

南極昭和基地で観測された Black carbon の変化

原圭一郎¹、長田和雄²、矢吹正教³、塩原匡貴⁴、山内 恭⁴
¹福岡大・理、²名古屋大院・環境学、³京都大・生存研、⁴極地研

Seasonal variations of black carbon at Syowa Station, Antarctica

K. Hara¹, K. Osada², M. Yabuki³, M. Shiobara⁴ and T. Yamanouchi⁴
¹Fukuoka Univ., ²Nagoya Univ., ³Kyoto Univ., and ⁴NIPR

Black carbon (BC) is one of important aerosol constituents because the strong light absorption ability. Low concentrations of aerosols and BC let BC make insignificant contribution to aerosol radiative forcing in the Antarctica at the moment. Because of less or negligible source strength of BC in the Antarctic circle, BC can be used as a tracer of transport from the mid-latitudes. This study aims to understand seasonal feature, transport pathway, and origins of black carbon in the Antarctic coats. Black carbon measurement has been made using a 7-wavelength aethalometer at Syowa Station, Antarctica since February, 2005. Mass BC concentrations were corrected from light attenuation by Weingartner's correction procedure (Weingartner et al., 2003) in this study. Detection limit was 0.2 - 0.4 ng/m³ in our measurement conditions (2-hour resolution and flow rate of ca. 10 LPM). BC concentrations ranged from below detection limit to 55.7 ng/m³ at Syowa Station, Antarctica during the measurements. No interannual trend has been observed since February, 2005. High BC concentrations were coincident with poleward flow from the mid-latitudes under the storm conditions by cyclone approach, whereas low BC concentrations were found in transport from coastal regions and the Antarctic continent. Considering that outflow from South America and Southern Africa affect remarkably air quality in the Southern Ocean of Atlantic and Indian Ocean sectors, BC at Syowa Station might be originated from biomass burning and human activity on South America and Southern Africa. Seasonal features of BC at Syowa Station shows maximum in September - October and lower in December - April. Spring maximum in September - October was obtained at the other Antarctic stations (Neumayer, Halley, South pole, and Ferraz). Although second maximum was found in January at the other stations, the maximum was not observed at Syowa Station.

【はじめに】 Black carbon (BC) は強い光吸収性を有するため、放射収支や放射強制力を議論する際に、非常に重要な大気微量成分の一つである。特に雪氷面の多い極域では、BC の雪氷表面への沈着により積雪表面のアルベド低下をもたらさう。北極圏は人間活動域に近いのに対し、南極域は人間活動から隔離された地域であり、南極圏内の BC 発生源は各観測基地での極めて小規模な人間活動、輸送や研究のための沿岸域における船舶や航空機の利用（主に夏季）に限定される。南極圏内での BC 発生強度は極めて小さいため、南極域で観測される BC のほとんどは、南極圏外からの輸送であると考えられ、南極域では BC を「長距離輸送のトレーサー」として使用できることが期待される。本研究では、南極沿岸部に位置する昭和基地での BC 濃度レベル、その変化と要因、中緯度域からの長距離輸送を理解するために実施した BC 観測結果について報告を行う。

【観測・分析】 南極昭和基地 (69°S, 39°E) における BC 連続観測には、多波長型エサロメータ(AE31, Magee Sci.) を用いて、2005 年 2 月から開始した。南極域では BC 濃度が低いため、外付けポンプを使用し、約 10 - 11 LPM の流量で BC 濃度観測を実施した。基地周辺での活動に伴う BC 局所汚染の影響は、CN 濃度 ($D_p > 10$ nm)、風向・風速データを使用して、BC データから取り除いた。また、本研究では、Weingartner et al. (2003)による補正方法に基づいて BC 濃度の補正を行った。室内実験による結果、本研究の観測条件での BC 濃度の解析時間分解能は 2 時間とし、BC 濃度の計測下限は 0.2 - 0.4 ng m⁻³ と見積もられた。

【結果と考察】 Fig.1 に 2005 年 2 月から 2014 年 12 月までに得られた昭和基地における日平均 BC 濃度変化を示す。観測期間中には、経年トレンドは確認されなかった。BC 濃度は、計測下限~55.7 ng/m³ (Average, 2.3 ng/m³; Median, 1.6 ng/m³)だった。12 - 2 月には、際立った BC のピークは稀で、BC 濃度は低めとなっていた。4-5 月以降、BC ピークが頻繁に出現するようになり、BC 濃度レベルが徐々に増加し、8 - 9 月頃に BC のバックグラウンドレベルが最大となる季節変化が明瞭に得られた。後方流跡線解析結果と比較すると、BC ピークは、低気圧接近に伴う荒天時にみられる中緯度海洋境界層から南極域への極向きの輸送に対応していることが多かった。一方、冬~春季に BC 濃度が低い場合は、南極沿岸域および南極大陸から輸送されることが多かった。大西洋やインド洋セクターの南大洋は、南アメリカやアフリカ南部からの大気流出の影響を強く受けていることを考慮すると(e.g., Gros et al., 1999; Ito et al., 2005; Edwards et al., 2006)、南米やアフリカ南部におけるバイオマス燃焼や人間活動が昭和基地で観測される BC の季節変化に大きく影響を与えていることが示唆される。

Daily-mean BC concentration @ Syowa Station, Antarctica
JARE46 (2005) - JARE55 (2014)

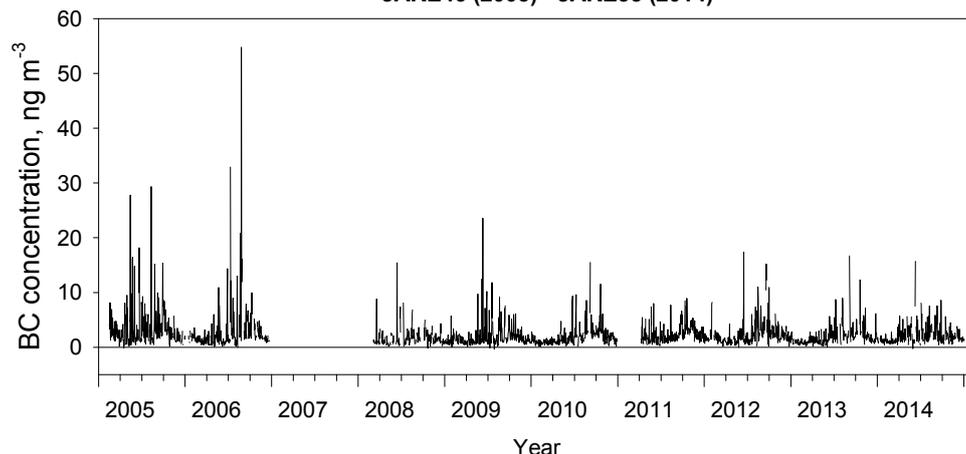


Figure 1 Seasonal features of daily-mean BC concentration ($\lambda=880$ nm) at Syowa Station, Antarctica in February, 2005 – December, 2014. BC measurements were not performed from January 2007 till mid-March, 2008. BC data in January – early-April, 2011 were removed from discussion due to mechanical trouble.

昭和基地の他に BC 連続観測は Neumayer (Weller et al., 2013)、Halley (Wolff and Cahier, 1998)、Ferraz (Pereira et al., 2006)、Amundsen-Scott (Hansen et al., 1988) で実施されている (いた)。昭和基地と緯度が近い Neumayer や Halley で観測された BC 濃度レベルは、昭和基地で得られた BC 濃度と非常に近い値が得られていた。極点 (90°S) に位置する Amundsen-Scott での BC 濃度は昭和基地、Neumayer, Halley で得られた濃度レベルと比べると数分の 1~1 桁低く、南極半島に位置する Ferraz の BC 濃度は数倍~1 桁程度高く、南極~南極周辺海域では、BC 濃度に強い緯度分布があることが示唆される。いずれの観測基地でも、得られた季節変化は春頃 (8-10 月) に極大を示す変化を示していた。Neumayer、Halley、Amundsen-Scott では 10 月に極大を示していたが、昭和基地では 8-9 月頃に極大となっていた。また、Neumayer、Halley、Ferraz、Amundsen-Scott では、1 月頃に 2 回目の極大あるいは高 BC 濃度が得られていたが、昭和基地では確認されていない。この違いは、寄与を与え得る BC 発生源・地域の違い、南極域への BC の輸送経路と関係していると思われる。

謝辞：Aethalometer 観測の保守・維持に協力していただいた各越冬隊員に感謝いたします。本研究は、科研費 (基盤 (B): No. 22310013、代表 原圭一郎; 基盤 (B): No. 15H02806、代表 原圭一郎) により実施されました。

References

- Edwards et al. (2006), Satellite-observed pollution from Southern Hemisphere biomass burning, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2005JD006655.
- Gros et al. (1999), Carbon monoxide short term measurements at Amsterdam island: estimations of biomass burning emission rates, *Chemosphere - Global Change Science*, 1, doi:10.1016/S1465-9972(99)00009-4.
- Hansen et al. (1988), Aerosol black carbon measurements at the South Pole: Initial results, 1986-1987, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/GL015i011p01193
- Ito et al. (2007), Seasonal and interannual variations in CO and BC emissions from open biomass burning in Southern Africa during 1998-2005, *Global Biogeochem. Cycles*, 21, GB2011, doi:10.1029/2006GB002848.
- Pereira et al. (2006), Apportionment of black carbon in the South Shetland Islands, Antarctic Peninsula, *J. Geophys. Res.*, 111, doi:10.1029/2005JD006086.
- Weingartner et al. (2003), Absorption of light by soot particles: determination of the absorption coefficient by means of aethalometers, *J. Aerosol Sci.*, 34(10), 1445-1463.
- Weller et al. (2013), Characterization of long-term and seasonal variations of black carbon (BC) concentrations at Neumayer, Antarctica, *Atmos. Chem. and Phys.*, doi:10.5194/acp-13-1579-2013.
- Wolff and Cachier (1998), Concentrations and seasonal cycle of black carbon in aerosol at a coastal Antarctic station, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/97JD01363.