

多成分 VOC 実測濃度と気象影響を考慮したボックスモデルによる 都内オゾン濃度の再現シミュレーション

國分優孝・鶴丸 央・櫛島智恵子・星 純也

【要約】 オゾン高濃度現象に及ぼすオゾン前駆物質や気象といった要因の影響を分析するため、ボックスモデルを用いて、それら前駆物質の大気濃度や気象の実測データに基づくオゾン濃度再現シミュレーションを行った。その結果、オゾン濃度の良好な再現性を確認し、要因分析に有用なモデルであると示唆された。

【目的】 オゾン高濃度現象に及ぼすオゾン前駆物質 (VOC、NO_x 等) や気象要因等の影響解明を目的とする。

【方法】 VOC 観測日を対象に、VOC・NO_x 等の実測濃度と気象データに基づくオゾン濃度の再現計算を行った。

VOC 大気濃度観測: 江東区の当所(都環研)屋上で 2 h 間隔 24 h の VOC140 物質(2021 年以降は Ethanol, Methanol, 1-Bromopropane を追加)の大気濃度を計 15 日間測定した(図 1)。調査・分析方法は、櫛島ら¹⁾と同じである。

ボックスモデル:

- 1) モデル: 個別物質レベルの化学反応を表現する 0 次元大気質モデル The Master Chemical Mechanism を使用。
- 2) 入力データ: 時別実測濃度 (NO、NO₂、CO、及び 1h 値に補間した VOC) と気象データ (気温、太陽高度等)。
- 3) 大気拡散係数: 時別の CO 濃度変動から求めた時別の拡散係数 (図 2、上段、中段) をモデルに与え、各物質の拡散消失を考慮した。拡散係数 (K_{dil} 、単位 day⁻¹、1 日換算の換気回数) は 2 種類の CO 濃度 (都環研屋上の高精度測定データ: 図 2 上段、都環研から 2 km 程離れた三ツ目通り辰巳自動車排出ガス測定局の低解像度データ: 図 2 中段) から各々算出した。前者の拡散係数 (K_{dil1}) を図 2 上段に、後者 (K_{dil2}) を図 2 中段に示す。
- 4) バックグラウンドオゾン (BG オゾン): 遠隔地域 5 地点 (千葉県: 東浪見局・亀ヶ原局・栄局、神奈川県: 久里浜行政センター局・城山局) で観測されたオゾン濃度の平均値 (図 3 上段、BG) を BG オゾン濃度としてモデルに与え、これにより、バックグラウンド地域から都内に流入するオゾンの影響を計算に考慮した。
- 5) 光量補正係数: 東京管区気象台データを参照し、雨天となった時刻は全化学物質の光解離定数を一律 0.2 倍に補正することで (図 2 下段、補正係数 J_{corr})、雨雲や降雨による光量 (光解離定数) の減衰を考慮した。

計算ケース: 下記 4 ケースのオゾン濃度モデル計算を行い、実測オゾン濃度 (図 3 上段の黒線 Obs、都環研から 2 km 程離れた江東区大島一般環境大気測定局データを使用) に対する、モデル計算値の再現性を比較した。

Sim. 1: 上記の計算条件を全て考慮した上、拡散係数に K_{dil1} (図 2 上段) を適用

Sim. 2: Sim. 1 条件で、拡散係数のみを K_{dil2} (図 2 中段) に置き換え

Sim. 3: Sim. 1 条件で、雨天による光量減衰 (図 2 下段) を考慮せず (全時刻の $J_{corr} = 1$ とする)

Sim. 4: Sim. 1 条件で、BG オゾン濃度 (図 3 上段 BG) を考慮せず (ベースのオゾン濃度をゼロとする)

【結果の概要】

- ・オゾン濃度の実測値 (図 3 上段、黒線) と Sim. 1 (図 3 上段、ピンク線) は、全観測日で概ね一致した。
- ・2020 年 8 月 4 日に Sim. 2 が実測値と乖離したが (図 3 上段、赤枠)、原因として CO 濃度の測定誤差が考えられる (図 2 上中段、赤枠)。Sim. 2 の K_{dil2} では、同日午後の拡散状況が正確に表現されなかったと推察される。
- ・2021 年 8 月 31 日に Sim. 3 が実測値と乖離した (図 3 上段、赤枠)。同日の夕方は、灰色で示す時刻に雨天であったが (図 2 下段、赤枠)、これによる光量の減衰が考慮されなかったことが乖離の要因と考えられる。
- ・Sim. 4 は過小評価の傾向が高かった (図 3 上段)。都内のオゾン濃度は、(2022/6/30 の高濃度オゾン出現日等、図 3 下段においてオゾン生成量の大きかった日を除き) BG オゾンの大きな影響下にあると推察される。
- ・オゾン濃度の良好なモデル再現性が確認され、オゾン高濃度の要因分析における本モデルの有用性が示された。今後、本モデルを用いて、都内オゾン濃度への各オゾン前駆物質や気象要因の寄与を推定していく。

【参考文献】 櫛島ら「光化学キジガト高濃度日における東京都内 VOC 調査」, 東京都環境科学研究所年報 2023

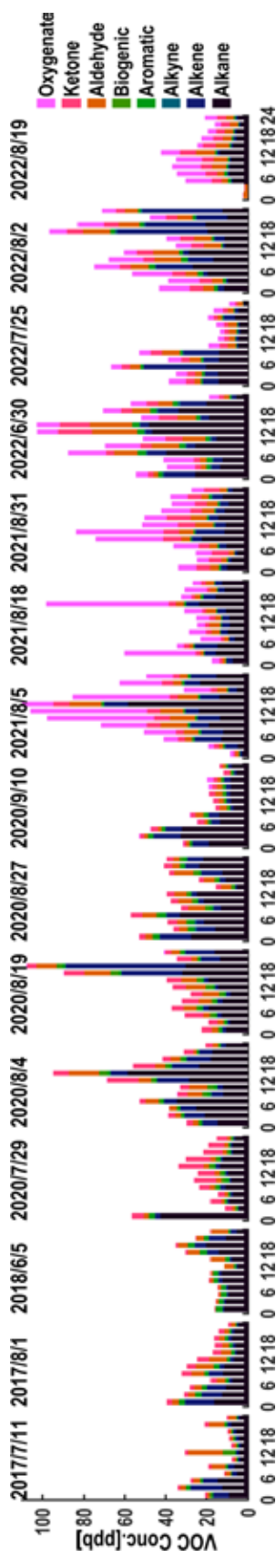


図1 東京都環境科学研究所屋上におけるVOC濃度測定結果。横軸は時刻を示す。VOC濃度は実測データの2時間値を線形に1時間値に補間した。

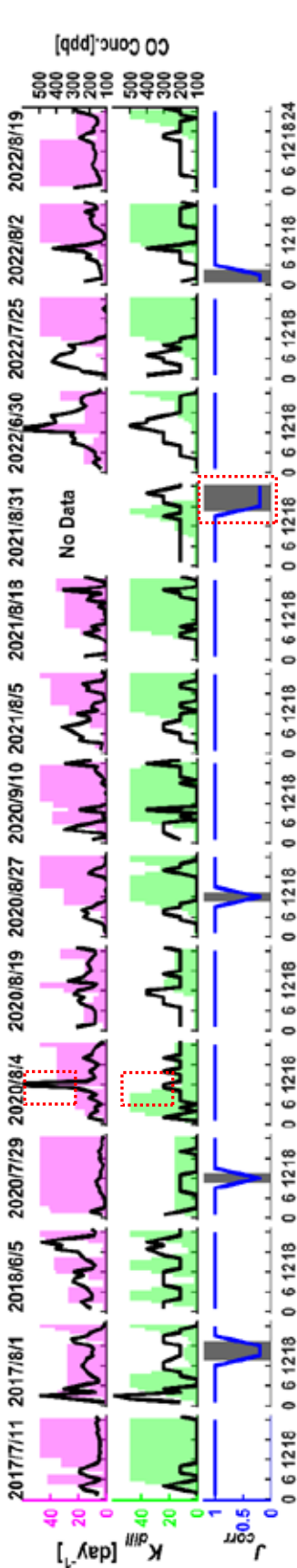


図2 CO濃度及びオゾン濃度のモデル計算に考慮した大気拡散係数(上段、中段)と光量補正係数(下段)。上段：都環研屋上の高精度CO濃度データと拡散係数 K_{diff} 。中段：辰巳・大気汚染常時監視局の低解像度CO濃度データと拡散係数 K_{diff} 。下段：光量補正係数(J_{corr} 、青線)は、雨天時刻(灰色ハッチ)を0.2、それ以外は1とした。

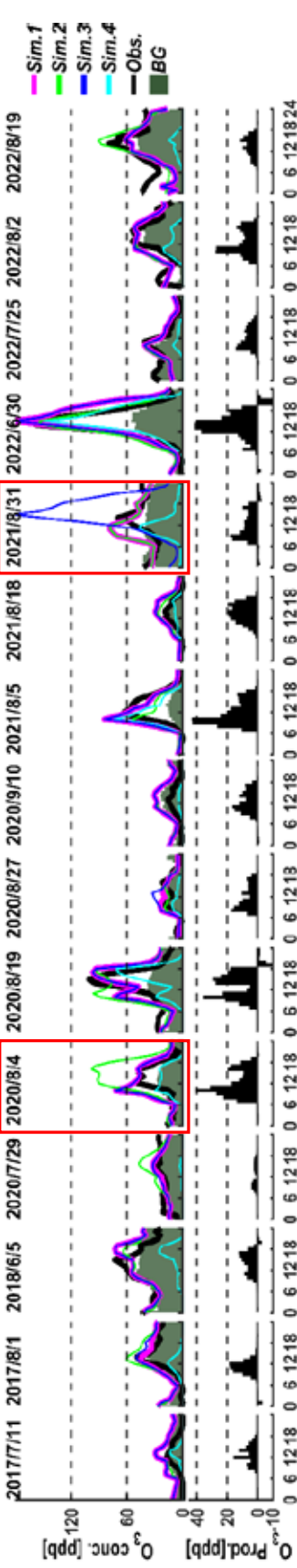


図3 上段：オゾン濃度の実測値(黒線 Obs.)、オゾン計算値4ケース(Sim.1~4)、BGオゾン濃度(緑BG)。下段：オゾン生成量のモデル推定結果。