

2009 年冬季、スバルバル上空でエアロゾルゾンデ、ライダーにより観測された Mix2 PSC の形成過程

白石浩一¹、中島英彰²、村田功³、佐伯浩介³、富川喜弘⁴
¹福岡大学、²国立環境研究所、³東北大学、⁴国立極地研究所

Formation process of PSC Mix2 detected by aerosol sonde and lidar over Ny-Aalesund in the winter of 2009

Koichi Shiraishi¹, Hideaki Nakajima², Isao Murata³, Kosuke Saeki³, Yoshihiro Tomikawa⁴
¹Fukuoka University, ²National Institute for Environmental Studies, ³Tohoku University,
⁴National Institute of Polar Research

The observations of polar stratospheric clouds (PSCs) using Fourier-Transform Infrared Spectrometer (FTIR), Mie-scattering lidar, and Balloon-borne Optical Particle Counter (OPC) were carried out at Ny-Ålesund, Norway (79N, 12E) in three winters of 2008-2010. In the winter of 2009/2010, solid PSCs were frequently detected by lidar and OPC. Solid PSCs classified into "Mix 2" were detected by lidar and OPC on January 8, 2010. The results of trajectory analysis for the detected PSCs and the comparable analysis with measurement of PSCs by CALIPSO lidar suggests that the detected solid PSCs formed over Greenland or the east side of Greenland and might be influenced by mountain lee waves over the Greenland.

1. はじめに

極成層圏雲(Polar Stratospheric Clouds, 以後 PSCs)は、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、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。近年両極域で春季顕著なオゾン層破壊が報告されており、オゾン破壊を定量・定性的に評価するうえで、固体PSCの形成プロセスを明らかにすることは、重要な課題となっている。

我々は、PSCsの組成や形成過程、PSCのオゾン破壊への影響の程度を調べるために、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2008~2010年冬季に実施した。2009年冬季観測(2009年12月29日~2010年1月11日)では、ライダーにより頻繁に固体PSCsを検出した。2010年1月8日には、Mix2に分類できる高い数濃度の固体PSCsをライダーとOPCにより同時に観測した。検出したPSCのトラジェクトリー解析、CALIPSOライダーとの比較を行った結果、観測された固体PSCは、グリーンランド上空または大陸の西側で形成している可能性が強いことが示唆された。発表では、CALIPSOライダーとの比較解析の結果を中心に、固体粒子の形成過程について山岳波の影響を含めて検討した結果について述べる。

2. 観測装置とCALIPSOデータ

観測に使用したOPCは、光源に半導体レーザー(780nm)を使用した側方散乱型エアロゾルゾンデを使用した。粒子は、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。また、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。解析は、Shibata et al., (1996)のインバージョン法を用いて、2波長のエアロゾル後方散乱係数を導出した。

CALIPSOデータについては、Level 1B Ver3.01の減衰補正なし後方散乱係数からFernaldのインバージョン法(Fernald, 1984)により532nmでのエアロゾル後方散乱係数を導出した。

3. 結果と考察

図1に、2010年1月8日にエアロゾルゾンデで観測した高度21-22kmでのエアロゾルの粒径分布を示す。エアロゾルゾンデの観測とほぼ同時帯に実施したライダー観測では、高度20kmから25kmにかけてMix2に分類される固体PSCを検出していた。粒径分布は、明確な2山分布を示し、固体粒

子からなると考えられる大きいモードは広い分布幅を示し、Mix2の特徴とよく一致していた。

図2には、客観解析データ JRA25 を用いて推定した、検出した PSC を含む空気塊のバックトラジェクトリー解析の結果(軌跡マップ)を示す。固体 PSC を含む空気塊は、観測の1日前に、グリーンランド上空を通過していた。また温度履歴は、観測の6-7日前の、空気塊がグリーンランド上空を通過する以前に、水の氷結温度よりも数度低い温度を経験していたことを示した。

図3には、OPCの観測時刻に近い CALIPSO ライダーの観測結果を示す((a)散乱比、(b)偏光解消度)。CALIPSO ライダーでは、グリーンランド上空から東側のロシアのノバヤ・ゼムリヤ島上空にかけて、偏光解消度の高い(0.1-0.18)、固体 PSC を検出していた。これは水平スケールとして、約 3000km の広い領域で固体粒子が分布していたことを意味する。グリーンランドの北西岸では、偏光解消度の高い PSC はほとんど検出されていない。また、OPC で検出した固体 PSC を含む空気塊がグリーンランドの北西岸に位置した時も、CALIPSO ライダーでは、偏光解消度の増加は検出していなかった。これは、ライダーとエアロゾルゾンデで検出した固体 PSC がグリーンランド上空または、大陸の東側の領域で形成された可能性が強いことを示唆している。

2009 年冬季のニーオルスンでの観測の期間、CALIPSO ライダーでは、図3に示すようなグリーンランド上空からスバルバル諸島やロシアのノバヤ・ゼムリヤ島上空にかけて、広域に固体粒子が分布しているケースを頻繁に観測していた。これは、グリーンランド上空での山岳波等の温度擾乱が固体粒子の生成に強く影響を与えている結果ではないかと思われた。

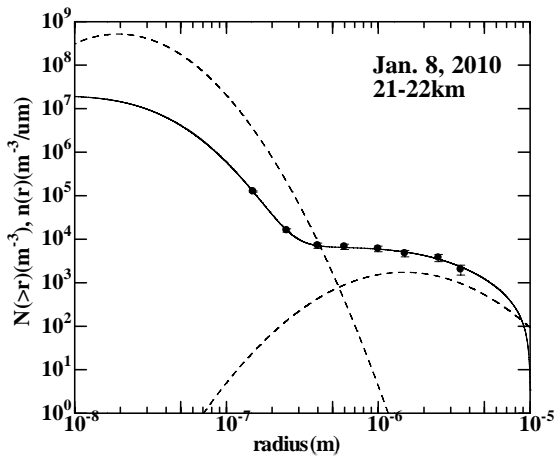


Figure 1 Size distribution at the height of 21-22km observed by aerosol sonde on January 8, 2010.

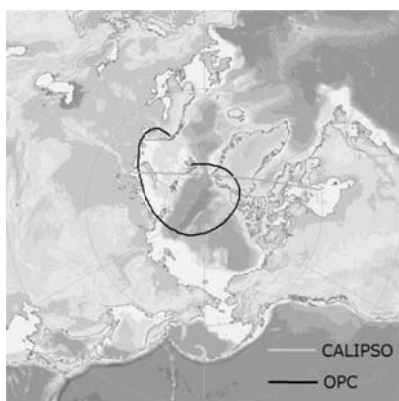


Figure 2 Horizontal cross section of trajectory map for the air mass at 21.5km observed by OPC and CALIPSO orbit track at 0756-0810UT on January 8.

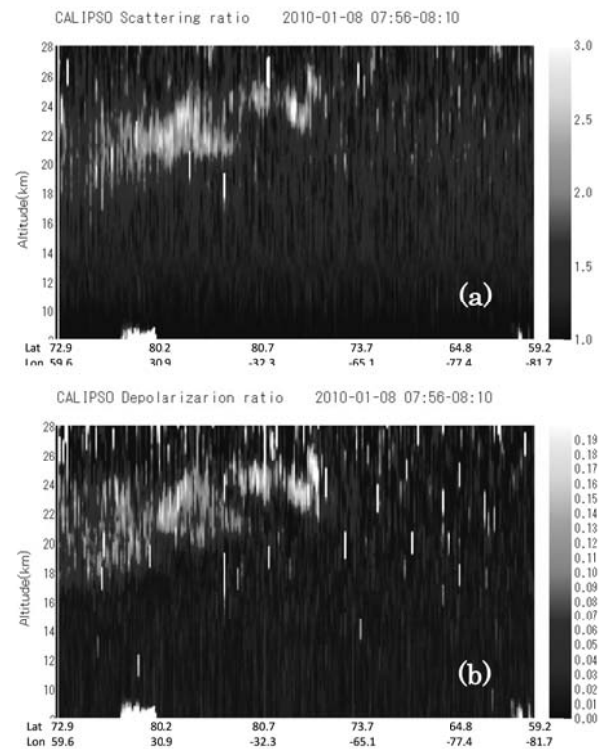


Figure 3 Image of (a) scattering ratio and (b) atmospheric depolarization ratio obtained by CALIPSO at 0750 – 0810UT on January 8, 2010.