

福岡市における光化学オキシダント環境基準超過時の 流跡線解析

島田友梨

福岡市保健環境研究所環境科学課

Trajectory Analysis of Photochemical Oxidants Exceeding Environmental Quality Standards in Fukuoka City

Yuri SHIMADA

Environmental Science Section, Fukuoka City Institute of Health and Environment

要約

光化学オキシダント (Ox) 高濃度の要因の一つとして中国大陸からの越境移流による影響が指摘されている。今回、越境移流による影響を評価するため、流跡線解析に Python を用い、元岡局に到達する気塊の輸送経路を解析した。2011～2020 年度における Ox 環境基準を超過した日のうち、各日で最初に超過した時間を開始時刻とした。さらに、元岡局に到達した気塊が通過した地域に基づき、東アジア由来 (EA)、東南アジア由来 (SA)、太平洋由来 (PO)、本州由来 (HO)、瀬戸内由来 (SE)、九州由来 (KY) の 6 区分に分類した。元岡局では春 81.6%、夏 52.2%、秋 75.0%、冬 97.1% の流跡線が EA 由来であり、夏季には EA 由来の割合が他の季節と比較して減少する傾向がみられた。この結果から、Ox 環境基準超過時の元岡局における流跡線の多くが EA 由来であり、中国大陸からの越境移流の影響を強く受けていることが示唆された。

Key Words : 光化学オキシダント photochemical oxidant, 環境基準 environmental quality standard, 流跡線解析 trajectory analysis, 越境移流 transboundary movement, Python Python

1 はじめに

光化学オキシダント (以下、「Ox」とする。) は、窒素酸化物や揮発性有機化合物から光化学反応によって生成するオゾンを中心とする酸化性物質の総称である。Ox の環境基準は「1 時間値が 0.06 ppm 以下であること」とされているが、福岡市の環境基準達成率は全国同様に極めて低く¹⁾、測定開始以来、一度も達成していない。この要因の一つとして、大陸からの越境移流が指摘されている^{2, 3)} が、本市で環境基準を超過した際の気塊がどの程度中国大陸から越境移流してきているかについては、個別の高濃度事例に着目したエピソード解析によるものが主である。そこで本報では、10 年間の環境基準超過時における越境移流の影響を評価するため、流跡線解析に Python を用いて本市に到達する気塊の輸送経路を解析した。なお、本解析は、II 型共同研究「光化学オキシダント等の変動要因解析を通じた地域大気汚染対策提言の試み」の一環として実施したものを含む。

2 方法

2.1 解析データ

2.1.1 解析地点

解析地点を図 1 に示す。解析地点として、本市の一般環境測定局である元岡局 (北緯 33 度 35 分 10 秒、東経 130 度 15 分 10 秒) を選定した。

本測定局の周辺は住宅と田畑が広がる地域であり¹⁾、大規模な発生源は存在しない。国土交通省による令和 3 年度一般交通量調査によると、付近に通る一般国道 202 号 (観測地点名: 福岡市西区横浜 1 丁目) の 24 時間交通量は 16,301 台 (推定値) と、幹線道路ではあるが交通量は比較的少ない (https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/census_visualizationR3/webmap.html#14/33.5829/130.2437, 2025.2.10 アクセス)。



図1 解析地点

2.1.2 解析期間及び使用データ

1) 常時監視測定局データ

2011～2020 年度の Ox データを解析対象とした。解析には、国立環境研究所「環境展望台」(<https://tenbou.nies.go.jp/download/>) で公開されている大気汚染常時監視結果(確定値)を使用した(2023.10.18 アクセス)。

2) 気象データ

気象データは、流跡線解析で使用するためにフォーマットされたものを FTP サーバー(<ftp://ftp.arl.noaa.gov/pub/archives/gdas1/>) を経由し、2011～2020 年度における各週のデータをダウンロードした(2024.9.27 アクセス)。

3) 地理情報データ

世界の行政境界データとして広く用いられている「グローバル行政区画(GADM: Global Administrative Areas)」の地理情報データセットを、GADM 公式ウェブサイト(<https://gadm.org/>) からダウンロードした(2024.9.27 アクセス)。

GADM は、国・州・郡などの階層的な行政区分をグローバルに整備した GIS データベースであり、研究や政策評価における空間解析に頻繁に利用されている。本解析では、全世界の行政区画を一括して処理可能とするため、GADM が提供する GeoPackage 形式の単一データベースファイルを使用した。GeoPackage は空間情報と属性情報を一つのファイルに格納できるオープンフォーマットであり、空間照合や解析の効率性に優れる。

この GeoPackage ファイルを用いて、気塊の通過地点(緯度・経度)に対応する行政区画との空間照合を実施し、通過地域の特定に利用した。

2.2 解析手法

気塊の解析地点への到達経路を推定するため、後方流

跡線解析を実施した。アメリカ海洋大気局(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)が提供する HYSPLIT4 (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) モデル(<https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>)を使用した。デスクトップ版の HYSPLIT を導入し、既報⁴⁾を参考に Python を用いて解析を実施した。

2.3 解析条件

2011～2020 年度において Ox 濃度が環境基準を超過した日のうち、各日で最初に 60 ppb を超過した時刻を解析の開始時刻とした。追跡時間を 120 時間(5 日間)、開始高度を海拔 1,000 m (AGL: Above Ground Level) に設定した。

流跡線の作成及び解析には、Python 環境構築ツールである Miniforge を用いて環境を構築し、Python (3.10.14) 及び PySPLIT (0.3.6) を使用した。その他使用した主なライブラリについては表 1 に示す。

表 1 主なライブラリのバージョン

ライブラリ名	バージョン
pandas	2.2.2
Numpy	1.26.4
Matplotlib	3.8.4
GeoPandas	1.0.1
Shapely	2.0.6
Tqdm	4.66.2

2.4 通過経路区分の設定

気塊の通過経路区分を図 2 に示す。各流跡線について、後方 120 時間(5 日間)にわたり 1 時間間隔でサンプリングを行い、1 本あたり 120 点の通過地域(緯度・経度)を取得した。これらの通過点に対して、2.1.2.3 で取得した GADM データセットを用いて空間照合を行い、各点を行政区画ポリゴンに帰属させた。

GADM のポリゴンを基に、図 2 に示す 6 地域——東アジア(EA: East Asia)、東南アジア(SA: Southeast Asia)、太平洋(PO: Pacific Ocean)、本州(HO: Honshu)、瀬戸内(SE: Setouchi)、九州(KY: Kyushu)——を定義した。九州については、移流の影響を解析するため、本県を除外した。照合の結果がいずれの領域にも含まれなかった点は“other”として一時的に保持したが、発生源が少ないことが明らかな海域は PO として独立に定義しており、大気汚染物質の発生源との関連が不明確な“other”は解析対象から除外した。こうして得られた各流跡線の通過カウントは、地域別の通過時間(1 時間=1

カウント)として数値化された。これにより、流跡線の統計的特徴を通過地域別に把握可能となり、通過地域ごとの地域特性の解析に使用した。

3 結果及び考察

3.1 流跡線の誤差評価

流跡線の終点を新たな起点とする逆解析を実施し、逆解析の終点と元の流跡線を比較することで誤差を評価した。具体的には、流跡線の相対誤差を算出し、標準偏差の2倍以上となる流跡線を「Bad」と判定し、解析対象から外した。「Bad」と判定された流跡線の一例を図3に示す。誤差評価の結果、解析対象の992本中49本(4.9%)が誤差の大きい流跡線に該当した。

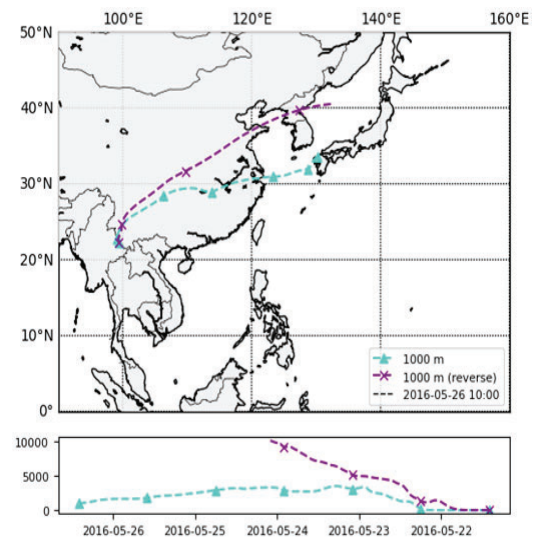


図3 「Bad」と判定された流跡線の一例

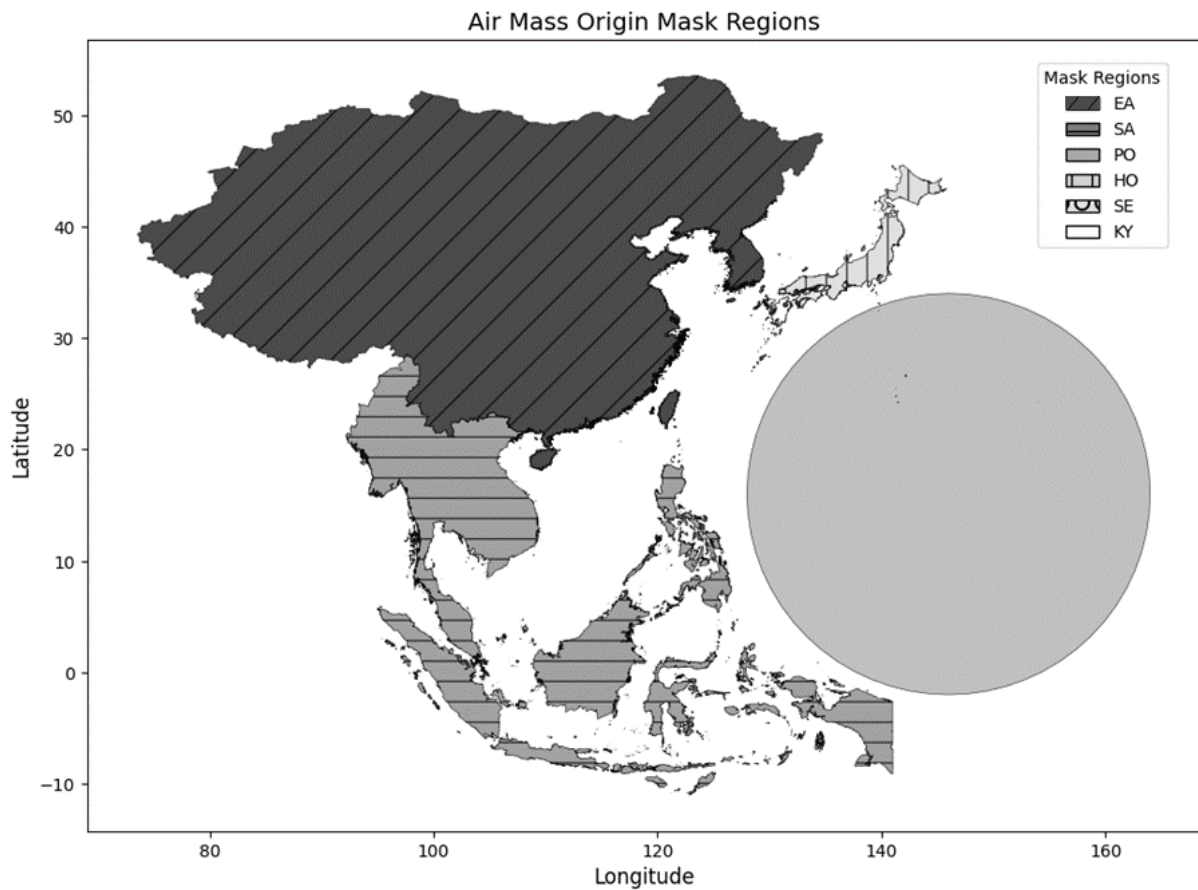


図2 通過経路区分

3.2 流跡線

環境基準超過時における月別の流跡線解析画像を図 4 に示す。3～5 月において O_x が環境基準を超過した日が多く、特に中国大陸を通過する流跡線が多いことが確認された。さらに、通過カウント値に基づく季節別の流跡線通過地域割合を図 5 に示す。季節区分は、春(3～5 月)、夏(6～8 月)、秋(9～11 月)、冬(12～2 月)とした。

元岡局における EA 由来の流跡線割合は、春 81.6%、夏 52.2%、秋 75.0%、冬 97.1%であった。夏季には他の季節と比較して EA 由来の割合が減少する傾向がみられたものの、全体の半数以上が EA 由来であった。この夏季の割合の低下は、太平洋高気圧に支配されることにより、海洋の清浄な空気が流入した⁵⁾ことが一因と考えられる。さらに、EA を経由した通過カウント値及び通過割合の経年変化を図 6 に、季節別の経年変化を図 7 に示す。EA を通過したカウント値及び割合ともに、経年的に大きな変化は見られなかった。この傾向は、季節別でも同様であった。これらの結果から、 O_x 濃度が環境基準を超過した時の流跡線の多くが EA 由来であり、本市が中国大陸からの越境移流の影響を強く受けていることが示唆された。

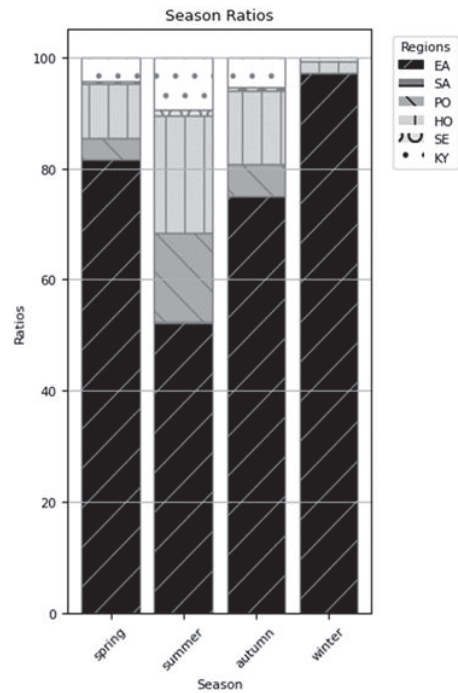


図 5 季節別の流跡線通過地域割合

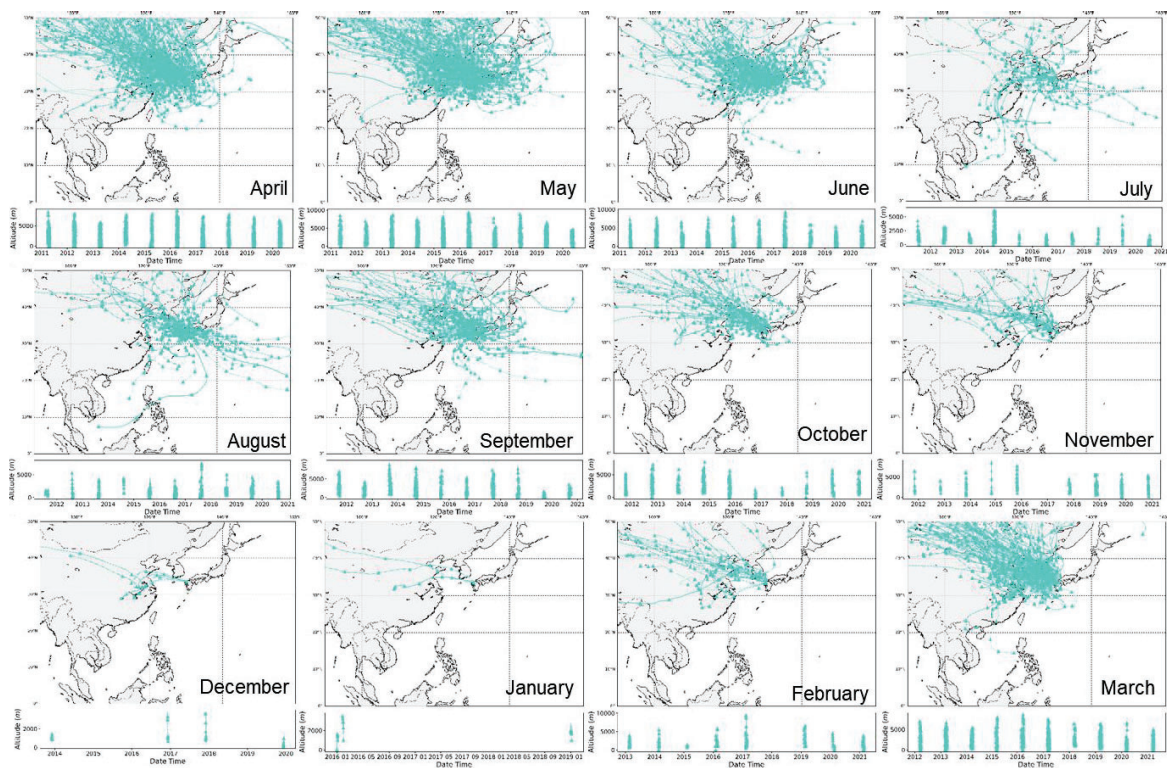


図 4 環境基準超過時における月別の流跡線解析画像

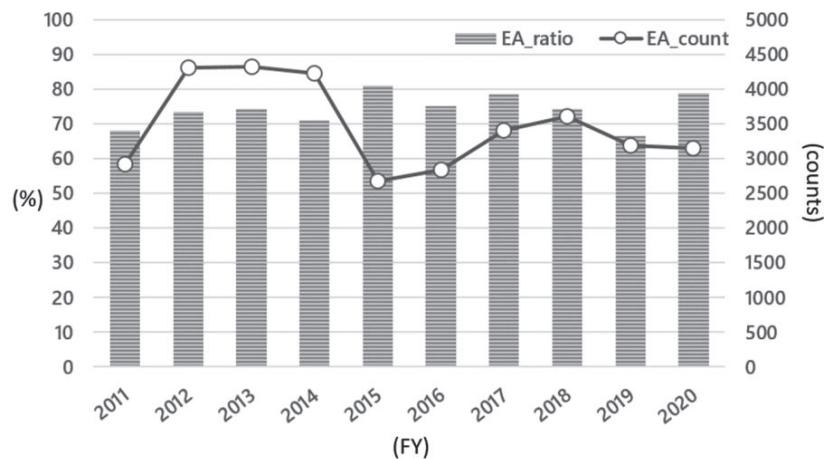


図6 EAを経由した通過カウント値及び通過割合の経年変化

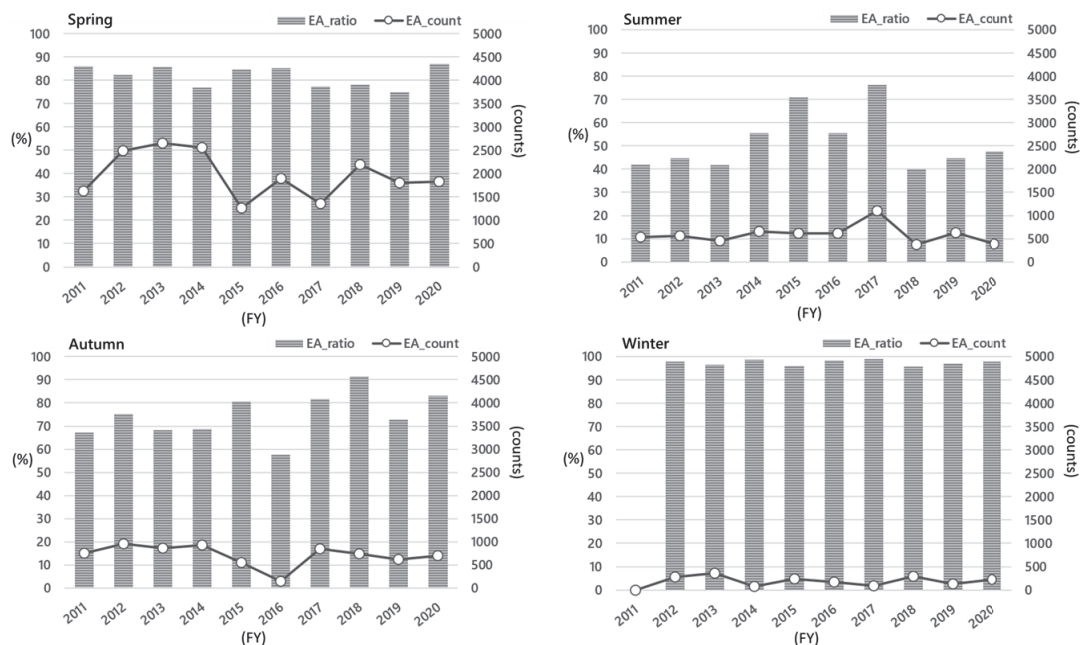


図7 EAを経由した通過カウント値及び通過割合の季節別経年変化

4 まとめ

2011～2020年度における元岡局のOx環境基準超過時の気塊は、大部分がEA由来であり、中国大陸からの影響を強く受けていることが改めて確認された。また、10年間その影響の強さは変化していないことが示唆された。

また、Pythonを用いたことにより、これまで時間と労力を要するため不可能であった長期間に及ぶ流跡線解析が短時間で実施可能となった。

今後は、環境基準値未満の濃度帯を含むOx濃度帯別

の通過経路の解析を実施し、低濃度時の移流経路を把握して高濃度時と比較する。

謝辞

本解析を行うにあたり、ご助言を賜りました沖縄県衛生環境研究所田崎盛也様をはじめ、Ⅱ型共同研究関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

文献

- 1) 福岡市環境局：福岡市大気測定結果報告書令和4年度（2022年度）版, 81, 2023
- 2) 岩本真二, 他：福岡県における光化学オキシダントの高濃度要因の分類, 大気環境学会誌, 43, 173～179 (2008)
- 3) 大原利眞編：光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究－国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究最終報告（平成19～21年度）, 国立環境研究所研究報告第203号, 55～61 (2010)
- 4) 田崎盛也：Pythonによる流跡線解析, 沖縄県衛生環境研究所報, 56, 78～101, 2022
- 5) 大気環境学会：大気環境の事典, p158～159, 2019