

熱帯対流圏界層における氷晶生成過程

三村 慧¹, *長谷部 文雄²

¹ 北大・環境科学院, ² 北大・地球環境科学研究所

1. はじめに

全球地表面の10年規模の気温変動に影響を与える成層圏水蒸気量 (Solomon et al. 2010) の決定には、熱帯対流圏界層 (Tropical Tropopause Layer; TTL) 内の低温領域で脱水を経験した空気塊の熱帯下部成層圏への流入が大きく寄与している。TTL 内での脱水とは、低温により過飽和状態となった空気塊中で氷晶が核生成・成長し、重力沈降により空気塊から水蒸気が除去される過程である。TTL における脱水量を考察する上で、根本的である氷晶核生成には2つの主要過程が存在する。高過飽和度 (1.6~1.7) を閾値として進行し高氷晶数密度 ($10^3 \sim 10^4$ 個/L) の巻雲を形成する均質核生成 (Koop et al., 2000; Jensen et al., 2010) と、低過飽和度 (1.1~1.4) を閾値として進行し低氷晶数密度 (10^2 個/L 未満) でとどまる不均質核生成 (Cziczko et al., 2013; Jensen et al., 2013) である。TTL 内における氷晶生成過程については、これらの特徴に着目した議論が行われてきた。

2. TTL 航空機観測データを用いた臨界飽和度の推定

Jensen et al. (2013) は、2011 年 11 月に熱帯東部太平洋上空で実施された NASA による高高度航空機観測 Airborne Tropical Tropopause EXperiment (ATTREX) に基づき、TTL の巻雲を氷晶数密度と飽和度を指標として上記2つの氷晶核生成過程に分類し、その雲物理学的特徴を明らかにしている。このように TTL 内の氷晶核生成過程の判別には、主に氷晶数密度が用いられてきたが、この指標では両過程で特徴的とされる値の中間領域にあたる氷晶数密度 $10^2 \sim 10^3$ 個/L の巻雲は均質・不均質過程の判別が不可能である。

そこで本研究では、TTL 氷晶生成過程に関する理解の深化を目的として、従来の氷晶数密度に加え、最新の航空機観測である ATTREX2011 で得られた、氷晶の大きさで区分された氷晶数密度データに着目した解析を行う。具体的には、まず区分ごとの氷晶数密度を特徴的な高度域で積算し、粒径分布の高度分布を求める。次に各区分の氷晶の大きさと数密度から評価した氷水量 (ice water content) を水蒸気に換算し、観測された水蒸気に加えることにより、各高度における氷晶生成直前の臨界飽和度の推定を試みる。これらの解析より以下に示す結果を得た。

3. 臨界飽和度の推定結果

均質核生成により生成されたと判別される高氷晶数密

度層では、 $1.0 \sim 15.0 \mu\text{m}$ の粒径範囲に粒径分布のピークが存在し、氷晶数密度が小さくなるほど大粒径側にピークがシフトする傾向が見られた。また臨界飽和度は、一部に均質核生成の閾値を大きく超える例が見出されたが、閾値を十分に超える事例は少なかった。一方、不均質核生成が進行中と判断される低氷晶数密度層では、粒径は広範囲に分布し特徴的なピークは認められなかった。また臨界飽和度は均質核生成の閾値をわずかに下回る値となった。さらに、氷晶数密度に基づく均質・不均質過程の判別の妥当性、及び両過程の TTL 内脱水過程への寄与の検討を目的に、氷晶数密度に対する観測飽和度及び臨界飽和度の散布図を描いた (図 1)。その結果、均質核生成により生成されたと判別される高氷晶数密度例はわずかしこ認められない一方、大部分の氷水量は氷晶数密度 10^2 個/L~ 10^3 個/L の均質・不均質過程の判別の中間領域に見出された。以上の事実は、TTL 内での空気塊脱水に対して、均質・不均質過程の中間領域にあたる氷晶層が大きく寄与していることを示唆する。

4. 今後の課題

今後は前述の均質・不均質過程の判別で中間領域となる氷晶層について、時間発展を記述できる数値モデルを用いてその生成過程を明らかにしてゆきたい。

参考文献

- Cziczko et al. (2013), *Science*, **340**, 6138, 1369 – 1384.
Jensen et al. (2010), *ACP*, **10**, 3, 1369 – 1384.
Jensen et al. (2013), *PNAS*, **110**, 6, 2041 – 2046.
Koop et al. (2000), *Nature*, **406**, 6796, 611 – 614.
Solomon et al. (2010), *Science*, **327**, 5970, 1219 – 1223.

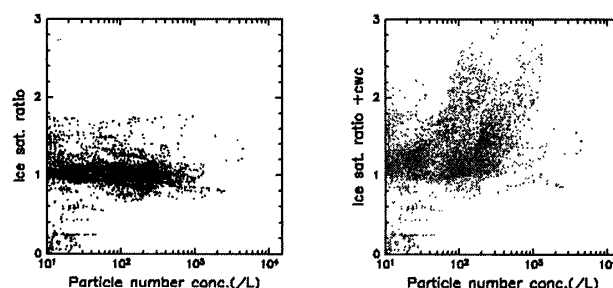


図 1: ATTREX2011 で氷晶が観測された事例について、氷晶数密度と観測飽和度 (左) 及び臨界飽和度 (右) の対応を示す散布図