

BG4 気象・大気質モデルを用いた 2015 年の関西・関東地方における オゾン感度レジームの解析

Analysis of the ozone formation regime in the Kansai and Kanto regions in 2015 using meteorology and air quality models

共生環境評価領域

08E18077 吉田悠真 (Yuma YOSHIDA)

Abstract: Photochemical ozone production varies nonlinearly with changes in NO_x and VOC emissions. This study estimated the ozone formation regime based on the ratio of HCHO concentration to NO₂ concentration in the Kansai and Kanto regions in 2015 by using an air quality model. In urban areas, the model estimated the transition of the ozone formation regime from VOC-sensitive regime to NO_x-sensitive regime seasonally from winter to summer and vertically from the ground surface to the upper air. The seasonal transition trend approximately agreed with that of the regime estimated based on satellite measurement data.

Keywords: Ozone formation regime, HCHO/NO₂ ratio, VOC-sensitive, NO_x-sensitive, Air quality simulation

1. はじめに

オゾンを主成分とする光化学オキシダントの環境基準達成率は、極めて低い水準となっている。日中のオゾン生成は、その地域における NO_x 及び VOC 排出量の変化に対して、非線形的に変化する (図 1)。そのため、ある地域のオゾン濃度を効果的に低減させるためにはその地域のオゾン感度レジーム、すなわち NO_x 排出量の削減によりオゾン濃度の低減効果が現れる NO_x-sensitive の状態であるか、VOC 排出量の削減によりオゾン濃度の低減効果が現れる VOC-sensitive の状態であるかを把握する必要がある。そこで本研究では、大気質シミュレーションによって関西・関東地方におけるオゾン感度レジームを推計し、その季節変動及び鉛直変動を解析した。

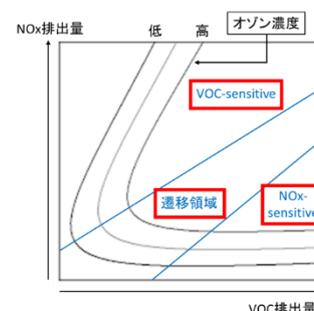


図 1 VOC 排出量及び NO_x 排出量によるオゾン濃度の変化

2. 方法

気象モデルは WRF v4.3 を、大気質モデルは CMAQ v5.3.3 を用いた。計算期間は 2015 年とした。計算領域は、水平方向には解像度 45km のアジア域、15km の日本域、5km の関西域、5km の関東域とし、鉛直方向には地表面～上空 50hPa を 30 層に分割し、地表面に接する第 1 層の厚さは約 30m とした。排出量は、国外人為起源に REAS v3.2、国内人為起源に環境省 PM2.5 排出インベントリなど、植生起源 VOC に MEGANv2.10 を用いた。

オゾン感度レジームは HCHO 濃度/NO₂ 濃度比 (FNR) に基づいて推計した。まず、各時点において、Duncan らりによるオゾン感度レジーム判定に従い、 $FNR < 1$ を VOC-sensitive、 $1 < FNR < 2$ を遷移領域、 $2 < FNR$ を NO_x-sensitive と判定した。さらに、VOC-sensitive を -1、遷移領域を 0、NO_x-sensitive を +1 と数値化し、期間平均をとることで -1～+1 で表現した。なお、衛星計測データ (Aura 衛星のオゾン監視装置 OMI により現地時間 13 時 30 分に計測) によるオゾン感度レジームと比較を行うため、大気質モデルの結果は日本時間 13～14 時の平均値を用いた。

3. 結果と考察

まず、大気質モデルによる NO_2 及び HCHO の濃度分布を図 2 及び図 3 に示す。季節変動について解析するために、2、5、8 月の結果を、鉛直分布について解析するために第 1 層、地表面～上空 1km、大気全層の結果を比較した。 NO_2 濃度に関しては、冬から夏にかけて低下していること、また地表に近いほど高いことがわかる。これらは、冬に NO_x 排出量が多く、夏にかけて光化学反応が活発になり NO_2 の大気中寿命が短くなること、 NO_x 発生源が都市域の地表付近に集中することなどに起因する。 HCHO 濃度に関しては、冬から夏にかけて上昇していること、地表に近いほど高いことがわかる。これらは、夏にかけて HCHO の前駆 VOC の排出量が増加し、光化学反応が活発になり HCHO 生成量も多くなることなどに起因する。 HCHO 濃度が都市域以外でも濃度が上昇しているのは、植生起源 VOC の反応によっても生成されているためである。

次に、大気質モデルにより推計したオゾン感度レジームの空間分布を図 4 に示す。都市域においては、冬から夏にかけて、 NO_2 濃度の減少および HCHO 濃度の上昇に伴って、VOC-sensitive 側から NO_x -sensitive 側に遷移していることがわかる。また、地表に近いほど、 NO_2 濃度の上昇に伴って、VOC-sensitive の傾向が強くなることがわかる。このように、FNR を基に推計したオゾン感度レジームは、濃度観測が広く行われている地表付近のみ考慮した場合と、鉛直対流によって地表付近のオゾン濃度変化に寄与する上空まで考慮した場合で傾向が異なる。

最後に、大気質モデルにより推計した大気全層のオゾン感度レジームとの比較のため、衛星計測データにより推計したオゾン感度レジームを図 5 に示す。大気質モデルによる推計と同様、冬から夏にかけて、VOC-sensitive 側から NO_x -sensitive 側に遷移しているが、全体的に VOC-sensitive の領域が大きくなった。大気質モデルと衛星計測データの差異の要因として、衛星計測データの欠測により平均化期間が異なること、大気質モデルで雷放電による NO_x 生成過程が未考慮であるため大気全層での NO_2 濃度を過小評価している可能性があることなどが考えられる。

4. 結論

本研究では 2015 年の関西・関東地方を対象に、 NO_2 濃度及び HCHO 濃度、オゾン感度レジームの推定を行った。オゾン感度レジームは、都市域においては、冬から夏にかけて、VOC-sensitive 側から NO_x -sensitive 側に遷移していること、地表に近いほど VOC-sensitive の傾向が強いことが分かった。

参考文献

- 1) Bryan N. Duncan, Yasuko Yoshida, Jennifer R. Olson, Sanford Sillman, Randall V. Martin, Lok Lamsal, Yongtao Hu, Kenneth E. Pickering, Christian Retscher, Dale J. Allen, and James H. Crawford: Application of OMI observations to a space-based indicator of NO_x and VOC controls on surface ozone formation, Atmospheric Environment, pp.2213–2223, 2010

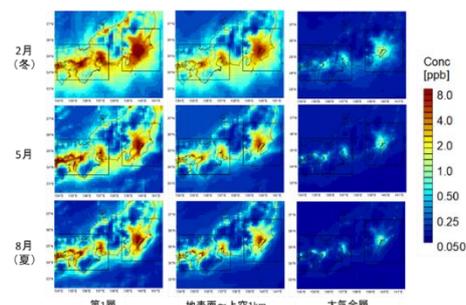


図 2 NO_2 の濃度分布

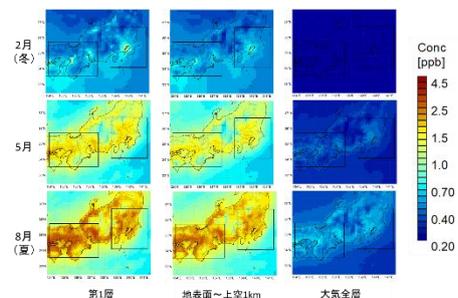


図 3 HCHO の濃度分布

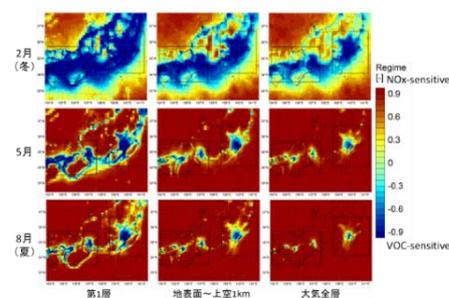


図 4 大気質モデルによるオゾン感度レジーム

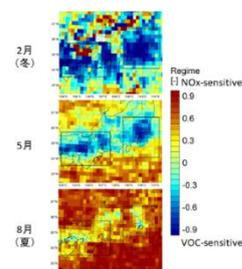


図 5 衛星計測によるオゾン感度レジーム