

1997-2010 年に昭和基地で観測された南極ヘイズ

原圭一郎¹、長田和雄²、林政彦¹、矢吹正教³、塩原匡貴⁴、森本真司^{4,5}、山内 恭⁴

¹福岡大理学部・²名古屋大院・環境学・³京都大・生存圏研

⁴極地研・⁵東北大

Antarctic Haze observed at Syowa Station, Antarctica in 1997-2010

K. Hara¹, K. Osada², M. Hayashi¹, M. Yabuki³, M. Shiobara⁴, S. Morimoto^{4,5}, and Takashi Yamanouchi⁴

¹Fukuoka Univ., ²Nagoya Univ., ³Kyoto Univ., ⁴NIPR, ⁵Tohoku Univ.

Remarkable aerosol enhancement phenomena (Antarctic haze) have been observed at Syowa Station, Antarctica, in spite of isolation from the other continents in mid-latitudes. To elucidate seasonal features and vertical features of Antarctic haze, aerosol monitoring data taken by OPC, CPC, and MPL were analyzed in this study. Aerosol enhancement near surface occurred twice – eight times a year (mean, 4.4 times a year) in 1997 – 2010. Typical duration of the phenomena was 20 – 60 hrs near surface at Syowa Station. MPL data indicated that aerosol enhancement was identified mostly in boundary layer – lower free troposphere (<2.5 km) and observed slightly in middle troposphere (3 – 5 km). Antarctic haze was often observed during July through October near surface and upper boundary layer – free troposphere. Relation between aerosol enhancement and gaseous atmospheric species such as CO₂, CO, and O₃ was also investigated in this study.

【はじめに】 南極域は、人間活動が盛んな他大陸から隔離された環境下であるため、北極域で観測されるようなヘイズ現象は出現しないと考えられていた。ところが、JARE45-47 のエアロゾル集中観測により、南極昭和基地においてヘイズ現象が観測された(Hara et al., 2010)。僅か3年間の観測データではあったが、地上近傍のヘイズ現象に関しては基礎的な物理的・化学的特性に関する知見を得ることができた。また、上空のヘイズ出現状況については、JARE38 の航空機観測 (Yamanouchi et al., 1999)、JARE45 のエアロゾルゾンデ観測 (Hara et al., 2010)、JARE46 の係留気球によるエアロゾル観測 (Hara et al., 2011a, 2013) で、奇跡的に地上から自由対流圏下層での数濃度と組成の鉛直分布を捉えることができたが、自由対流圏でのヘイズ出現状況を把握するには十分ではない。また、複数の越冬経験者も越冬中に南極ヘイズに対応すると思われる低視程現象を確認しており(私信)、以前から出現していた現象のようである。本研究では、「南極ヘイズ」の特性とその影響について、特に知見が不足している点：(1)過去のヘイズ出現状況と出現季節の変化、(2)上空での南極ヘイズ出現状況、(3)ガス成分と南極ヘイズとの関連について理解することを目的とし、過去のモニタリングデータの解析及び新たな観測データの解析を行った結果を報告する。

【観測・データ】 地上近傍の南極ヘイズの抽出には、JARE38 から昭和基地においてエアロゾルモニタリング観測として実施された OPC (Optical particle counter)、CNC (Condensation nuclei counter)のデータを使用した。解析対象とした期間は、1997-2010 年である。局所汚染のデータは、気象データ(風向・風速)と CN 濃度を基にして解析データから取り除いた。昭和基地上空のヘイズ出現状況を解析するために、モニタリング観測として設置された MPL (Micro-pulse LIDAR)のデータを使用した。MPL データの解析期間は、2007-2012 年である。ヘイズ時の南極圏外からの輸送の影響を見るために、昭和基地のモニタリング観測の一部である CO₂,CO 濃度(極地研・東北大)とも比較を行った。また、エサロメータを用いた BC (Black Carbon)の観測データ(JARE46-47, 49~)も比較対象とした。Hara et al. (2010) では、ヘイズ時に同期して O₃ 濃度の減少も観測されたことから、O₃ の連絡観測データ(気象庁)とも比較を行った。

【結果と考察】 Fig.1 に JARE48 に得られた D_p>0.3μm のエアロゾル数濃度の頻度分布を示す。一般に強風・荒天時には地吹雪状態のため、地上近傍のエアロゾル数濃度は増加する傾向がある。荒天時はヘイズ判定が困難ため、強風時のデータは、ヘイズ判定からは棄却した。Fig.1 に示す様に、局所汚染を取り除いた全データの分布と比較すると、比較的穏やかな天候となる風速 5m/s 以下では、高濃度側の分布が著しく減少する。同様の傾向は他の年でも得られていた。ヘイズ現象を抽出するために、本研究では、D_p>0.3μm の個数濃度を指標として用い、ヘイズ判定の閾値は 10⁴ L⁻¹とした。この値は、弱風時(<5 m/s) の 98%値に対応しており、この閾値は際立った高濃度を抽出するには適当な値だろう。Fig.2 にこの閾値を基に、抽出したヘイズ現象の月別出現頻度を示す。1997-2010 年の間では、

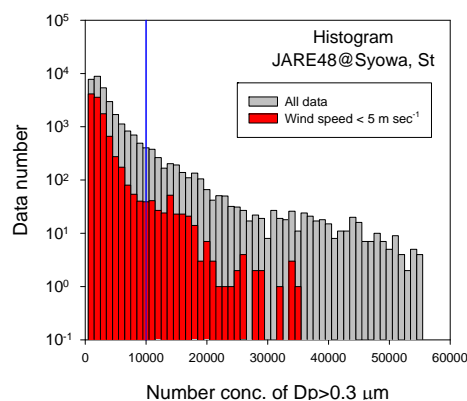


Figure 1. Histogram of the aerosol number concentration in D_p>0.3 μm at Syowa Station during JARE48.

7-10月にヘイズ現象が観測されることが多かった。Hara et al. (2010, 2011b, 2013)に示した様に、ヘイズ時には、全粒径域で海塩粒子が卓越していたことや海水起源の海塩粒子も混合していたことを考慮すると、南極ヘイズ現象は海水の張り出しの季節変化と海塩粒子の海水からの放出と関連していることが示唆される。

昭和基地上空のヘイズ層出現を解析するために、高度 6km 以下の MPL データから雲・降水・飛雪時のデータの抽出を試みた。一般に、雲・降水・飛雪出現時には、後方散乱比 (ABR) が大きな値を取り、空間的不均一性から標準偏差も大きくなる傾向がある。Fig.3 に示す様に、標準偏差が 0.1 以上になると ABR が急増する傾向が得られたため、標準偏差が 0.1 以上のデータは、雲・降水・飛雪が出現したデータとして、解析から除外した。標準偏差が 0.1 以下では、ほとんどの ABR は 1-1.5 に分布しており、昭和基地上空は非常に清浄な状態であることを示している。本研究では、ABR の値が 1.7 をヘイズ層抽出の閾値とした。この閾値を用いて抽出した高度 1000m におけるヘイズ層出現頻度の季節変化を Fig.4 に示す。年によって出現時間は多少異なるが、6-10 月にかけて頻度が高い傾向が得られ、地上近傍のヘイズ出現状況と非常によく一致していた。上空のヘイズ層でも、海水起源の海塩粒子の分散が寄与していることが伺える。Fig.5 に示す様に、約 1.5 km 以下の高度でヘイズ層出現頻度が高かった。7-9 月の境界層高度は数百 m 程度のことが多いため、境界層～自由対流圏下部でヘイズが出現していることが示唆される。また、2.6 km 辺りまでは比較的頻繁にヘイズが観測されていたが、高度 3~4 km では、高 ABR を示す層が時折確認されることがあるものの、下層と比べるとその頻度は極めて少なかった。4 km 以上では高 ABR を示すデータの出現する頻度は極めてまれであり、南極ヘイズは主に高度 2.6 km 以下で出現するようである。出現高度は過去の事例解析結果と良い一致を示していた。当日は、ガス・BC データも併せて報告を行う予定である。

References

- K. Hara, K. Osada, M. Yabuki, G. Hashida, T. Yamanouchi, M. Hayashi, M. Shiobara, C. Nishita-Hara, and M. Wada, Haze episodes at Syowa Station, coastal Antarctica: Where did they come from?, *J. Geophys. Res.*, 115, D14205, doi:10.1029/2009JD012582, 2010.
- K. Hara, K. Osada, C. Nishita-Hara, and T. Yamanouchi, Seasonal variations and vertical features of aerosol particles in the Antarctic troposphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5471-5484, doi:10.5194/acp-11-5471-2011, 2011a.
- K. Hara, K. Osada, C. Nishita-Hara, M. Yabuki, M. Hayashi, T. Yamanouchi, M. Wada, and M. Shiobara, Seasonal features of ultra-fine particle volatility in coastal Antarctic troposphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 9803-9812, doi:10.5194/acp-11-9803-2011, 2011b.
- K. Hara, K. Osada, and T. Yamanouchi, Tethered balloon-borne aerosol measurements: Seasonal and vertical variations of aerosol constituents over Syowa Station, Antarctica, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 9119-9139, doi:10.5194/acp-13-9119-2013, 2013.
- Yamanouchi, T., Wada, M., Fukatsu, T., Hayashi, M., Osada, K., Nagatani, M., Nakata, A., and Iwasaka, Y.: Airborne observation of water vapor and aerosols along Mizuho route, Antarctica, *Polar Meteorol. Glaciol.*, 13, 22-37, 1999.

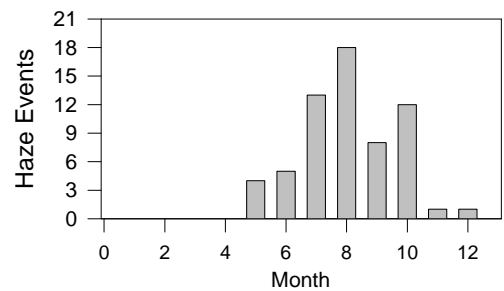


Figure 2. Seasonal feature of occurrence of Antarctic haze at Syowa Station in 1997 - 2010.

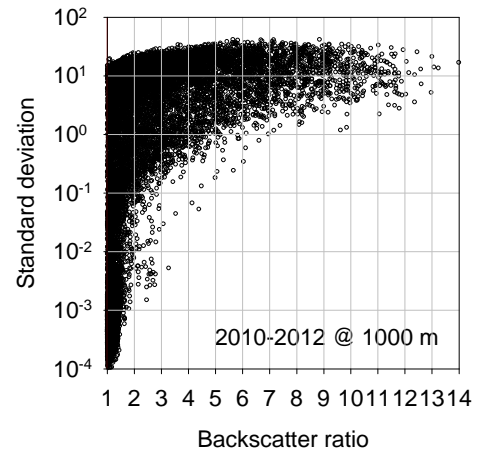


Figure 3. Relationship between hourly-mean aerosol backscatter ratio and standard deviation at 1000 m a.s.l. in 2010 - 2012.

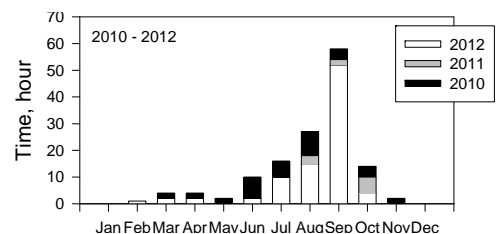


Figure 4. Seasonal feature of occurrence of Antarctic haze at 1000 m a.s.l. over Syowa Station in 2010 - 2012.

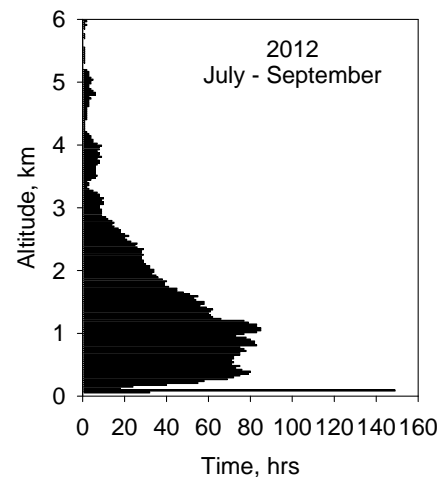


Figure 5. Vertical feature of appearance of haze layer during July through September over Syowa Station in 2010 - 2012.