地球温暖化を考慮した大気浮遊物質のわが国への影響とその将来変化に関する研究

法政大学大学院デザイン工学研究科　○学生会員　目高　龍太郎
法政大学デザイン工学部　正会員　鈴木 善晴

1. 研究の背景・目的

近年，東アジア地域で，急速な経済発展による工業化が進行している．しかし，急速な経済発展による開発が優先されているため，環境汚染対策が進まず，工場等から排出される大気汚染物質が大幅に増加している．日本は東アジア地域の東側に位置し，偏西風帯の下流に位置しているため，東アジアからの大気浮遊物質により，今後，健康被害や環境問題を引き起こす可能性が懸念されている．

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 PM2.5 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

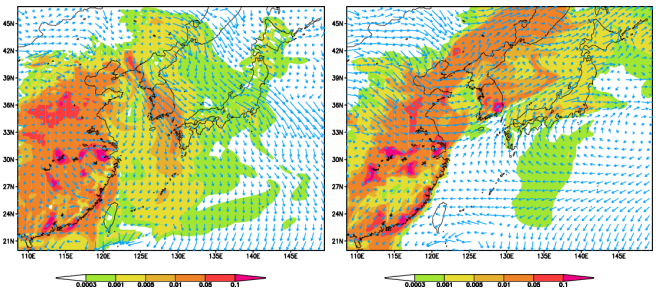
WRFchem（Weather Research and Forecasting model with Chemistry）とは，NCAR（アメリカ大気研究センター）及び NOAA（アメリカ海洋大気局）が開発主導している領域化学輸送モデルである．気象場と化学反応系をオンラインで同時に計算を行い，化学反応のシミュレーションや特定の領域における大気浮遊物質の輸送を行うモデルである．

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 °×1.25 °）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，近未来条件，将来条件の 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（1979 年～2008 年）と将来条件（2075 年～2104 年）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 年にマックス・プランク気象研究室が公表した，解像度が 0.5 °×0.5 ° の RETRO データを使用した。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日本にどのような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．

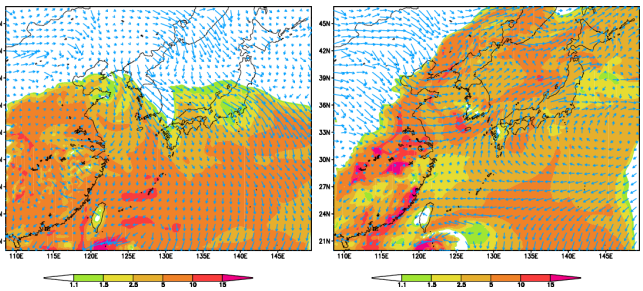
3. SOM に基づいた大気場のパターン分類

本研究では，大気場データとして，先行研究[1)]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．将来の増加傾向となるパターンは 9 ケースあり，将来の減少傾向となるパターンは 10 ケースある．自己組織化マップ SOM とは，様々な入力データを自動的に類似度が高いものに分類出来るものである．

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，将来の減少傾向が変化率が大きい NO.18 は北西の風が北と南東に広がる特徴がある．



図–1 大気場 N0.4，NO.18 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,18)



図–2 大気場 N0.4，NO.18 における計算開始 120 時間後の PM2.5 の濃度分布 (左:NO,4 右:NO,18)

キーワード：大気浮遊物質，WRFchem，越境汚染，東アジア，SOM
〒 162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学大学院 デザイン工学研究科　TEL：03-5228-1429　FAX：03-5228-3491

© Japan Society of Civil Engineers

4. シミュレーション結果と考察

本稿では，WRFchem により算出された大気場 NO.4，NO.18 の SO_2 と PM2.5 についてのシミュレーション結果について考察を行う．初めに大気場 NO.4，NO.18 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 におけて，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,18 では，北海道・本州の広い範囲に 0.001 ppm 以上の移流が広い範囲で確認された．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,18 では計算開始 40 時間後に移流が始まり，その後 100 時間後まで高い濃度が維持されることが確認される．

次に大気場 NO.4，NO.18 の PM2.5 の第 2 層（250 m 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 $\mu mg/m^3$ 以上の移流が確認された．大気場 NO,18 では，日本全土の広範囲で 2.5 $\mu mg/m^3$ 以上の移流が確認され，北海道周辺でも大きく移流が起こっていることが確認される．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,18 では，40 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，PM2.5 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，それ以外の地域では減少することが示唆された．**表-1・表-2** に福岡・沖縄周辺の将来増加率をしめす．増加することが示唆された福岡周辺における SO_2 および PM2.5 の将来増加率は，SO_2 では 27.1 %，PM2.5 では 2.63 %となる．減少傾向が示唆された沖縄周辺では，SO_2 が-26.7 %，PM2.5 が-8.35 %となる．福岡周辺では大きな影響を受け，沖縄周辺では，影響が小さくなることが示唆される．

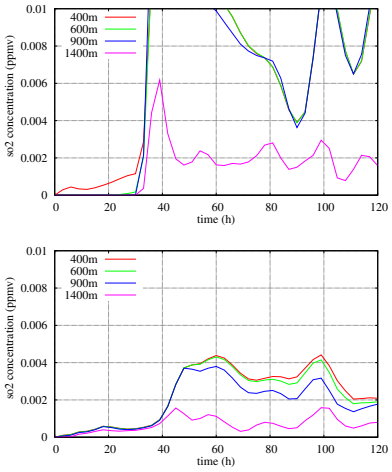
5. まとめと今後の課題

本研究では東アジアにおける SO_2 と PM2.5 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 地域における SO_2 および PM2.5 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，PM2.5 では 4 地点において将来増加する可能性が示唆された．

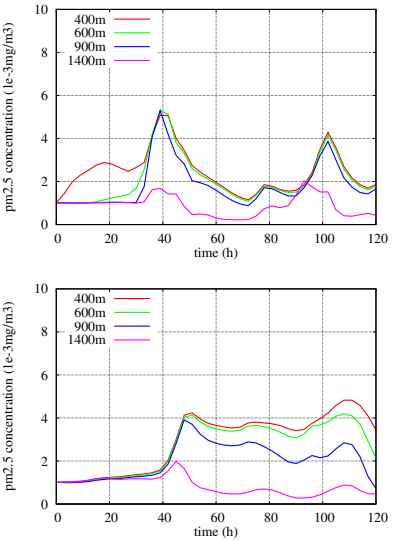
今後の課題としては，最新の温暖化予想を考慮した大気場データを使用したパターン分類の実行，SOM のパターン分類の方法の見直しの検討，経済発展の影響を考慮した最新の放出データを使用することが挙げられる．

参考文献

1) 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



図–3 大気場 N0.4，NO.18 における福岡周辺の SO_2 濃度の高度別時間変化 (左:NO,4 :NO,18)



図–4 大気場 N0.4，NO.18 における福岡周辺の PM2.5 濃度の高度別時間変化 (左:NO,4 右:NO,18)

表–1 福岡周辺における $SO_2(ppm)$ 及び PM2.5($\mu g/m^3$) の増加率

福岡周辺	SO_2	PM2.5
現在の推定値	1.20×10^{-3}	1.37
将来の推定値	1.51×10^{-3}	1.40
増加率（%）	27.1	2.63

表–2 沖縄周辺における $SO_2(ppm)$ 及び PM2.5($\mu g/m^3$) の増加率

沖縄周辺	SO_2	PM2.5
現在の推定値	3.11×10^{-4}	1.46
将来の推定値	2.23×10^{-4}	1.34
増加率（%）	-26.7	-8.35

© Japan Society of Civil Engineers