

西シベリア・北極域におけるブラックカーボン航空機観測のための モデルデータ解析

2017 年 3 月 地球環境モデリング学分野 47156608 太田一世
指導教員 准教授 今須良一

キーワード：ブラックカーボン，エアロゾル，航空機観測，北極域，西シベリア

1. はじめに

地球温暖化をはじめとした気候変動は、主に人間活動に伴う環境の変化によって引き起こされる。特に、放射収支変化に影響を与える大きな要因の一つとして、エアロゾルが挙げられる。エアロゾルは多様な形態と、様々な化学的性質・影響を持つ微細な物質であるため、大気環境影響に対する不確実性が大きい (IPCC, 2013)。中でもブラックカーボン (以下 BC と略す) は可視光などを吸収するために正の放射強制力をもつとされており、加えて、雪氷面に付着することでアルベドを低下させ、氷河の融解を促進する性質がある。ゆえに BC は、極域、特に人為的発生源に近い北極圏においては大きな環境変動要因となり、高緯度帯での動態を明らかにすることは重要である。また、もう一つの背景として、ロシアにおける航空機観測が挙げられる。ロシアはその国土の北辺の大部分が北極域に面しており、北極域への BC 輸送の寄与率は大いと考えられる。今回、東京大学大気海洋研究所 (AORI) は、ロシア中央高層大気観測所 (CAO) との共同研究として、エアロゾルの航空機観測を行うこととなった (Imasu et al., 2014)。これを受け、本研究では数値モデルを用いたシミュレーションデータの解析を通して、ロシア、特に西シベリアの航空機観測が行われる地域での BC の濃度分布や輸送経路の時空間変動を明らかにする。本研究は AORI-CAO によるロシア航空機観測プロジェクトの初期段階に位置し、その発展に有用な基礎的情報を提供することを目的とする。

2. 手法

全球非静力大気モデル (NICAM) に、エアロゾル全球放射輸送モデル (SPRINTARS) と全球大気化学モデル (CHASER) を結合させた化学輸送モデルである NICAM-Chem のエアロゾルシミュレーションデータ (対象 2006 年) の解析を通して BC の時空間変動を明らかにする。このモデル出力データには、BC、硝酸塩、海塩、ダストといった各エアロゾルの濃度と光学的厚さ、気温や風速、降水フラックス等の気象情報などが含まれており、各種データを用いて、BC の濃度分布や水平輸送フラックス等を解析する。また、実際の航空機観測結果の分析とモデル内において仮想的に航空機観測を行うシミュレーションプログラムを作成し、航空機観測ルートの考察を行う。

3. 結果と考察

まず、西シベリアから北極域への BC 輸送の重要性を示す為に、BC の輸送量評価を行った。北極域周辺の領域別の合計気柱量を解析した結果、約 20% が西シベリアに分布し、北極域への BC 輸送量についても全経度帯からの総輸送量に対して 14% の寄与が

あることが示された。次に、BC の挙動の時空間変動を調べるために、高度平均水平輸送フラックス(AHFX)の解析を行った。その結果、西シベリア域周辺では「境界層から自由対流圏下部での複雑な輸送」と、「自由対流圏中上部でのヨーロッパ起源を中心とした東方向への輸送」という、二つの大きな輸送経路が存在していることが示唆された(図 1)。また、西シベリア域への BC の流出入を調べる為に、この地域を囲む三つの境界面における輸送特性の解析を行った。ヨーロッパからの BC 輸送に関しては流入が殆どで、特に高度 2000m 以下と 10000m 付近で卓越していることが分かった。南端での輸送に関しては、東経 55 度を中心に流出入が対称的にみられ、輸送量は地上付近で多かった。北極域との境界面においては、年間平均して流出(北極域への輸送)が卓越しており、その分布は東経 50 度より東側で最も大きく、高度 6000m 程度まで分布することがわかった。また、同境界面では 7 月に最も大きな流出があり、その他の月を含め、他の断面より高高度まで流出が起きているという特徴がみられた(図 2)。

また、実際の航空機観測の結果の解析と、モデル内での簡易的な航空機観測のシミュレートを行い、日時やルートの違いによる観測結果の差異を考察した。その結果、小規模な高濃度汚染塊については、短時間でその濃度が大きく変化するため、一度のフライト中に同地点を複数回観測することや、周囲の定常状態を把握することが重要であると考えられた。また、大規模な航空機観測においては、複数高度を観測するルートを数日規模で連続観測することの重要性が示唆された。

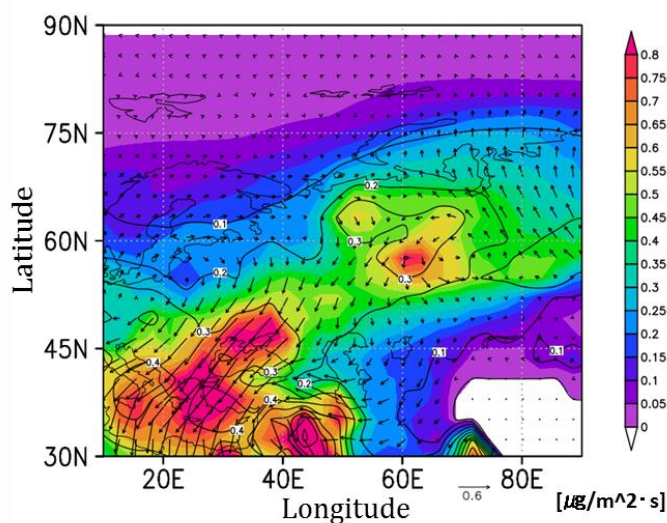


図 1

2006 年 7 月における地表から 2000m までの高度平均水平輸送フラックス(コンター: BC 高度 2000m までの平均濃度、ベクトル: AHFX の大きさと方向)

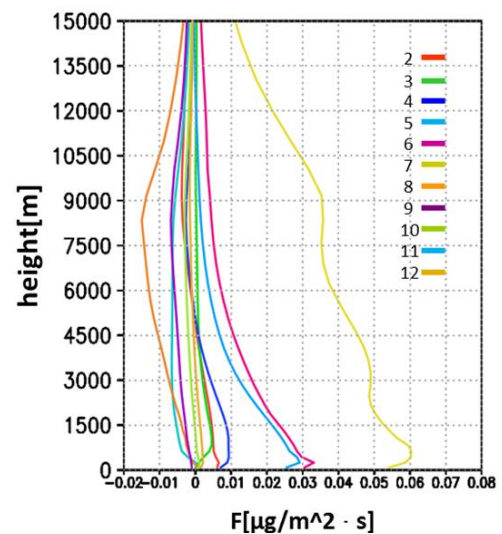


図 2

北緯 75 度境界面での BC 輸送高度依存性の月変化(F は BC 濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ ×南北風速 $[\text{m}/\text{s}]$)

引用文献

IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Chapter 7 Clouds and Aerosols.

今須良一, 青木周司, 町田敏暢, 松枝秀和, 澤庸介, 丹羽洋介, 村山昌平, Yu Borisov, B Danelyan, B Fomin, V Hattatov (2014), ロシア水文気象環境監視局の航空機による気体、粒子状物質の検証観測, 日本気象学会 2014 年秋季大会講演予講集, 154.

Analysis of model data for the aircraft observation of black carbon over west Siberia and Arctic region

Mar. 2017, Numerical Modeling for Global Environment Issues, 47156608 Issei Ota
Supervisor Associate Professor, Ryoichi Imasu

Keyword: Black carbon, Aerosol, Aircraft observation, Arctic region, West Siberia

1. Introduction

Aerosol is one of the major factors affecting the radiation balance of climate system. The uncertainty of the atmospheric environmental impacts by aerosols is significant (IPCC, 2013). Black carbon (abbreviated as BC) is a kind of aerosols having positive radiative forcing to absorb visible light. In addition, BC has the property of causing the melt of glaciers by attaching to the ice surface. Therefore, BC is a major environmental change factor in the Arctic region and it is important to clarify the BC dynamics in the high latitude zone. The contribution rate of BC transport from Russia to Arctic region is considered to be high. Recently, Atmosphere and Ocean Research Institute (AORI) started to conduct aircraft observation of aerosols as collaboration with Russian institute, CAO (Imasu et al., 2014). In this study, we analyze numerical simulation data to clarify the spatiotemporal variation of BC and transport pass in Russia and West Siberia. This study is in the initial stages of the Russian aircraft observation project by AORI – CAO, and aims to provide fundamental information that useful for its progress.

2. Method

NICAM-Chem is a chemical transport model combining aerosol model, SPRINTARS, and chemical model, CHASER. Through analysis of this aerosol simulation data, we clarify the spatiotemporal variation of BC. Output data includes BC, nitrate and other aerosol concentrations and optical thickness, weather information such as temperature and wind speed, etc. In addition, we analyze actual aircraft observation data, and create a program to simulate aircraft observation using the model outputs. Based on the results, we suggest the flight route which optimize the BC observation.

3. Result and Discussion

In order to show the importance of BC transport from West Siberia to the Arctic region, we evaluated horizontal flux of BC. Analysis of the total column volume over the Arctic region revealed that about 20% of BC was distributed in West Siberia, and 14% of BC transported to the Arctic. In order to investigate the Spatiotemporal variation of BC dynamics, we analyzed the vertically-averaged

horizontal transport flux (AHFX). As a result, we found two transportation routes around the west Siberia, i.e. "complex transportation from the boundary layer to the lower part of the free troposphere" and "transportation to the east direction in the middle of the free troposphere" (Fig. 1). We analyzed the flow of BC to the west Siberia area across the three boundaries surrounding this area. Regarding BC transport from Europe, inflow is mostly occurring, especially at altitudes below 2,000 m and around 10,000 m. Regarding transport at the southern boundary, flowing in and out was symmetrical on 55°E. On the boundary facing to the Arctic, the outflow (BC transport to the Arctic region) was large on the east side. At this boundary, there was the greatest outflow in July, and that outflow occurred at a higher altitude than the other boundaries (Fig. 2).

Based on the analysis of the actual aircraft observation data and aircraft observation simulation, variational results due to the difference in time and route are found. As a result, for small scale high-concentration contaminated plumes, its concentration largely changes in a short time, so it is important to observe the same point multiple times and to grasp the surrounding steady state. In large scale observation, it was suggested the importance of flying at multiple altitudes and observing it continuously.

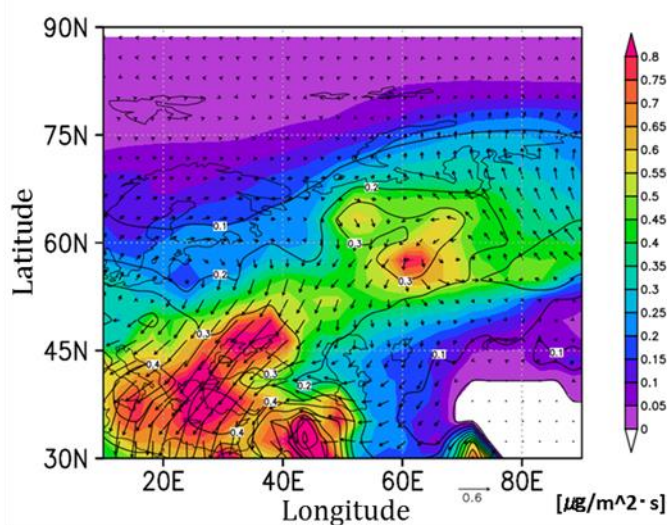


Fig. 1: Horizontal transport flux averaged from the surface to 2000 m. Data were simulated for July 2006

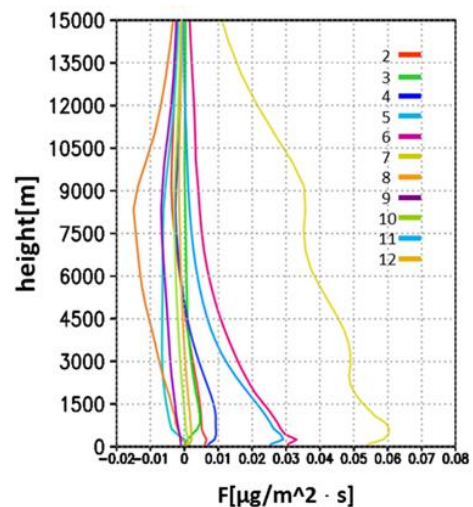


Fig. 2: Monthly profile of BC transport at the 75°N boundary (F is BC_conce [$\mu\text{g} / \text{m}^3$] \times north-south wind speed [m / s])

REFERENCE

- IPCC (2013) : Climate Change 2013: The Physical Science Basis, Chapter 7 Clouds and Aerosols.
- Imasu R, Aoki S, Machida T, Matsueda H, Sawa Y, Niwa Y, Murayama S, Yu Borisov, B Danelyan, B Fomin, V Hattatov (2014), Verification observation of gas and particulate matter by aircraft of Russian hydrological climate environmental monitoring office, Fall meeting of the Meteorological Society of Japan , pp.154.