

ILAS データを用いた 97 年北極極成層圏雲の組成推定

Inference of chemical composition of Polar Stratospheric Clouds observed with the Improved Limb Atmospheric Spectrometer in winter of 1997.

○齋藤 尚子・林田 佐智子 (奈良女子大)・笹野 泰弘 (国立環境研究所)

N. Saito, S. Hayashida (Nara Women's Univ.), Y. Sasano (NIES)

Abstract : The Improved Limb Atmospheric Spectrometer captured many Polar Stratospheric Cloud (PSC) events during the winter and early spring of 1997 in the Northern Hemisphere. To infer the chemical composition of the observed PSC particles, the ILAS aerosol extinction coefficient data and nitric acid data were compared with the predicted values assuming the formation of supercooled ternary solution (STS), nitric acid dihydrate (NAD) or nitric acid trihydrate (NAT) particles. The temperature histories of all of the observed PSC particles were examined closely. The intensive analysis suggested the formation of type Ia and Ib PSC particles during the operation of the ILAS.

Keywords : PSCs, Stratospheric aerosol, ILAS

1 はじめに

ADEOS 衛星に搭載された ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer; 改良型大気周縁赤外分光計) は、1996 年 11 月から 1997 年 6 月までの約 8ヶ月間にわたり、成層圏大気微量成分とエアロゾルの観測を行なった。冬季極域下部成層圏で発生する極成層圏雲 (Polar Stratospheric Clouds; PSCs) は、極域におけるオゾン破壊過程において重要な役割を果たしており、その化学組成として、STS (supercooled ternary solution; 三成分系液滴溶液)、NAT (nitric acid trihydrate; 硝酸三水合物)、NAD (nitric acid dihydrate; 硝酸一水合物) 等が考えられている。

本研究では、ILAS の $0.78\mu\text{m}$ エアロゾル消散係数 ver. 5.10 データを用いて、1997 年冬季北極域で観測された PSCs の時間・空間分布を調べた。さらに PSCs のデータと、PSCs の組成を STS、NAT、NAD と仮定したときの理論計算の結果とを比較することで、観測された PSCs の組成推定を試みている。

2 PSCs 判定基準

ILAS で観測されたエアロゾル消散係数データを用いて、通常の大気エアロゾル (バックグラウンドエアロゾル) と PSCs を区別する方法について検討した。まずデータを極域内、外に分け (Nash *et al.*, (1996) による)、それぞれ気温が 200K 以上である領域の全エアロゾル消散係数データの平均値 (ave) と標準偏差 (sgm) を 10 日ごと、高度ごとに計算した。ave をバックグラウンド値として、ave と sgm を指標とした消散係数の頻度分布を描き、それをもとに検討を重ね、閾値を $\text{ave} + 5\text{sgm}$ と設定した。その上で、消散係数が閾値以上のデータを “PSC イベント” と判定している。

ILAS で PSCs は、1 月はグリニッジを中心に、西経 90 度から東経 90 度にわたって、広い領域で観測されていた。2 月中旬から 3 月中旬にかけては、グリニッジより東側で PSCs が観測されており、特に 3 月では、東経 120 度付近で観測されていた。また、1 月は 22km 付近、2 月は 20km 付近、3 月は 18km 付近を中心に、PSCs が観測されており、1 月から 3 月にかけて、PSCs 観測高度がしだいに低高度に遷移していくという特徴が見られた。これは極渦の移動と連動して低温域が低高度に遷移したためであると考えられる。

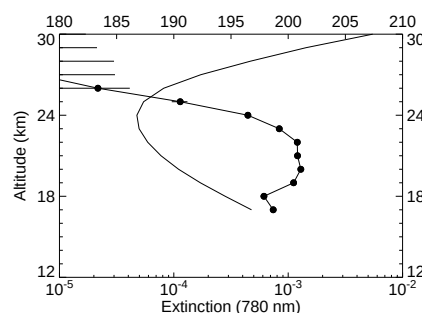


図 1: 典型的な PSC 消散係数 プロファイル (エラーバーつき)、UKMO 気温プロファイルを示している。黒丸は “PSC イベント” を表している。

3 PSCs 理論値との比較

熱力学モデルをもとにした Carslaw の理論式 [Carslaw *et al.*, 1995] を援用して、PSCs の組成を STS と仮定した時に理論的に期待される粒子体積を計算した。粒径分布を仮定し (opc データを使用)、気温依存性を考慮して複素屈折率を与え [Luo *et al.*, 1996; Beyerle *et al.*, 1997]、Mie 散乱理論をあてはめて、粒子体積を $0.78\mu\text{m}$ エアロゾル消散係数に変換し、ILAS のエアロ

ゾルデータと比較している。また、STS 粒子に取り込まれた後に気相中に残存する硝酸割合を計算し、ILAS の硝酸データと比較した。計算に必要な硝酸全量混合比、水蒸気全量混合比は ILAS データより求めたバックグラウンド平均値を、大気中の硫酸量は ILAS データから推定した値を用いた。また、*Hanson and Mauersberger* [1988]、*Worsnop et al.* [1993] の実験値の近似式を用いて、NAT、NAD と平衡状態となるとき硝酸蒸気圧を計算し、硝酸データと比較した。さらに、NAT、NAD と平衡状態となるときの大気中の硝酸量とバックグラウンド硝酸量との差が粒子中に取り込まれている硝酸量であるとみなして、NAT、NAD の体積を計算し、エアロゾルデータと比較した。

4 結果

図 2 は、97 年 1 月中旬高度 23km での消散係数データ、硝酸データの散布図を示したものである。PSCs と判定されたデータの多くは STS 理論曲線によく合っており、この時期 ILAS で STS が観測されていたことが示唆される。また、PSCs の組成に関しては、観測時の気温だけでなく、粒子が経験した気温履歴も重要であるとされているので [Tabazadeh et al., 1995]、これらのデータについて気温履歴を調べたところ、理論的に液相粒子が形成されると考えられる気温履歴を持つものが多く見られた。他の時期、高度についても同様の解析を行なったところ、STS の場合ほど顕著な特徴はないものの、NAD が観測されていたことを示唆するデータも見られた。

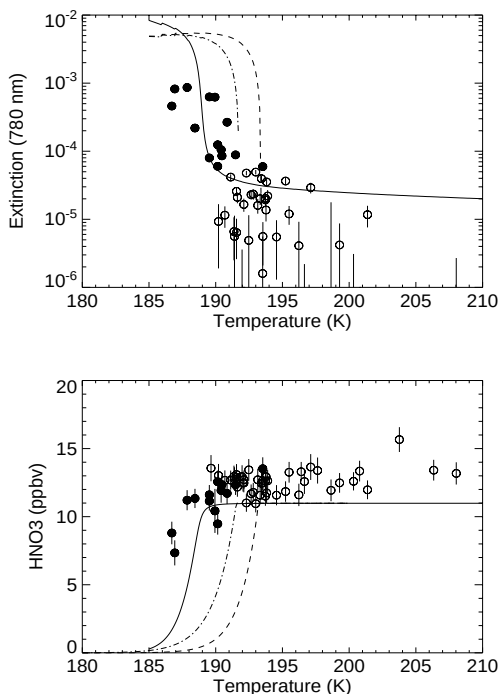


図 2：1997 年 1 月中旬高度 23km での消散係数 (上)、硝酸 (下) の散布図。ILAS データにはエラーバーもあわせて示してある。黒丸は“PSC イベント”を表している。実線、破線、一点破線はそれぞれ計算した STS、NAT、NAD 理論曲線を示している。

5 まとめ

本研究では、ILAS のエアロゾル消散係数データを用いて、1997 年冬季北極域に観測された PSCs の時間・空間分布を示した。エアロゾルデータ、硝酸データと、PSCs の組成を STS、NAT、NAD と仮定したときの理論計算の結果とを比較し、そのデータの気温履歴を調べることで、ILAS でこの時期、STS、NAD が観測されていたことがわかった。

文献

- 1) Beyerle, G., B. Luo, R. Neuber, T. Peter, and I.S. McDermid: Temperature dependence of ternary solution particle volumes as observed by lidar in the Arctic stratosphere during winter 1992/1993, *J. Geophys. Res.*, 102 (D3), 3603-3609, 1997.
- 2) Carslaw, K. S., B. Luo, and T. Peter: An analytic expression for the composition of aqueous $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ stratospheric aerosols including gas phase removal of HNO_3 , *Geophys. Res. Lett.*, 22 (14), 1877-1880, 1995.
- 3) Hanson, D., and K. Mauersberger: Laboratory studies of the nitric acid trihydrate: Implications for the south polar stratosphere, *Geophys. Res. Lett.*, 15 (8), 855-858, 1988.
- 4) Hayashida, S., N. Saitoh, A. Kagawa, T. Yokota, M. Suzuki, H. Nakajima, and Y. Sasano: Arctic Polar Stratospheric Clouds Observed with the Improved Limb Atmospheric Spectrometer during the Winter of 1996/1997, *J. Geophys. Res.*, 2000.
- 5) Luo, B., U. K. Krieger, and T. Peter: Densities and refractive indices of $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}$ solutions to stratospheric temperatures, *Geophys. Res. Lett.*, 23 (25), 3,707-3,710, 1996.
- 5) Nash, E. R., P. A. Newman, J. E. Rosenfield, and M. R. Schoeberl: An objective determination of the polar vortex using Ertel's potential vorticity, *J. Geophys. Res.*, 101 (D5), 9,471-9,478, 1996.
- 6) Tabazadeh, A., O.B. Toon, and P. Hamill: Freezing behavior of stratospheric sulfate aerosols inferred from trajectory studies, *Geophys. Res. Lett.*, 22 (13), 1725-1728, 1995.
- 7) Worsnop, D. R., L. E. Fox, M. S. Zahniser, and S. C. Wofsy: Vapor pressures of solid hydrates of nitric acid: Implications for polar stratospheric clouds, *Science*, 259, 71-74, 1993.