

東アジアにおける SO_2 ・ $\text{PM}_{2.5}$ の移流・拡散による影響とその将来変化に関する研究

法政大学 デザイン工学部
法政大学 デザイン工学部

○学生会員 目高龍太郎
正会員 鈴木 善晴

1. 研究の背景・目的

近年、東アジア地域において、急速に経済発展が起こり、生活の質が豊かになっている。しかし、経済発展と環境汚染対策の両立が行えず、工場等から排出される SO_2 や $\text{PM}_{2.5}$ 等の大気汚染物質が増加し、社会問題となっている。日本は東アジアの偏西風帯の下流に位置し、東アジアから大気汚染物質により、健康被害や環境問題につながる可能性が懸念される。

そこで、本研究では日本各地の大気環境の将来変化を明らかにするために、領域化学輸送モデル WRFChem に人為起源と自然発生の 2 つのデータを導入し、温暖化を考慮した SO_2 及び $\text{PM}_{2.5}$ の移流拡散シミュレーションを行い、大気浮遊物質の移流・拡散が日本にどのような影響を与えるかについて、地域別に解析・評価を行った。

2. モデルの概要および計算条件

WRFchem (Weather Research and Forecasting model with Chemistry) とは、NCAR (アメリカ大気研究センター) 及び NOAA (アメリカ海洋大気局) が開発主導している領域化学輸送モデルである。気象場と化学反応系をオンラインで同時に計算を行い、化学反応のシミュレーションや特定の領域における大気浮遊物質の輸送を行うモデルである。

本研究では、大気場データに全球気候モデル GCM20 の出力データ (解像度 $1.25^\circ \times 1.25^\circ$) を使用し、地形高データには USGS (米国地質調査所) 提供の緯度・経度 30 秒 (約 0.925km) のデータを用いた。GCM20 の出力データは現在条件 (1979 年～2008 年)、近未来条件 (2015 年～2044 年)、将来条件 (2075 年～2104 年) の 3 期間に分かれており、それぞれ 0 時、6 時、12 時、18 時の 4 時刻のデータが含まれている。今回は、現在条件と将来条件の 2 種類のデータを使用した。放出データは 2000 年度観測データを基に、2005 年マックス・プランク気象研究室が公表した、解像度が $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ の RETRO データ¹⁾を使用した。このデータは、日本からの放出量を含む、自然発生・人為起源の 2 種類のデータである。本研究では、自然発生・人為起源による放出がどのように日本に影響を与えるかについてシミュレーションを行った。また計算領域は、北緯 34.49° 、東経 129.06° を中心に、格子数 199×160 、格子間隔 20 km とした。

3. SOM に基づいた大気場のパターン分類

本研究では、大気場データとして、先行研究²⁾により、自己組織化マップ SOM・K-means 法・Ward 法によって、19 ケースにパターン分類されたデータを使用した。

その中から将来の増加傾向の変化率が大きい、NO.4、NO.14 の 2 ケースと、将来の減少傾向の変化率が大きい NO.3、NO.5、NO.8、NO.18 の 4 ケースの計 6 ケース、各ケース 5 事例ずつ、合計 30 事例のシミュレーションを行った。将来の増加傾向の変化率が大きい NO.4 は北西から北東に向けて風が流れ込み南下して広がる特徴があり、NO.14 は北西からの風が広域に流れ込み、東・北東方向に流れ込む特徴がある。

4. SOM を用いた積乱雲のタマゴの解析

本稿では、WRFchem により算出された大気場 NO.4、NO.14 の SO_2 と $\text{PM}_{2.5}$ についてのシミュレーション結果について考察を行う。

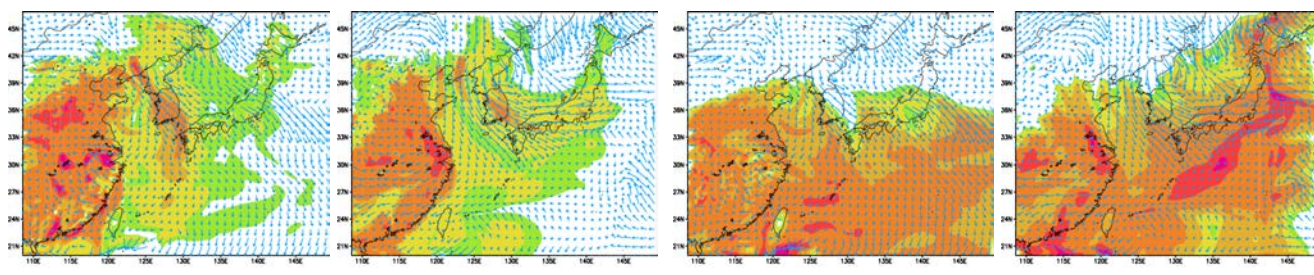


図-1 大気場 NO.4、NO.14 における計算開始 120 時間後の SO_2 の濃度分布 (左:NO.4 右:NO.14) 図-2 大気場 NO.4、NO.14 における計算開始 120 時間後の $\text{PM}_{2.5}$ の濃度分布 (左:NO.4 右:NO.14)

キーワード： $\text{PM}_{2.5}$ 、 SO_2 、東アジア、越境汚染、大気浮遊物質

〒162-0843 東京都新宿区市谷町 2-33 法政大学デザイン工学部 都市環境デザイン工学科 TEL：03-5228-1406

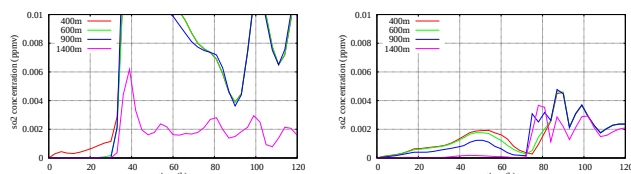


図-3 大気場 NO.4, NO.14 における福岡周辺の SO_2 濃度の高度別時間変化 (左:NO.4 右:NO.14)

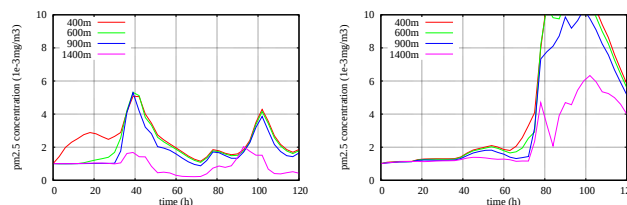


図-4 大気場 NO.4, NO.14 における福岡周辺の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の高度別時間変化 (左:NO.4 右:NO.14)

表-1 福岡周辺における $\text{SO}_2(\text{ppm})$ 及び $\text{PM}_{2.5}(\text{mmol}/\text{m}^3)$ の増加率

福岡周辺	SO_2	$\text{PM}_{2.5}$
現在の推定値	$1.20e^{-3}$	1.37
将来の推定値	$1.51e^{-3}$	1.40
増加率 (%)	27.1	2.63

表-2 鹿児島周辺における $\text{SO}_2(\text{ppm})$ 及び $\text{PM}_{2.5}(\text{mmol}/\text{m}^3)$ の増加率

鹿児島周辺	SO_2	$\text{PM}_{2.5}$
現在の推定値	$6.38e^{-4}$	1.27
将来の推定値	$8.05e^{-4}$	1.29
増加率 (%)	26.1	1.80

初めに大気場 NO.4, NO.14 の SO_2 の第 2 層 (250m 付近) の計算開始 120 時間後の移流・拡散の濃度分布を図-1 に示す。この時間の大気場 NO.4 において、日本全土、特に九州地域全土に 0.005 ppm 以上の移流が確認された。一方、大気場 NO.14 でも、九州を含む四国・本州の広い範囲において 0.005 ppm 以上の移流が確認された。福岡周辺に着目すると、図-3 に示すように、大気場 NO.4 では計算開始 30 時間後に SO_2 が移流が始まり、その後高い濃度が維持される。大気場 NO.14 では計算開始直後から移流量が徐々に増加し、50 時間後に一度移流が減少するが、70 時間後から移動量が大きく増加する。

次に大気場 NO.4, NO.14 の $\text{PM}_{2.5}$ の第 2 層 (250m 付近) の計算開始 120 時間後の移流・拡散の濃度分布を図-2 に示す。この時間の大気場 NO.4 において、本州の東北地方以南の地域、特に沖縄周辺で $5 \text{ e}^{-3} \text{ mg}/\text{m}^3$ 以上の移流が確認された。大気場 NO.14 では、日本全土の広範囲で $5 \text{ e}^{-3} \text{ mg}/\text{m}^3$ 以上の移流が確認された。 SO_2 同様に福岡周辺に注目すると、図-4 に示すように、大気場 NO.4 では、計算開始 30 時間後に移流量が増加し、40 時間後に一度移流が減少するが、90 時間後から移流が増加する。大気場 NO.14 では、70 時間後に大きく増加し、その後、高い濃度が維持される。

30 ケースのシミュレーションから各地点における将来の増加率を算出した。算出の結果から、 SO_2 では島根、福岡、鹿児島の 3 地点、 $\text{PM}_{2.5}$ では北海道、石川、福岡、鹿児島の 4 地点で増加することが示された。福岡周辺と鹿児島周辺における SO_2 および $\text{PM}_{2.5}$ の将来増加率を表-1 表-2 に示す。福岡周辺では、 SO_2 の将来増加率は 27.1 %、 $\text{PM}_{2.5}$ の将来増加率は 2.63 % となり、鹿児島周辺では、 SO_2 の将来増加率は 26.1 %、 $\text{PM}_{2.5}$ の将来増加率は 1.80 % となる。福岡周辺と鹿児島周辺では、ほかの地域に比べて大きな影響を受けることが示唆される。

5. まとめと今後の課題

本研究では東アジアにおける SO_2 と $\text{PM}_{2.5}$ の発生・移流・拡散を考慮し、WRFChem を用いて将来における輸送シミュレーションを行った。その結果、各大気場の発生頻度を考慮して日本の 8 地域において SO_2 および $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の将来増加率を算出したところ、 SO_2 では 3 地域において、 $\text{PM}_{2.5}$ では 4 地点において将来増加する可能性が示唆された。

今後の課題としては、SOM で使用した現在条件の時代が 10 年以上前のものとなっているため、近未来条件と将来条件を使用した新たなパターン分類を行うことや、放出データとした使用した RETRO データが 2000 年度を基にして作成されたものであるため、最新の放出データの使用、作成を行っていくことが挙げられる。

参考文献

- 1) WRFchem Emissions Guide, 2004
- 2) 村山祐樹：中国起源の大気浮遊物質を考慮した移流・拡散に関するパターン分類と将来変化の解析，法政大学デザイン工学部卒業論文，2016