

ブラックカーボンの物理化学的変容過程と混合状態を表現したモデルの開発

Development of new size-resolved and mixing state resolved black carbon aerosol model

大島 長 [1]; 小池 真 [2]; 近藤 豊 [3]; 茂木 信宏 [4]; 宮崎 雄三 [5]; 竹川 暢之 [6]; 駒崎 雄一 [7]

Naga Oshima[1]; Makoto Koike[2]; Yutaka Kondo[3]; Nobuhiro Moteki[4]; Yuzo Miyazaki[5]; Nobuyuki Takegawa[6]; Yuichi Komazaki[7]

[1] 東大・理・地球惑星; [2] 東大・理; [3] 東大先端研; [4] 東大・理・地球惑星; [5] 東大・先端研; [6] 東大・先端研; [7] 海洋研究開発機構・地球フロンティア

[1] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [2] Earth and Planetary Sci., Univ. of Tokyo; [3] RCAST, Univ. of Tokyo; [4] Earth and Planetary Sci., Tokyo Univ; [5] RCAST, U.Tokyo; [6] RCAST, Univ of Tokyo; [7] none

ブラックカーボン (BC) エアロゾルは太陽放射の吸収による大気の加熱を返して気候変動に大きな影響を与えると考えられている。BCは燃焼過程により疎水性粒子 (hydrophobic) として大気中に排出されるが、凝縮や凝集等の物理化学的変容過程 (aging) に伴い水溶性成分によって被覆され、親水性粒子 (hydrophilic) へと変化する。BCが水溶性の物質で覆われ内部混合した場合、BCがこれらの被覆成分と外部混合した場合と比較して、エアロゾルの直接放射強制力は増大することがモデル計算等に基づいて報告されている。また、BCが大気中から雲・降水によって湿性沈着される量は、エアロゾルの粒子直径やBCの水溶性成分による被覆の程度 (混合状態) に依存する。地表付近で大気中に排出されたBCが広域に輸送されるためには、境界層から自由対流圏中への上方輸送が重要となる。多くの上方輸送には雲・湿性沈着過程が伴うので、自由対流圏中のBC濃度を評価するためには、上方輸送される前のエアロゾルの粒子直径、BCの混合状態を正しく表現することが不可欠となる。したがって、境界層内を輸送されるBCのaging過程を正しく表現することは非常に重要となる。

従来のエアロゾルの化学輸送モデルではBCが疎水性粒子から親水性粒子へと変換される過程について、ある一定値 (時定数) を用いて変換するなど、簡易的な表現方法が用いられてきた。しかし、このagingの進行は大気中の気体の濃度や日射量などに依存し、場所・時間や環境によって異なるので、agingを物理・化学法則に基づいて正しく表現しないと、BCの混合状態を正しく表現することはできない。また、従来の多くのモデルではBCの混合状態を疎水性粒子と親水性粒子の2種類のみで表現する方法が用いられており、様々なBCの混合状態を表現する化学モデルはほとんど存在しない。しかし、BCの湿性沈着量 (空間分布) や放射強制力は、BCの混合状態に依存するので、様々なBCの混合状態を表現することは必要かつ重要である。

これらの従来のモデルを抜本的に改善し、BCの時間的・空間的分布の定量的表現、及びBCの直接放射効果の推定を向上させることを目的として、本研究ではBCのaging過程を物理・化学法則に基づいて扱い、様々なBCの混合状態を表現した数値モデルの開発を実施している。この開発のために、3次元化学輸送モデルCMAQ-MADRIDエアロゾルモデルをベースとして、エアロゾル粒径分布とその中に占めるBCの質量割合分布という2つの独立変数を用いた2次元表現でエアロゾルを表現したボックスモデルを開発した。この際、気体がエアロゾルへと凝縮する過程は粒径に依存するため、従来多く用いられている気相とエアロゾル相の平衡状態を仮定するのではなく、非平衡過程を陽に表現した手法を用い、計算がより正確となるモデルとした。

本研究で作成したモデルの計算結果を航空機観測 (2004年3月に日本周辺で実施されたPEACE-C航空機観測) により得られた実大気中の観測結果と比較・検証を行った。その結果、観測された空気塊が雲・降水の影響を受けていないケースにおいて、日本の都市域から排出されたBCの被覆量の増加に伴う混合状態の時間的变化は、モデル結果と観測結果は概ね整合的であった。モデル計算では、粒径が小さい粒子ほど凝縮によるBCのagingの進行度が早く、この結果は理論的にも妥当であることから、作成したモデルの表現方法が妥当であったことが確かめられた。

本研究発表では、本モデルの説明をするとともに、本モデルによる計算結果とPEACE-C航空機観測により得られた結果との比較・検証、及びBCのagingを支配する要因について報告をする。