112 夏季における北関東山岳部の霧の発生と大気汚染物質輸送に関する 数値シミュレーション

Numerical simulation of fog formation and transpotation of air pollutants for the north Kanto mountainous area in summer season

○ 阿部 高志 (阪府大院) 正 安田 龍介 (阪府大) 正 吉田 篤正 (阪府大)

Takashi ABE, Osaka Prefecture University, 1-1, Gakuen-cho Sakai, Osaka

Ryusuke YASUDA, Osaka Prefecture University

Atsumasa YOSHIDA, Osaka Prefecture University

Air pollution transported from Tokyo Bay area is considered as one of main causes of the forest decline observed in the north Kanto mountainous area. It is important to account fog occurrence to evaluate wet deposition of air pollutants in forest area if acid fog is frequently observed in there. In this study we used The Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) to simulate fog formation process and estimated detailed distribution of accumulated fog water quantity (AFWQ) in Nikko area.

The results suggest that the geographical factor affects the distribution of AFWQ significantly and AFWQ is substantially different even in same altitude.

Key Words : Numerical Analysis, Regional Atmospheric Modeling System, Fog, Air Pollution

1. はじめに

北関東山岳部の奥日光や赤城山では森林の枯損が問題になっている。この地域には夏場の大規模な海風により首都圏の大気汚染物質が輸送されることがわかっており、また温暖期には湿潤な空気が山の斜面を上昇することによって発生する滑昇霧が頻繁に発生することが知られている。これらのことから森林枯損の原因の一つに大気汚染物質が霧へ溶け込んだ酸性霧が挙げられている。

本研究では、夏季の北関東山岳部の霧の発生分布の推定と大気汚染物質の輸送と霧への溶け込みを気象モデルを用いて解析することを目的としている。

そのためにまず本研究で用いる気象モデルの予報精度を確認するためのシミュレーションを行った。

その後、北関東の奥日光、赤城山を対象に雲・霧のシミュレーションを行った。現在、大気汚染物質の輸送と汚染物質の霧への溶け込みは解析中である。

2. モデルの概要と計算条件

本研究で用いた気象モデルは Pielke et al.(1992) ら⁽¹⁾に開発された Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) である。モデルの基礎式は運動方程式、熱力学方程式、連続の式、水蒸気混合比に対する保存式である。

本モデルは非常に多くの物理過程、計算スキームを有しておりユーザはそこから適切な設定を選択できる。表 1 に本計算で用いた主なオプション^{(2) (3)}を記載する。

2.1 計算領域の設定

計算領域を図 1 に示す。RAMS の検証のための計算は grid1 を 5km メッシュに設定した。また霧の発生分布を推定するためのシミュレーションでは grid1 を 10km 格子、grid2 を 2.5km 格子に設定し、さらに霧の解析の中心となる赤城山 grid3、奥日光 grid4 では複雑な地形を解像するために 500 m 格子を設定した。

Fig. 1: Analysis area

2.2 初期条件と境界条件

総観規模の気象状況をモデルに反映させるため、ナジングによる 4 次元データ同化手法⁽³⁾を用いて、高層気象データと地表観測データを 12 時間ごとにモデルに取り込んだ。図 1 の○、△はそれぞれモデルに取り込んだ地上気象観測所、高層気象観測所である。

2.4 陸面条件について

陸面条件に関しては LEAF2⁽⁴⁾の植生モデルを用いた。土地利用データは RAMS の標準データである U.S. Geological Survey(USGS)によって提供されているものを用い、土壌クラスは全領域で一定で sand clay loam を用いた。

2.5 計算対象日

RAMS の検証と霧の発生分布を調べるシミュレーションはともに 1999 年の夏季を対象に行った。

Table 1: Specification of RAMS Option used in the present study.

Basic equations	Compressible;Non-hydrostatic
Horizontal coordinates	Polar stereographic coordinates
Vertical coordinates	Terrain-following σ
Microphysics	not used
Water vapor	Condensation of supersaturated vapor to cloud is activated
Cumulus Convection	Simplified Kuo scheme
Surface Parameterization	LEAF2 vegetation model
Upper and Lateral boundaries	Large-scale nudging with Aerological and Surface observation data
Radiation (longwave and shortwave)	Chen and Cotton scheme The effects of condensate are taken into account in this scheme
Turbulence	Horizontal: Smagorinsky deformation Vertical: Mellor and Yamada Level 2.5
Numerical Scheme	Hybrid scheme

RAMS の検証シミュレーションについては、対象日は 7 月 7 日、7 月 30 日、8 月 7 日、8 月 17 日、9 月 28 日とし、9 月 28 日以外はそれぞれ 21 時から 72 時間、または 9 月 28 日については 21 時から 48 時間、合計で 336 時間行った。本研究では滑昇霧という局地循環の影響で現れる現象を対象とするため、局地循環が現れやすい晴天日が続いた日を対象日として選んだ。

霧のシミュレーションに対しては、奥日光もしくは赤城山で霧の発生記録があった数日を対象にし、7 月 6 日 21 時、7 月 23 日 9 時、8 月 1 日 9 時、9 月 4 日 21 時から計算を開始し、いずれも 72 時間分、合計 228 時間シミュレーションを行った。

3. 計算結果とまとめ

3.1 RAMS の検証について

図 2 は 1999 年 7 月 7 日 21 時からの計算結果と観測値のグラフ、表 2 は総 336 時間の計算結果と観測値の相関係数をまとめた表である。評価した気象要素は相対湿度、風速、気温である。

結果は気温については良好に、風速については地点によってばらつきがあり特に全体的に最大値を過小に評価する傾向があった。相対湿度はほとんどの地点で過大評価となり誤差が大きかった。

Table 2: Comparison between calculated and observed value by correlation coefficient

	Chichibu	Kumagaya	Utsunomiya
Relative Humidity	0.8	0.78	0.81
Wind Velocity	0.58	0.47	0.59
Temperature	0.89	0.86	0.92

Fig. 2: Comparison between calculated and observed value in Kumagaya

3.2 霧の発生分布

霧の発生分布推定の計算結果の一例を示す。1999 年の 7 月 7 日 21 時から 72 時間の計算を行い、地表面第一層目の雲水量を 20 分ごとに記録した。図 3 はその 20 分ごとの記録の和をとり最大値で基準化したものである。

相対湿度の検証シミュレーションの結果から、相対湿度が過大に評価される傾向があるため、霧は過大に予報される傾向があると考えられる。しかし、このシミュレーションの結果から霧の生成量は、標高の高い男体山、女峰山の南斜面に多く、同程度の標高を持つ白根山付近は少ないという局地的な分布を持つということがわかる。

このことから、これらの地域の霧の生成は単に標高だけで分布が決まるのではなく、地勢の影響を強く受けていることが考えられる。

Fig. 3: Cloud water content accumulated every 20 minutes in first layer of grid4

参考文献

- (1) Pielke et al, A comprehensive meteorological modeling system-RAMS, Meteorol. Atmos. Phys., 49, 69-91, 1992
- (2) Robert et al, RAMS Version 4.3/4.4 MODEL INPUT NAMELIST PARAMETERS
- (3) RAMS Technical Description
- (4) Lee, T.J., The impact of vegetation on the atmospheric boundary layer and convective storms. Atmospheric Science Paper No.509, Dept. of Atmos. Sci., Colorado State Univ., Fort Collins, CO., 1992