

GCMを用いた金星低・中緯度の雲生成と分布の研究：化学と循環の影響

Study of the Venusian cloud formation and distribution in low- and mid-latitudes using a GCM: Effects of atmospheric chemistry and circulation

伊藤 一成¹、*黒田 剛史¹、笠羽 康正¹、寺田 直樹¹、池田 恒平²、高橋 正明³

Kazunari Ito¹, *Takeshi Kuroda¹, Yasumasa Kasaba¹, Naoki Terada¹, Kohei Ikeda², Masaaki Takahashi³

1.東北大学大学院理学研究科 地球物理学専攻、2.国立環境研究所、3.東京大学大気海洋研究所

1.Department of Geophysics, Tohoku University, 2.National Institute for Environmental Studies,

3.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

硫酸雲は金星の高度48~70kmを覆い、その放射効果は金星の気候に大きな影響を与える。また硫酸雲はJAXAの金星探査機「あかつき」の主要な観測対象であり、雲観測を通しての大気力学の研究が予定されているため、金星大気大循環モデル(VGCM)を用いた硫酸雲の生成・移流過程の研究はあかつきミッションに対しても資するものとなる。我々はVGCMに硫酸雲生成過程とそれに関連する大気化学過程を導入し、雲の分布および生成に絡む過程の研究を行った。

本研究に用いたVGCM [Ikeda, 2011]はCCSR/NIES/FRCGC AGCMをもとに開発されたもので、水平分解能はT21(緯度・経度のグリッド間隔ともに約5.6°)、鉛直シグマレベル52層で地表面から高度約95kmまでをカバーしている。雲の凝縮・蒸発過程については過飽和の効果は考慮せず、飽和蒸気圧を超えた分の硫酸を雲として取り扱い、雲の半径はHaus and Arnold [2010]で示された4つのモードに、各高度におけるモード別雲量の比に応じて分配し設定している。すなわち現在のところは雲粒の成長過程は導入されておらず、生成された雲の移流のみを考慮している。また放射コードはIkeda [2011]に導入されているものをそのまま用いており、すなわち今回のモデルで得られる雲分布の変化は放射には反映されず、水平一様の雲分布を仮定した放射を与えている。本研究のモデルには硫酸(H₂SO₄)蒸気の生成・消滅に係る大気化学過程(SO₃, SO₂, H₂Oとの反応を含む)が導入されており、それによって現実的な雲分布の維持機構が再現された。これらの大気化学過程を含むモデル(WCモデル)では、低・中緯度(緯度0~70°)において、雲の光学的厚さの緯度分布はVenus Express搭載のVIRTISによる近赤外分光観測と整合し、また硫酸蒸気の鉛直分布もMagellan電波掩蔽観測と整合していた。一方で大気化学過程を含まないモデル(NCモデル)では、低・中緯度における雲の光学的厚さは観測と比べて半分以下の値となり、また高度48km付近の硫酸蒸気量もWCモデルと比べて半分以下の量となった。WCモデル、NCモデルとも雲は高度50km以上で生成されているが、雲量には大きな違いがあり、WCモデルの方が雲量は多い。この違いはWCモデルでは上部雲領域(高度60~80km)で大気化学過程により硫酸蒸気が生成され、またそれが凝結して雲が生成されていることによる。このことより本研究にて用いるVGCMは、大気化学過程の導入により、低・中緯度における硫酸雲および硫酸蒸気の観測事実を精度よく再現するものになったといえる。

我々はこのVGCMを用いて、硫酸雲と硫酸蒸気分布の維持および循環プロセスの研究を行った。このモデルの結果によると、上部雲領域では高度65km付近を中心に雲が生成され、子午面循環と鉛直拡散によって上方および極方向へと輸送されている。一方で下部雲領域(高度50~60km)では、赤道域の高度50~54kmにおいて移流と鉛直拡散により下方から輸送された硫酸蒸気が凝結して雲になり、それが子午面循環によって極方向へ輸送されている。このような硫酸雲の循環メカニズムは子午面循環を外的に与えたImamura and Hashimoto [1998]による緯度-高度2次元モデルによって示されたものと一致し、VGCMでこれを再現したのは本研究が初めてである。このVGCMはさらに、主に1金星日周期の熱潮汐が東西平均流加速と絡んで低・中緯度の子午面循環を駆動していることを示した。

キーワード：金星、硫酸雲、大気化学、大気大循環モデル、あかつき

Keywords: Venus, Sulfuric acid clouds, Atmospheric chemistry, General circulation model, Akatsuki