

# 2009年冬季ニーオルスン上空でライダー・エアロゾルゾンデにより 観測した固体PSCの形成過程について

## Formation process of solid PSCs detected by lidar and aerosol sonde over Ny-Ålesund in the winter of 2009

○白石浩一<sup>1</sup>、中島英彰<sup>2</sup>、村田功<sup>3</sup>、富川喜弘<sup>4</sup>、佐伯浩介<sup>2</sup>、大矢麻奈未<sup>5</sup>  
○Koichi Shiraishi<sup>1</sup>, Hideaki Nakajima<sup>2</sup>, Isao Murata<sup>3</sup>, Yoshihiro Tomikawa<sup>4</sup>,  
Kousuke Saeki<sup>2</sup> and Manami Ohya<sup>5</sup>

<sup>1</sup>福岡大学、<sup>2</sup>国立環境研究所、<sup>3</sup>東北大学、<sup>4</sup>国立極地研究所、<sup>5</sup>筑波大学  
<sup>1</sup>Fukuoka University, <sup>2</sup>National Institute for Environmental Studies,  
<sup>3</sup>Tohoku University, <sup>4</sup>National Institute of Polar Research, <sup>5</sup>Tokuba University

### Abstract

Observation of polar stratospheric clouds (PSCs) using Mie-scattering lidar, and Balloon-borne Optical Particle Counter (OPC) were performed at Ny-Ålesund, Norway (79N, 12E) in 2009/2010 winter. PSCs of low number density NAT mixture (referred to as Mix1) and ternary solution droplet (referred to as STS) were frequently detected between December 29, 2009 and January 5, 2010. On January 8 - 11, 2010 PSCs of high number density NAT mixture (referred to as Mix2) were detected. OPC was carried out on January 8, 2010. The size distribution of PSCs detected by OPC at the height of 21-22km showed clearly bi-mode. Results of space borne lidar CALIPSO on January 8<sup>th</sup>, 2010 showed the solid PSC layer was expanded horizontally to 3000 km from Greenland to Novaya Zemlya, Russia and was significantly affected by the mountain lee wave over Greenland. PSCs "Mix2" detected by our observations might be also affected by the mountain lee wave.

### 1. はじめに

極成層圏雲(Polar Stratospheric Clouds, 以後 PSCs)は、その粒子表面上での不均一反応による塩素原子の活性化や脱窒過程を通して、オゾン層破壊の重要な役割を担っていると考えられている。1990年代の精力的な研究により、PSCの組成、形成プロセス等について、ある程度知見は得られている。しかしながら、固体PSCの組成や形成プロセスには、未だ不明な点が多く残っている。2011年春季の北極域のオゾン減少は、過去最大を記録した。現在もなお、オゾン破壊は注目された問題であり、定量・定性的に評価するうえで、固体PSCの問題は、重要な課題となっている。

我々は、PSCの組成や形成過程、PSCsのオゾン破壊への影響の程度を調べるため、ノルウェー・ニーオルスン(79N,12E)において、低分解能フーリエ変換赤外分光(FTIR)、エアロゾルゾンデ(OPC)、ライダーを用いたPSCsの観測を2009年冬季に実施した。

本発表では、2009年冬季、ライダーとエアロゾルゾンデにより観測したPSCの結果について、観測されたPSCの生成過程の可能性も含めて、報告する。

## 2. ライダーシステムとエアロゾルゾンデ

観測に使用したライダー装置は、光源に YAG レーザーの 1064nm、532nm を利用した。受信系は、口径 35cm のシュミットカセグレン望遠鏡で集光し、532nm の射出したレーザー光の偏光面に対して平行成分と垂直成分、1064nm の成分に分けて測定した。計測は、フォトンカウント法で行った。

観測に使用したエアロゾルゾンデは、光源に半導体レーザー(780nm)を使用し、光軸交角 60 度集光半角 88 度の側方散乱型エアロゾルゾンデである。粒子数濃度は、8 段階に分けて( $r > 0.15, 0.25, 0.4, 0.6, 1.0, 1.5, 2.5, 3.5 \mu\text{m}$ )、計測を行った。

ライダー観測は 2010 年 12 月 29 日から 2011 年 1 月 11 日にかけて行った。エアロゾルゾンデによる粒径分布観測は、2010 年 1 月 8 日に実施した。

## 3. ライダーで観測した PSCs の光学特性と温度履歴解析

図 1(a)-(i)には、2009 年冬季ライダーで検出した PSCs の散乱比( $R$ )、エアロゾル偏光解消度( $\delta_M$ )を  $\delta_M-1/R$  座標系でプロットしている(Pitts et al., 2009)。参考として図 1(m)には、Pitts et al., (2009)により分類された PSC のタイプについて示している。ライダー観測は、2009 年 12 月 29 日から 2010 年 1 月 11 日にかけて実施した。12 月 29 日-1 月 5 日には、PSC Mix1 を頻繁に検出した。Mix1 は、数濃度の低い固体粒子が液滴粒子と外部混合した PSC であると考えられている。1 月 1 日から 1 月 5 日にかけて Mix1 に加えて、STS が頻繁に検出された。STS は液滴粒子が主体となる PSC であり、温度が水の氷結温度近くに達した時に、このタイプの PSC が頻繁に観測された。また、1 月 8 日以降は、PSC Mix2 を頻繁に検出した。Mix2 は、高い数濃度の固体粒子が液滴粒子と外部混合した PSC である。

図 2 には、観測期間中に検出した PSC “Mix1”、“STS”、“Mix2”に対して 14 日間の等温位バックトラ

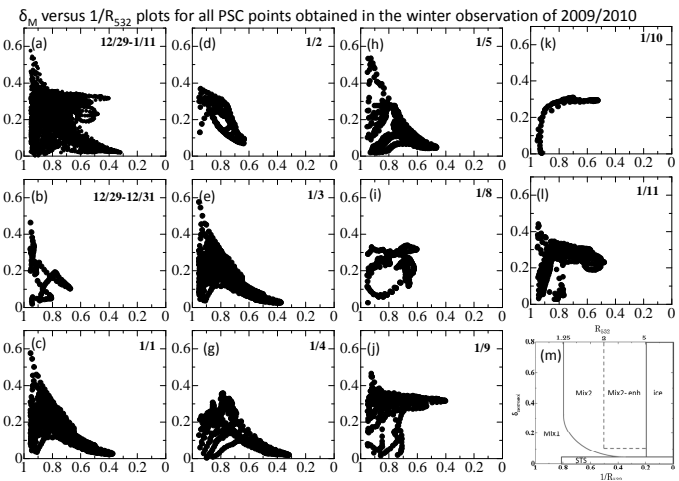


Fig.1 All PSC points during the observation of winter of 2009 in the  $\delta_M$  vs  $1/R$  coordinate system.

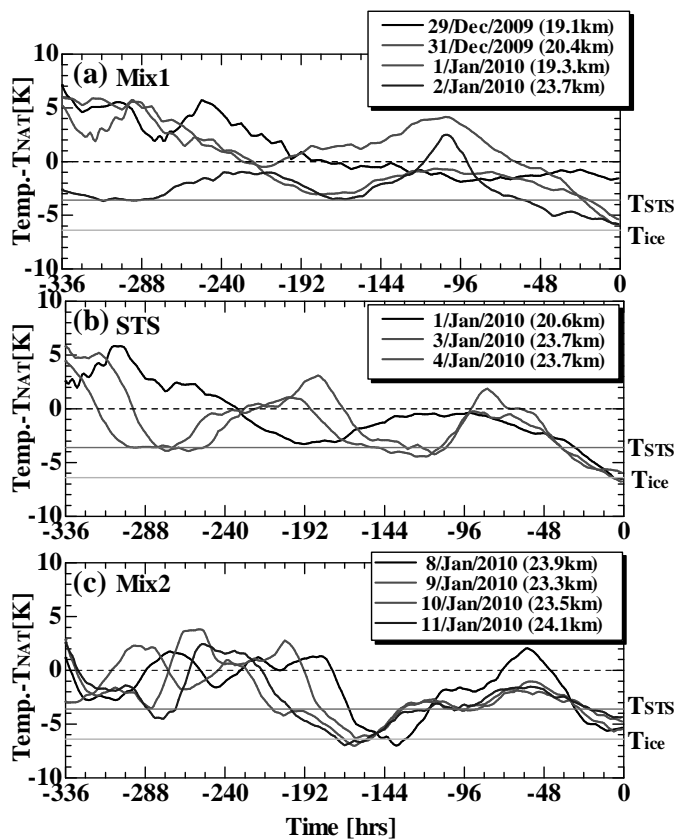


Fig.2 Temperature histories for (a) Mix1, (b) STS and (c) Mix2 PSCs detected by lidar.

ジェクトリー解析を行った結果を示す。NATの平衡温度( $T_{NAT}$ )は、硝酸蒸気 10ppbv、水蒸気 5ppmvの混合比を仮定して計算を行った。Mix1の温度履歴については、 $T_{NAT}$ よりも低い温度を観測前に数日~1週間くらい経験しているものの、明確な温度履歴の傾向は見られていない。STSは、それを含む空気塊の気温が、観測直前に水の  $T_{ice}$  近くまで低下していたことが特徴としてあげられる。また、観測した Mix2 のほとんどが、過去に  $T_{ice}$  以下の温度を経験していた。

#### 4. OPCにより検出した Mix2 PSCの粒径分布

図3には、エアロゾルゾンデにより観測した高度 21-22km でのエアロゾルの粒径分布を示す。さらに、OPCで測定した粒径分布に2山の対数正規分布をフィッティングした結果も同時に示している。観測した粒径分布は、明確な2山モードを示していた。大きいモードは中心半径が  $2.76 \mu\text{m}$  であり、広い分布幅(2.2)をもつ。総粒子数は、 $7 \times 10^3 \text{ particles/m}^3$  である。この値は、Mix1で報告されている固体粒子の数濃度 ( $10^3 \text{ particles/m}^3$  以下、Pitts et al.,(2009))よりも大きい値を示していた。OPC測定時のライダー観測では、21km から 24km にかけて Mix2 PSC を観測していた。この大きいモードの粒径分布が PSC によるものであれば、Mix2 の特徴を明確に示していることがわかる。

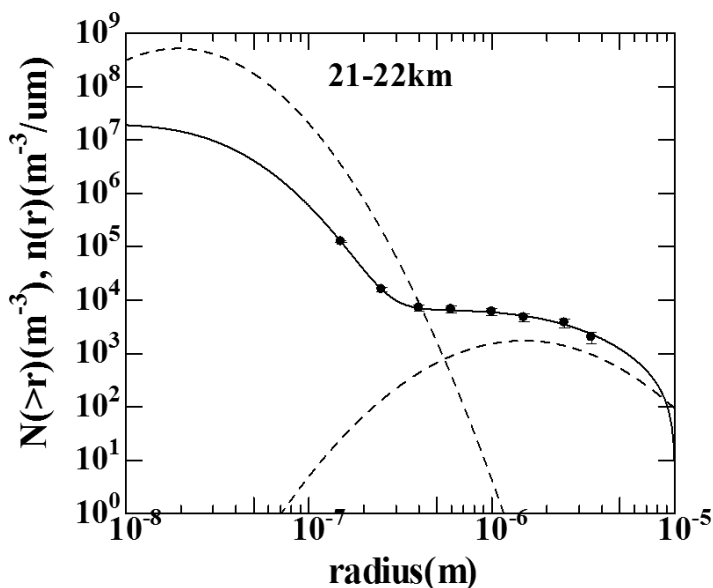


Fig. 3 Size distributions of aerosol at the height range of 21 - 22 km obtained fitting with the result of OPC observation on January 8, 2010. Solid line shows integrated particle number concentration. Dotted line shows differential particle size distribution.

#### 5. 2010年1月8日にCALIPSOにより観測した固体PSC

OPC観測と同じ日に、スバルバル上空を通過した衛星搭載ライダーCALIPSOでも固体PSCが検出されていた。図4には、CALIPSOによる2010年1月8日7時50分から8時10分(UT)にかけて観測した散乱比(a)、偏光解消度(b)の結果を示す。この時CALIPSOは、ロシアのノヴァヤゼムリヤ上空からスバルバル上空を經由し、グリーンランド北部を通過していた。グリーンランドからノヴァヤゼムリヤにかけて偏光解消度の増加を伴ったPSCを高度20-25kmの高度域で検出した。これは、固体PSCが水平距離にして約3000kmの広い空間に分布していたことを意味する。また、グリーンランド北部空(西経15-65度)では、とりわけ高い偏光解消度が検出されている。こ

これは、検出した PSC がグリーンランド上空で山岳波の影響を受けていることを示唆している。空気塊がジェット気流によって、西へと輸送されることを考えると、グリーンランドからロシア上空まで広がったパッチ状の固体 PSC 層は、グリーンランド上空で山岳波の影響を強く受けている可能性がある。我々の観測により検出した PSC Mix2 を含む空気塊は、ほとんどが、グリーンランド上空を観測の約 1 日前に通過していた。また、CALIPSO ライダーでもこの時期にグリーンランド上空で山岳波の影響を受けた可能性のある PSC を頻繁に検出しており、観測した Mix2 PSC の多くが山岳波の影響を強く受けていることが予想された。

## 6. 結論

2009 年冬季ニーオルスンにおいてライダーと OPC による PSCs の光学特性と粒径分布の観測を行った。ライダー観測は、2009 年 12 月 29 日から 2010 年 1 月 11 日にかけて実施された。12 月 29 日-1 月 5 日には、PSC Mix1 と STS を検出した。1 月 8 日以降は、PSC Mix2 を頻繁に検出した。1 月 8 日に実施した OPC 観測では、明確な 2 山モードの PSC の粒径分布を計測する事が出来た。CALIPSO ライダーの観測から、我々が観測した PSC Mix2 は、グリーンランド上空で山岳波の影響を強く受けている可能性が示唆された。発表では、OPC により観測した PSC Mix2 の粒径分布の詳細や、CALIPSO ライダーの観測結果との比較解析も踏まえ、検出した固体 PSC の形成過程について検討する予定である。

## 参考文献

Pitts, M.C, L. R. Poole and L. W. Thomason., 2009. CALIPSO polar stratospheric cloud observations: second-generation detection algorithm and composition discrimination, *Atmos. Chem. Phys.*, 9, 7577-7589.

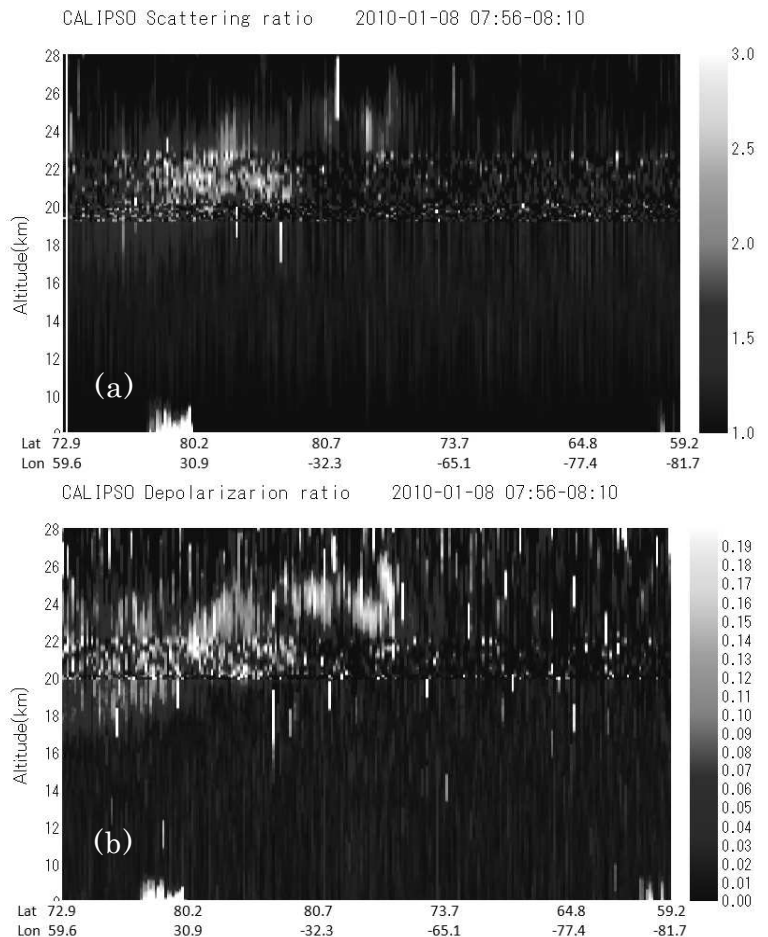


Fig.4 Image of (a) scattering ratio and (b) depolarization ratio obtained by CALIPSO at 0750 – 0810UT on January 8, 2010.