

CALIPSO を利用した化学輸送モデルにおける エアロゾル鉛直分布再現性の検証 A validation of vertical distribution of aerosols in a chemical transport model using CALIPSO

清水厚 (国立環境研究所)、山地一代 (海洋研究開発機構)
Atsushi Shimizu¹, Kazuyo Yamaji²

¹National Institute for Environmental Studies, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Abstract

In order to evaluate the characteristics of vertical distribution of aerosols in the East Asian region, modified scale heights of aerosols (Hm) were calculated from both of numerical chemical transport model WRF/CMAQ and satellite-borne lidar CALIOP observations. General tendencies of relationship among aerosol optical depth (AOD) versus Hm resembles each other in case of AOD > 0.2. Histograms of Hm occurrences shows that typical Hm in WRF/CMAQ and CALIOP corresponded better in December than in June. This result suggests that convection is more accurately reproduced in winter in the numerical model.

1 はじめに

近年、大気中の浮遊微粒子 (エアロゾル) については気候影響、健康影響など様々な観点から研究が進められている。東アジア域においても国境を越えて輸送される越境大気汚染に関して数値モデルと観測を統合した研究が盛んに行われているが、モデルと比較される観測データは地上におけるものが中心となっている。長距離輸送に関してはそれがどの高度において行われるかという点がエアロゾルの広域分布に大きく関わるため、エアロゾルの3次元構造についてモデル・観測間の比較が行われることが必要である。ライダーはエアロゾルの鉛直構造を把握するために最適な測器であり、本研究ではNASAの人工衛星CALIPSO搭載ライダーCALIOPによって測定された球形粒子消散係数と数値モデルWRF/CMAQによって計算された汚染粒子重量濃度との比較をエアロゾルスケールハイトの観点から行った。

2 A Modified Aerosol Scale Height

エアロゾルスケールハイトとは、Hayasaka et al.(2007)において提唱されたエアロゾル鉛直構造の特徴を表す量である。まず、一般的なスケールハイトの概念 (指数関数的な鉛直分布) をエアロゾル光学特性に関して布行すると、エアロゾル光学的厚さ (AOD、鉛直積分した消散係数、無次元) を地上付近のエアロゾル消散係数 (σ_0 、距離の逆数の次元) で正規化すればエアロゾルスケールハイト (H, 距離の次元) が決定される。ただしこの手法では、 σ_0 に観測誤差や局所的な汚染の影響などが含まれるとHが大きく変動する。そこでHayasakaらは、「下層から積算した消散係数がAODの $(1 - 1/e)$ 倍 (約63%) に達した高度」を変形エアロゾルスケールハイト (Hm) と定義した。この値は σ_0 の変動に影響されにくく、また指数関数型分布の場合にはHと一致する。またHmはエアロゾル濃度そのものには関係しないので、例えばモデル内のエミッションが全体として定数倍になったとしてもHmは変化せず、またエアロゾル質量から光学量へ変換する際の光学モデルの影響も受けにくい。エアロゾル鉛直構造を比較するためには最適のパラメータである。

3 WRF/CMAQ と CALIPSO との対比方法

今回の比較では、気象モデルWRFと大気質モデルCMAQによって計算された2007年6月および12月の結果を用いた。モデルの鉛直層数は38、水平80kmメッシュで気象場の境界条件はNCEP再解析データを利用している。人為汚染物質のエミッションはアジア域インベントリREAS2の最新版を利用した。計算結果のうち硫酸塩と硝酸塩の質量の和 ($\text{SO}_4 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4$) を光学モデルOPAC (Hess et al., 1998) のwater solubleカテゴリ

を用いて消散係数に変換した。その際湿度依存性についてもモデル内相対湿度を計算し OPAC における吸湿特性に従っている。観測側は、CALIOP の Level1 データに含まれる 532nm 減衰後方散乱強度を 20 パルス (水平約 7km) 分足し込んだ後 Fernald 法によるインバージョン ($S1=50\text{sr}$) を行い、532nm 偏光解消度を用いて NIES 方式によりダスト消散係数と球形粒子消散係数に分離し後者をモデルとの比較に用いた。

4 結果と考察

モデルと観測の比較に際しては、CALIPSO が UTC15—18 時に東アジア域を通過するため WRF/CMAQ では UTC16 時の結果のみを用いた。また比較する空間領域は東経 110—150 度、北緯 20—50 度とした。モデルの場合は毎日各グリッド (緯度経度方向に 0.5 度間隔) 上で AOD、Hm が決定される。CALIOP では、観測点が上記領域に入った場合にその緯度・経度における AOD、Hm が決定される。図 1 は、2007 年 6 月全てのモデル格子点上で AOD (横軸) と Hm (縦軸) との散布図を点で描き、それに上書きして CALIOP の全観測について同様の散布図を四角形により描いたものである。AOD が小さい (光学的に薄い) 時には両者の分布は似ていないが、AOD が 0.2 を越えた辺りから両者は重なり合ってくる。12 月の場合も傾向は似ている。AOD が大きい場合、6 月の方が 12 月よりも高い Hm が見られており、エアロゾル発生源付近の対流強度が反映されていると考えられる。AOD > 0.2 のケースのみを抽出して求めた Hm の出現頻度を図 2 に示すが、12 月において 6 月よりも一致度が高く、対流活動の平穏な時期に鉛直構造の再現性が高いことが示唆された。今後は対象期間を拡大すると共に同一時刻での直接比較や地上ライダーとの比較を行い、有機エアロゾルの扱いなども検討していく。

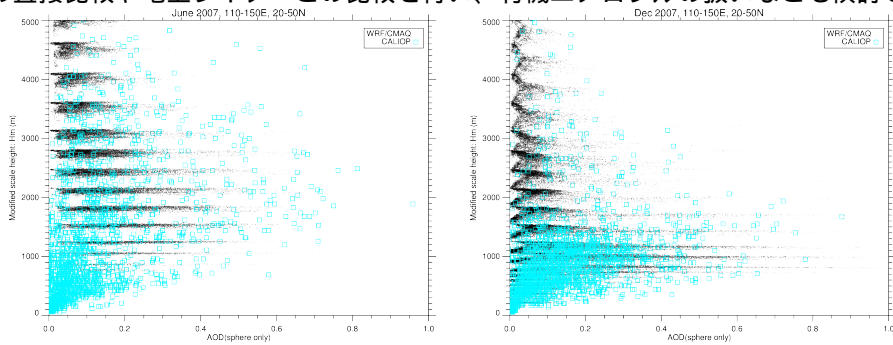


Figure 1: Scatter diagrams between AOD and Hm in June 2007 (left) and December 2007 (right). Small black points and blue open squares indicate results from WRF/CMAQ and CALIOP, respectively.

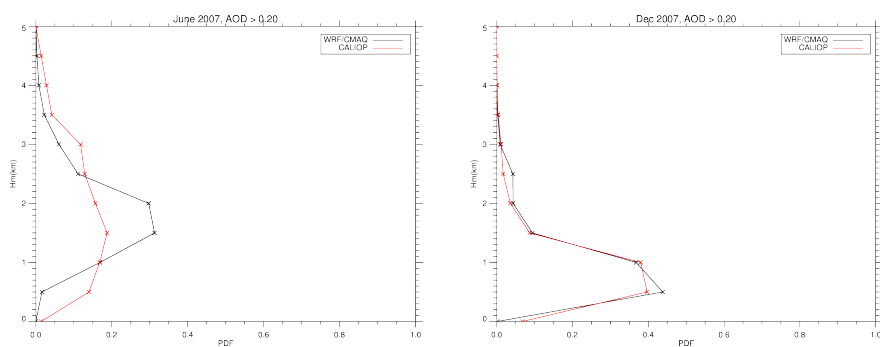


Figure 2: Histograms of probability densities of Hm in June 2007 (left) and December 2007 (right). Cases of AOD > 0.2 are considered. Black and red solid lines correspond to results from WRF/CMAQ and CALIOP, respectively.

謝辞

本研究は環境省環境研究総合推進費 S-7-1 により実施しました。REAS2 の最新版はアジア大気汚染研究センター黒川純一主任研究員・国立環境研究所地域環境研究センター大原利真センター長よりご提供頂いたものです。ここに記して感謝致します。