at high latitude.

For initial conditions, volume mixing ratio of each material is homogeneous at every altitude except at lower boundary. Thus we watched the behavior of cloud formation with or without effects of respective physical factors. At upper boundary the gradients of volume mixing ratio are zero, and at lower boundary that ratio is given by radio occultations for sulfuric acid, and ground observations for water (Knollenberg and Hunten, 1980). Results of liquid distributions are compared to calculations by Imamura and Hashimoto, 1998 and observation results, and checked if and how each physical factor influences on cloud formation. Moreover, time scales of diffusion and vertical wind are expressed as L^2/K , L/w , respectively, where L is a scale of length, K is the diffusion coefficient and w is the velocity of vertical wind, respectively. Therefore we compared these time scales with varying K and w , and estimated how atmospheric dynamics such as convection and meridional circulation affect cloud formation.

We are going to do further studies of each physical factor to contribute to cloud structure by considering latitudinal effects such as meridional circulation and chemical production with two-dimensional modeling. Results of this study will make use of interpretations of observed data by Akatsuki and contribute to atmospheric chemistry and dynamics of Venus.

硫酸を主成分とする金星雲は高度 45-70 km に存在し、高アルベドであることから金星気候に大きく影響を与える。また高度 70 km 付近においてスーパーローテーションによる東西方向の風速がピークを持つ上、太陽光を吸収した雲層で励起される熱潮汐波が大気運動量伝播を担っていることから、金星の雲形成や、雲の厚さがどのような物理過程により調節されているかを知ることは金星の大気力学を理解する上でも重要である。我々は硫酸の光生成化学を考慮した鉛直 1 次元における雲形成モデルを計算し、金星雲の形成過程に関する研究を行った。

本研究では高度 40-75 km における硫酸および水の数密度の時間発展を液相と気相それぞれについて高度ごとに計算し、液相である雲成分の高度分布を観察した。計算の時間ステップごとに各物質の総量から液相と気相への分配を行っているが、蒸発および凝縮に伴う過飽和やエネルギー収支は考慮せず、硫酸と水の混合により定まる各物質の飽和蒸気圧を超えた分の気相をそのまま液相として扱っている。数密度を変化させる物理的要素については、液相の重力沈降、渦拡散、雲層上部での大気化学を想定した。重力沈降では液相を一定粒径の雨粒と仮定し、その雨粒に作用する重力による鉛直下向きの輸送を計算している。雨粒の粒径は観測結果をもとに与えた。渦拡散では熱対流や乱流、大規模な大気運動に伴う輸送を総じて表現し、全高度で一定の拡散係数を与えて計算を行っている。大気化学の項では高度 62 km 付近で硫酸の生成と水の消滅を伴う光化学反応を仮定し、計算している (Yung and DeMote, 1982 / Krasnopolsky and Parshey, 1981, 1983)。また、特定の緯度を設定して計算を行う際に子午面循環を考え、鉛直風として赤道域での上昇流や高緯度での下降流の効果を取り入れることも可能である。

初期状態としては、各物質の大気に対する体積混合比が下端を除く全高度で一様になるように与え、上記の各物理的要素を考慮した場合と除いた場合についてそれぞれ雲形成の様子を観察した。上端では混合比の勾配をゼロとし、下端では電波掩蔽観測による硫酸蒸気や地上観測による水蒸気の観測結果を境界条件として用いている (Knollenberg and Hunten, 1980)。得られた液相分布は Imamura and Hashimoto, 1998 による計算結果や観測結果と比較することで、要素ごとに雲形成への影響の可否や程度を調べた。

また渦拡散係数を K 、鉛直風速を w とすると、鉛直スケール L に対する拡散及び鉛直風の時間スケールはそれぞれ

L^*L/K , L/w と表されることから、 K や w を変化させた際の時間スケールについて比較し、対流や子午面循環などの大気力学作用が雲形成をどう変化させるのかを推量するに至った。

今後は現在の鉛直 1 次元構造に加え、緯度方向による子午面循環や大気化学の影響を考慮した 2 次元構造へと拡張し、各物理的要素の雲構造への寄与を詳細に研究する予定である。研究の成果は JAXA により運用されている金星探査機「あかつき」による観測結果を解釈する上で有用であり、大気化学や大気力学への貢献が期待される。