

MF5 東アジアにおけるエアロゾル直接効果の大気質予測に対する影響評価

Evaluation of the impact of aerosol direct effect on air quality simulation over East Asia

指導教員 近藤明教授・共生環境評価領域

28H16036 関口亜未 (Ami SEKIGUCHI)

Abstract: This study aims to evaluate the impacts of the aerosol direct effect on simulated meteorological fields and concentration fields of air pollutants over East Asia, in terms of both heavy local air pollution and long-range transport. The online coupled Weather Research and Forecasting-Community Multiscale Air Quality (WRF-CMAQ) modeling system was applied to one-way and two-way simulations (without and with the aerosol direct effect) in 2014. The temporal mean contributions of the direct effect averaged over the regions with high aerosol loading from Northeast to Central China were an 8.3% decrease in the surface shortwave radiation, a 9.1% decrease in the planetary boundary layer height, an 8.4% increase in the ground-level PM_{2.5} concentration and a 3.7% decrease in the ground-level O₃ concentration. In addition, there were negative contributions to the PM_{2.5} concentration over the ocean from the Sea of Japan to the East China Sea (a 0.7% decrease on average throughout the period). The PM_{2.5} decrease over the ocean was likely attributable to a reduction in the secondary PM_{2.5} outflow from the continent to the downwind region, which was caused by the increased dry deposition of PM_{2.5} precursors from the increased ground-level concentrations within a more stable PBL over the continent.

Keywords: Online coupled air quality model, Aerosol direct effect, Shortwave radiation, PM_{2.5}, O₃

1. はじめに

大気中のエアロゾルには、太陽放射を散乱・吸収することで気象場の変化に影響を及ぼす「直接効果」がある。しかし、従来の大気質シミュレーションは直接効果が考慮されないオフラインモデルによる事例が多く、現時点では直接効果の大気環境動態に対する影響の評価が十分でない。本研究では、高濃度汚染地域である東アジアを対象に、オンライン結合型気象・化学輸送モデルを用いた通年シミュレーションを行い、直接効果による気象場および化学物質濃度への影響について、ローカル汚染および長距離輸送に着目した解析を行った。

2. 計算方法

気象モデル WRF (Weather Research and Forecast modeling system) v3.4 および化学輸送モデル CMAQ (Community Multiscale Air Quality modeling system) v5.0.2 からなるオンライン結合型モデルを用いた。WRF から CMAQ へ単一方向のみの計算を行う one-way 計算と、CMAQ により得られたエアロゾルデータを WRF の放射計算にフィードバックさせることで直接効果を考慮した two-way 計算を行い、両手法によって得られた結果を比較することで、直接効果を考慮したことによる気象場および濃度場の変化を解析した。計算期間は 2014 年の 1 年間、計算領域は東アジア広域とした。

3. 計算結果と考察

図 1 に計算期間における PM_{2.5} 濃度の two-way の計算結果を、図 2 に直接効果による地表面短波放射および PM_{2.5}、O₃ 濃度の変化率を表す空間分布を示す。PM_{2.5} 濃度は大陸上中国北東部～中南部(以下、大陸)において高濃度であり、同地域における two-way の平均値は 40 μg/m³、最大値は 140 μg/m³ を

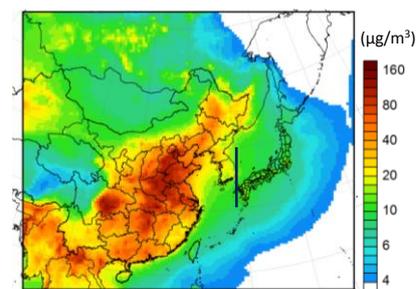


図 1 年平均 PM_{2.5} 濃度の two-way 計算結果

超えることがわかった。直接効果を考慮した結果、地表面短波放射、大気境界層高さは特に高濃度汚染地域で大きな減少を示し、減少率はそれぞれ平均 8.3%, 9.1%であった。また、大陸上で PM_{2.5} 濃度は平均 8.4%の増加を、O₃ 濃度は 3.7%の減少を示した。これらの結果から、高濃度エアロゾルの直接効果によって地表面短波放射が減少し、地表付近の気温が低下したことで大気安定度が増し、大気汚染物質の拡散状況に変化が生じたと考えられた。

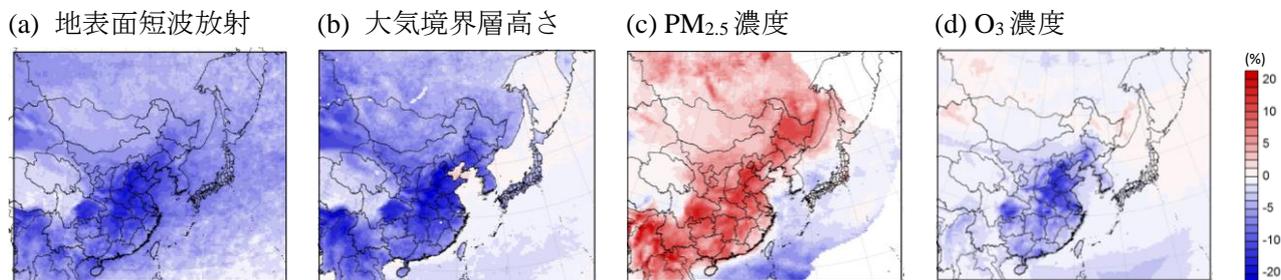


図 2 直接効果による地表面短波放射、大気境界層高さ、PM_{2.5} 濃度、O₃ 濃度の変化率

PM_{2.5} 濃度に関しては東シナ海・日本海（以下、海域）以東の地域で減少傾向を示すことが確認されたことから、長距離輸送に着目した解析を行った。図 3 に直接効果による PM_{2.5} の一次粒子と二次粒子濃度の変化率を表す空間分布を示し、表 1 に各物質濃度への主な影響をまとめる。大陸上では、一次粒子は平均 7.4%、二次粒子は平均 9.2%の増加を示した。一方、大陸

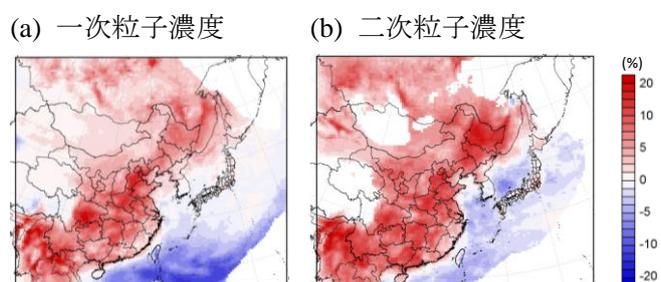


図 3 直接効果による PM_{2.5} の一次粒子と二次粒子濃度の変化率

より東の風下地域では特に二次粒子の濃度が広範囲に渡って減少することが確認され、海域における二次粒子濃度は平均 1.9%減少した。さらに PM_{2.5} の前駆物質 SO₂、NO_y、NH₃ の沈着量は大陸上でそれぞれ平均 4%、5%、3%の増加を示した。以上より、直接効果によって安定度の増した大気中で汚染物質が地表付近に滞留しやすくなった結果、大陸で前駆物質の地表への沈着量が増加したことで二次粒子の生成量が減少し、大陸から風下地域に輸送される二次粒子が減少したことによって大陸より東側で濃度が減少したと考えられた。

表 1 直接効果による PM_{2.5}、一次粒子、二次粒子 (SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺) の変化率

平均 (%)	PM _{2.5}		Secondary PM _{2.5}			
	total	Primary PM _{2.5} total	total	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺
大陸 ^{*1}	+8.4	+7.4	+9.2	+5.9	+12.3	+9.0
フラックス ^{*2}	-1.4	-0.01	-2.9	-2.1	-4.9	-3.6
海域 ^{*3}	-0.7	+0.5	-1.9	-1.9	-3.5	-1.9

*1：中国東北部～中南部における濃度，*2：海域北緯 30～40 度（図 1）の海拔 0～2000 m における東向き PM_{2.5} フラックス，*3：東シナ海・日本海における濃度

4. 結論

オンライン結合型モデルを用いて、エアロゾルの直接効果による気象場および化学物質濃度に対する影響を評価した。直接効果による短波放射の減少は、気温や大気境界層高さ等大気環境の変化を引き起こし、大気汚染物質の拡散状況が変化することで長距離輸送にも影響することが明らかとなった。

参考文献 1) Wong D.C., Pleim J., Mathur R., Binkowski F., Otte T., Gilliam R., Pouliot G., Xiu A., Young J.O. and Kang D.: WRF-CMAQ two-way coupled system with aerosol feedback: software development and preliminary results, *Geosci. Model Dev.*, 5, pp.299-312, 2012.