

春季東アジア域におけるブラックカーボンの上方輸送過程 (A-FORCE 航空機観測) Vertical transport mechanisms of black carbon over East Asia in spring during the A-FORCE aircraft campaign

大島 長^{1*}, 小池 真², 近藤 豊², 松井 仁志², 茂木 信宏², 中村 尚³, 竹川 暢之³, 北 和之⁴

Naga Oshima^{1*}, Makoto Koike², Yutaka Kondo², Hitoshi MATSUI², Nobuhiro Moteki², Hisashi Nakamura³, Nobuyuki Takegawa³, Kazuyuki Kita⁴

¹ 気象研究所, ² 東京大学大学院理学系研究科, ³ 東京大学先端科学技術研究センター, ⁴ 茨城大学理学部

¹Meteorological Research Institute, ²Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, ³Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo, ⁴Faculty of Science, Ibaraki University

ブラックカーボン (BC) エアロゾルは太陽放射を効率的に吸収し、大気を加熱し、また氷床等の融解を促進することにより、地球の放射収支に大きな影響を及ぼす。大気境界層から自由対流圏への BC の上方輸送過程は、BC の広域的な空間分布および加熱源分布を決定する。従って BC の上方輸送過程を理解することは、エアロゾルの気候影響を評価する上で非常に重要であるが、その理解は未だ不十分である。これらの点を解明するために、2009 年 3-4 月に A-FORCE (Aerosol Radiative Forcing in East Asia) 航空機観測が黄海・東シナ海上空で実施され、計 120 回の BC の鉛直分布が高度 0-9 km において測定された。本研究では、A-FORCE 航空機観測と領域三次元化学輸送モデル (WRF-CMAQ) を組み合わせることで、春季東アジア域における BC の上方輸送過程とその輸送経路を理解することを研究目的とした。

既存の CMAQ モデルはエアロゾルの湿性沈着過程の取り扱いで、雲底下と雲中での降水に伴うエアロゾルの除去過程の違いを区別しない。本研究ではこれらの除去過程の違いを区別するようなモデルへと改良した。本研究では、水平解像度 81km × 81km、鉛直 21 層の東アジア領域においてモデル計算を実施し、2009 年 3-4 月の計算結果を使用した。またモデル計算において、湿性沈着過程の有無の差から、BC の輸送効率 (湿性沈着過程に伴い大気中から除去されずに残った BC の比率) の推定も行った。

航空機で観測された空気塊に対して、モデル計算結果と観測結果との比較を行った。その結果、モデルは観測された BC 濃度を自由対流圏中で過大評価したが、相対的な高度分布の変化をよく再現した。またモデルは、観測から推定した BC の輸送効率の高度分布や BC の降水による除去の傾向を良い精度で再現した。

検証されたモデル計算結果を用いて、春季東アジア域 (2009 年 3 月 20 日 - 4 月 30 日) における BC の輸送過程について調べた。大気境界層内 (高度 700hPa 以下) における BC の水平質量フラックスを調べたところ、中国華北域と中国華中内陸域 (山岳地帯付近) において、顕著な水平フラックスの収束がみられた。高度 700hPa 面における BC の上向き質量フラックスを調べたところ、水平フラックスが収束していた華北域と華中内陸域において、上向きフラックスの極大値がみられた。これらの上向きフラックスを平均項 (40 日間平均) と擾乱項 (40 日間平均からの偏差) とに区別して解析をした結果、華北域の上方輸送では擾乱項が卓越し、華中内陸域の上方輸送では平均項が卓越した。中国華北域では主に低気圧活動に伴い BC が上方輸送されていたのに対し、華中内陸域では主に地形性の上昇流と積雲対流活動に伴い BC が上方輸送されていたことが明らかとなった。また、BC の湿性沈着量は、華中内陸域の上方輸送域において最大であった。下層における水蒸気の供給によって引き起こされる降水活動の緯度方向の違いが、BC の空間分布や輸送効率を決定する上で重要な役割を果たしていたことが示唆された。

東経 140 度面における BC の東向き質量フラックスについて調べた結果、中緯度域 (北緯 35-50 度) の下部対流圏中と亜熱帯域 (北緯 20-35 度) の中部対流圏中において、東向きフラックスの極大値がみられた。本研究期間中では、中国北部で排出され華北域で上方輸送された BC が主に下部対流圏中で東方へ輸送されていたのに対し、中国南部や南アジアで排出され華中内陸域で上方輸送された BC が主に中部対流圏中で東方へ輸送されていたことが明らかとなった。

キーワード: エアロゾル, ブラックカーボン, 物質輸送, 湿性沈着, 東アジア, 領域エアロゾルモデル

Keywords: Aerosol, Black carbon, Transport, Wet deposition, East Asia, Regional-scale aerosol model