

ATTREX 観測データを用いた、TTL 内の氷晶形成過程 についての研究

*三村 慧（北大・環境科学院），長谷部 文雄（北大・地球環境科学研究所）

1. はじめに

対流圏から成層圏に流入する大気は、主に熱帯上空の熱帯対流圏界層(Tropical Tropopause Layer; TTL)を準水平的に移流しながら低温域を通過し、脱水を経験する。脱水とは、低温により過飽和状態となった空気塊中で氷晶が生成・成長し、重力沈降により落下する事で空気塊から水蒸気が除去される過程であり、TTLでの空気界の脱水量を考察する上で、脱水過程の理解は最も根本的な議論であると考えられる。

脱水過程のうち、氷晶形成には現在2つの主要な過程の存在が確認・示唆されている。高過飽和(160%~170%)を閾値として進行し、高氷晶数密度(千~一万個/L)となる、homogeneous nucleation(Koop et al., 2000)と、低過飽和(120%~140%)を閾値として進行し、低氷晶数密度(百個/L以下)となる、heterogeneous nucleation (Jensen et al., 2010)である。

過去の観測(Shibata et al., 2006; Lawson et al., 2008)では、氷晶数密度・氷に対する飽和度のデータが主に観測されてきたが、近年NASAが実施しているThe Airborne Tropical Tropopause Experiment (ATTREX)では、新たに氷晶サイズ別の数密度データが得られるようになった。Jensen et al. (2013)では、2011年のATTREX観測データを用い、氷晶数密度と飽和度の観点から、上述二つの氷晶形成過程に対応するいくつ

かの事例について述べているが、全観測期間の事例についての解析や氷晶サイズ分布に着目した解析は行われていない。本研究では、2011年のATTREX観測データのうち、Jensen et al. (2013)で言及されていない事例についての解析を行った。また、氷晶のサイズと数密度から計算される氷水量(Ice water content)に着目し、氷晶形成直前の飽和度の推定を試みた。

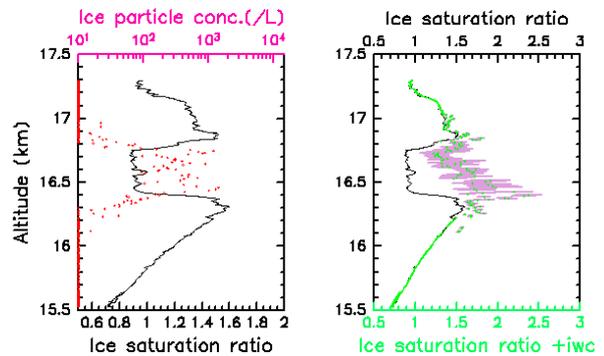


図1:2011年11月5日に得られたデータのプロファイル。左図は飽和度(実線)と氷晶数密度(点)の観測値を、右図は飽和度の観測値(実線)と氷水量を用いて推定された飽和度(シェード)を示し、粒径の幅による信頼区間を取っている。

2. 解析方法

本解析には、2011年11月5日と9日に熱帯東太平洋上空のTTL領域で航空機観測によって得られたデータを用いた。使用したデータは1Hzの時間解像度を持ち、得られるプロファイルは鉛直

方向に3m～4mの解像度となる。また氷水量を用いた飽和度の推定では、1.氷晶は球形 2.氷晶は観測された高度で生成・成長 という二つ仮定のもと、氷水量を水蒸気混合比に換算し、観測された水蒸気混合比と足しあわせ、飽和度を計算した。

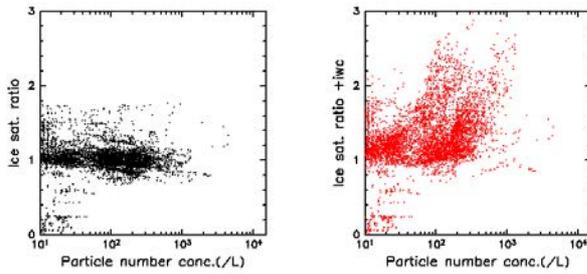


図2:11月5日と9日氷晶が観測された事例について、数密度と飽和度の関係をプロットした散布図。左図が飽和度の観測値を、右図が推定された飽和度を用いている。

3. 結果

図1には11月5日に得られたプロファイルの一例を示す。氷晶層は高度16.4km – 16.8kmに渡り、比較的厚く存在し、氷晶数密度は千個/L程度である。推定された飽和度は、層の上部でhomoの閾値(1.6)に届かず、下部では閾値を大きく超える結果となっている。また、氷晶層の飽和度の観測値をみると1.0以下となっており、氷晶形成が起きてのち、空気塊の環境が変化した可能性を示唆している。

図2に氷晶が観測された事例について、数密度と飽和度の散布図を示す。氷数密度数千/Lの事例に着目すると、推定された飽和度はhomoの閾値に達していないことがわかる。また、数密度百個/L程度の事例で、推定された飽和度がhomoの閾値を大きく超える特徴が見られる。

図3は図1に示したプロファイル中の氷晶層について、高度域別に粒径分布を示したものである。16.5 – 16.6kmと16.7 – 16.8kmでは1.0 – 3.2 μm の氷晶数密度が大きくなっているのに対し、その間の高度域ではそのような特徴は見られない。このことから、図1の層は高度方向に2つの比較的薄い層として解釈される可能性が示唆される。

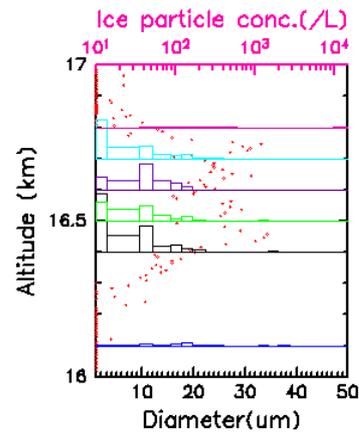


図3:図1の氷晶層についての高度域別の粒径分布の様子。各粒径の長方形の面積が数密度と対応する。

4. 今後の展望

解析で得られたプロファイルには、その上下の高度域より数密度が高く、比較的薄い氷晶層の事例がいくつか見られた。また図2で示した散布図から、数密度が百個/L程度の層で、推定された飽和度が高くなっている特徴が見られ、この氷晶層により多くの水蒸気が脱水された可能性を示唆する。今後の展望として、解析結果をより深く考察すると同時に、氷晶層の時間発展を考慮できる手法(数値モデル)を用いて、上記二つの特徴的な事例を含め、解析結果がどのような形成過程で理解されるかを一つずつ明らかにすることを今後の展望とする。