3）2021 年春季に発生した光化学オキシダント高濃度事例の特徴

三井浩揮　豊永悟史

要　旨

大気汚染常時監視測定局の観測データを用いて，2021 年春季に観測された光化学オキシダントの高濃度事例の発生要因と日内変動の特徴を解析した。解析の結果，高濃度期間の前半には越境移流によって広域的に濃度が上昇し，後半には地域内生成の寄与が増大して地点間の濃度差が拡大したことが示唆された。また，県内の一部の地点では通常と異なる光化学オキシダント濃度の日内変動が確認された。

キーワード：光化学オキシダント，越境移流，地域内生成，日内変動

1. はじめに

光化学オキシダント（以下「Ox」）は，窒素酸化物や揮発性有機化合物を前駆物質として大気中で二次的に生成される代表的な大気汚染物質であり，人体への影響が懸念されている [1]。しかしながら，国内では環境基準の達成率が極めて低い状況が続いており [2]，大気環境行政上の重要な課題の一つとなっている。

熊本県においても環境基準達成率は長期にわたり 0%となっており [3]，2019 年 5 月には県内で 10 年ぶりとなる光化学スモッグ注意報が発令されている [4]。これらのことから，高濃度事例の発生要因を把握し，対策検討につなげていくことが重要である。

そこで本研究では，2021 年春季に観測された Ox の高濃度事例に着目し，大気汚染常時監視測定局（以下「常時監視局」）のデータおよび気象データを用いて，高濃度事例の発生要因と日内変動の特徴について解析を行った。

2. 調査方法

2.1 Ox 濃度経時変化

解析対象は，Ox の観測を実施している熊本県内の 24 地点の常時監視局で測定された Ox 濃度の 1 時間値（確定値）とした。図 1 に調査対象地点の位置関係を示した。

解析対象期間は，2021 年 5 月 29 日から 6 月 1 日とした。このうち，5 月 29 日から 30 日を「期間前半」，5 月 31 日から 6 月 1 日を「期間後半」と定義し，次節以降の解析を行った。

2.2 気象解析

気象解析には，熊本県内の常時監視局で測定された風向・風速データおよび気象庁が公開する天気図 [5]を用いた。さらに，広域的な輸送の影響を評価するため，米国海洋大気庁（NOAA）が提供する大気輸送・拡散モデル HYSPLIT [6]を用いて後方流跡線解析を行った。解析条件は，熊本市の中心部に位置する京町局を起点とし，起点高度を 1,500m，遡及時間を 72 時間，時間間隔を 3 時間に設定した。

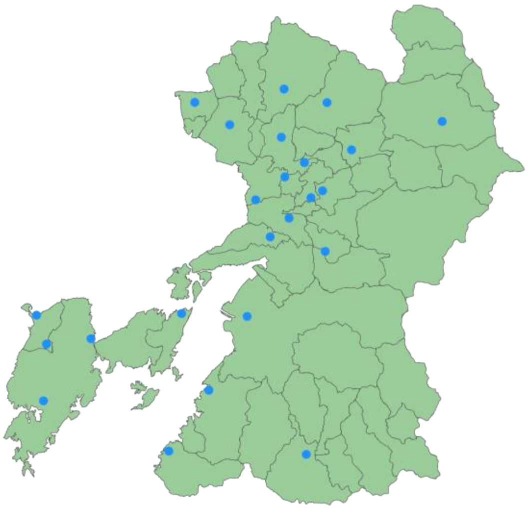

図 1　熊本県における Ox 測定局の配置図 [3]
（●は解析対象とした 24 地点を示す）

2.3 日内変動の特徴

九州地域における Ox の観測を実施している常時監視局 146 地点の Ox 日最大値の観測時刻を基に，日内変動の特徴を解析した。具体的には，各観測地点における 1 時間値のうち，日最大値が観測された時刻を抽出し，解析対象期間のうち特に濃度が高かった期間後半の 2 日間（5 月 31 日と 6 月 1 日）について比較を行った。

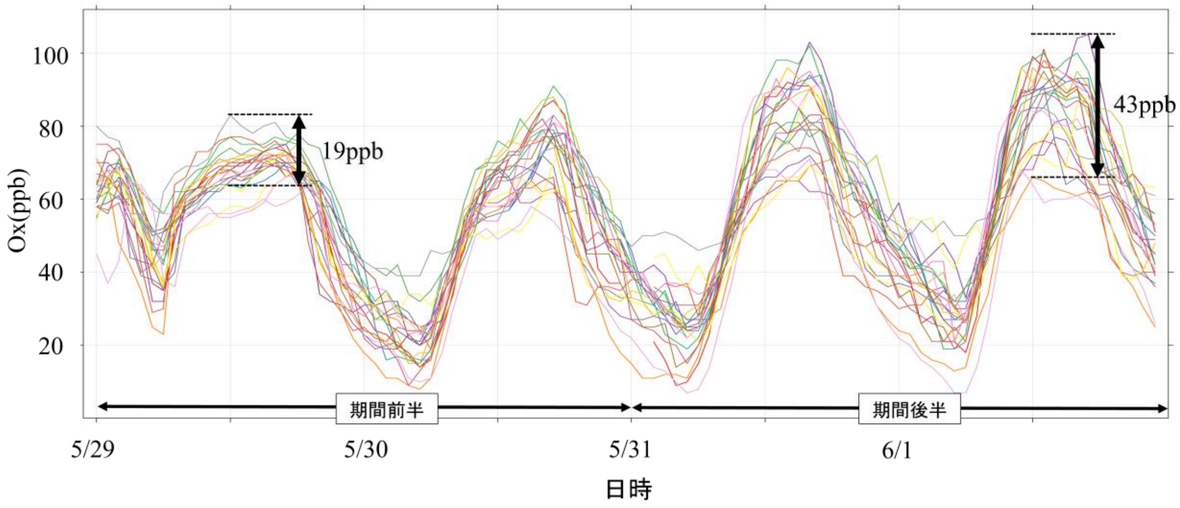

図 2　2021 年 5 月 29 日から 6 月 1 日における熊本県内の Ox 濃度の経時変化

3. 結果と考察

3.1　Ox 濃度経時変化

2021 年 5 月 29 日から 6 月 1 日の熊本県内測定局における Ox 濃度の経時変化を図 2 に示す。期間中には各地点における最高値が 83～109ppb に達し，広域的な Ox 濃度の上昇が確認された。

また，期間前半から期間後半にかけて，地点間の濃度差が拡大していることも確認された（図 2）。期間前半の 5 月 29 日について見ると，最小値（64ppb:人吉保健所局）と最大値（83ppb:苓北志岐局）の差は 19ppb であった。一方で，期間後半の 6 月 1 日には，最小値（66ppb:河浦局）と最大値（109ppb: 山鹿健康福祉センター局）の差は 43ppb まで拡大した。これは，地域内の Ox 生成が県内各地点の Ox 濃度変動に影響していたことを示していると考えられた。

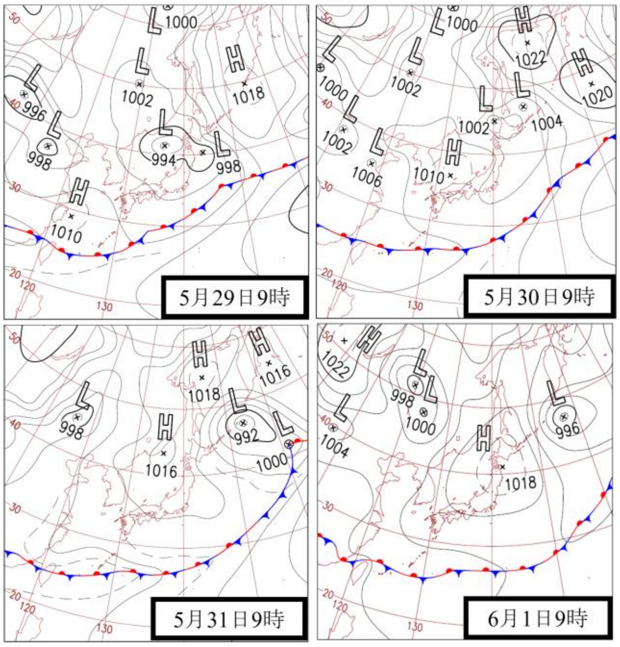

図 3　2021 年 5 月 29 日～6 月 1 日の天気図

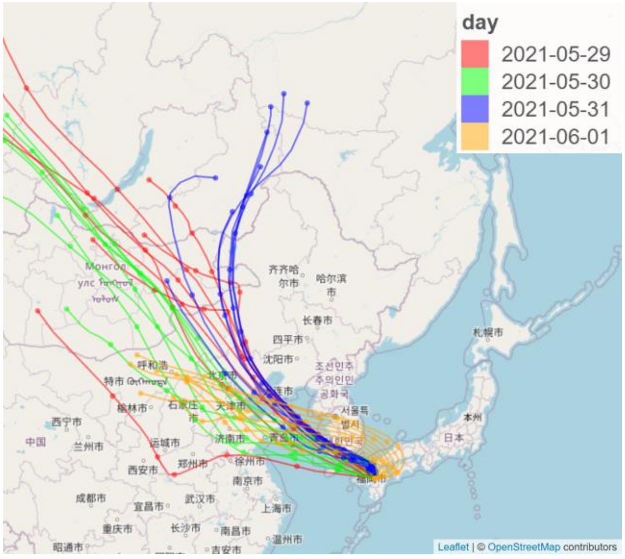

図 4　解析対象期間中の後方流跡線

3.2 気象条件

地上天気図から，5 月 29 日ごろに高気圧が九州に接近し，その後 6 月 1 日まで停滞していたことが確認された（図 3）。この期間は，西日本から東日本を中心に高気圧に覆われ，6 月 1 日頃まで晴天が続いていた [5]。後方流跡線解析の結果から，期間全体を通じて主に大陸方向からの気塊が影響していたことが示された（図 4）。なお，期間後半は，後方流跡線が九州付近を右回りに周回するような動きを示しており，高気圧の周辺流の動きに対応したもの [7] と考えられた。

地上の風向風速は，期間前半と後半で異なる挙動が確認された（図 5）。期間前半（5 月 29 日）の風向風速は午前 2 時と午後 5 時に同一方向を示し，一日を通じて風向の変化が小さかったことから，高気圧の接近に伴い，一般風が卓越していた [8] と考えられる。期間後半（6 月 1 日）は，午

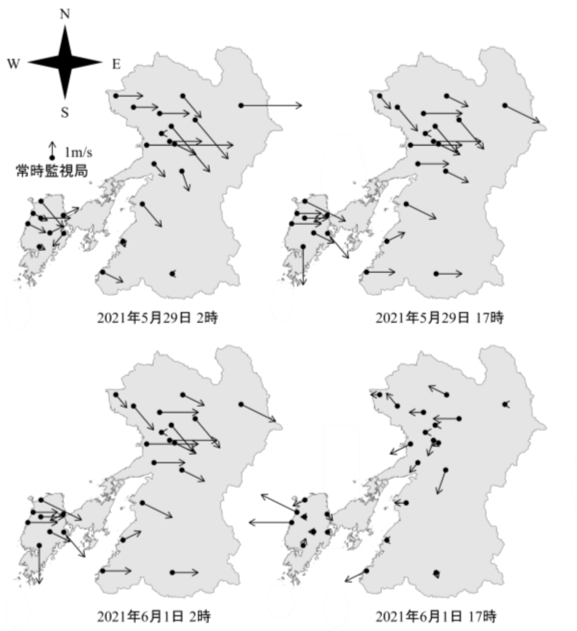

図 5　風向・風速の変化

前 2 時には陸から海へ吹く陸風，午後 5 時には海から陸に吹く海風が確認された。この風向の変化は，海陸間の熱的不均一によって生じる局地風 [8)9)]（海陸風）に対応したものと考えられる。一般風が強い場合，海陸風は形成されにくい [10)] ことが知られているため，この期間の海陸風の発達は，一般風の影響が弱く局地風が支配的であったことを示唆している。

以上より，期間前半は移動性高気圧の東進に伴い，大陸からの越境移流が支配的であった [11)] と考えられる。期間後半は越境移流の影響に加え，局地風の卓越が見られ，汚染物質が滞留しやすい気象場 [12)] が形成された。こうした移動性高気圧の影響下では，晴天・弱風となり，大気下層で汚染物質が滞留し，光化学生成が進行しやすくなることが報告されている [13)]。本事例の期間後半も上記のメカニズムが同様に作用した可能性が高く，地域内での Ox 生成が進行し，前節で述べた地点間の濃度差の拡大に寄与したと考えられる。したがって，本事例の高濃度メカニズムは，越境移流と局地的要因が複合的に作用した結果であると結論づけられる。

3.3　日内変動の特徴

期間後半の 2 日間（2021 年 5 月 31 日および 6 月 1 日）と 2021 年春季（4-6 月）における九州地域の常時監視局で，Ox 濃度の日最大値が観測された時刻を集計し，熊本県とその他の九州地域での比較を行った（図 6）。熊本県では 5 月 31 日には最頻値が 16 時に出現していた。一方，6 月 1 日には 16 時ごろに最大値を示す局は大きく減少し，約 73%が昼前後（11-14 時）に日最大値を示すなど，日最大値の出現時刻が昼前後にシフトしていた。これに対し，同期間の他の九州地域ではこのような日最大値観測時刻の変化は明瞭でなく，熊本県に特徴的な事象であったと考えられる。さらに，2021 年春季の最大濃度

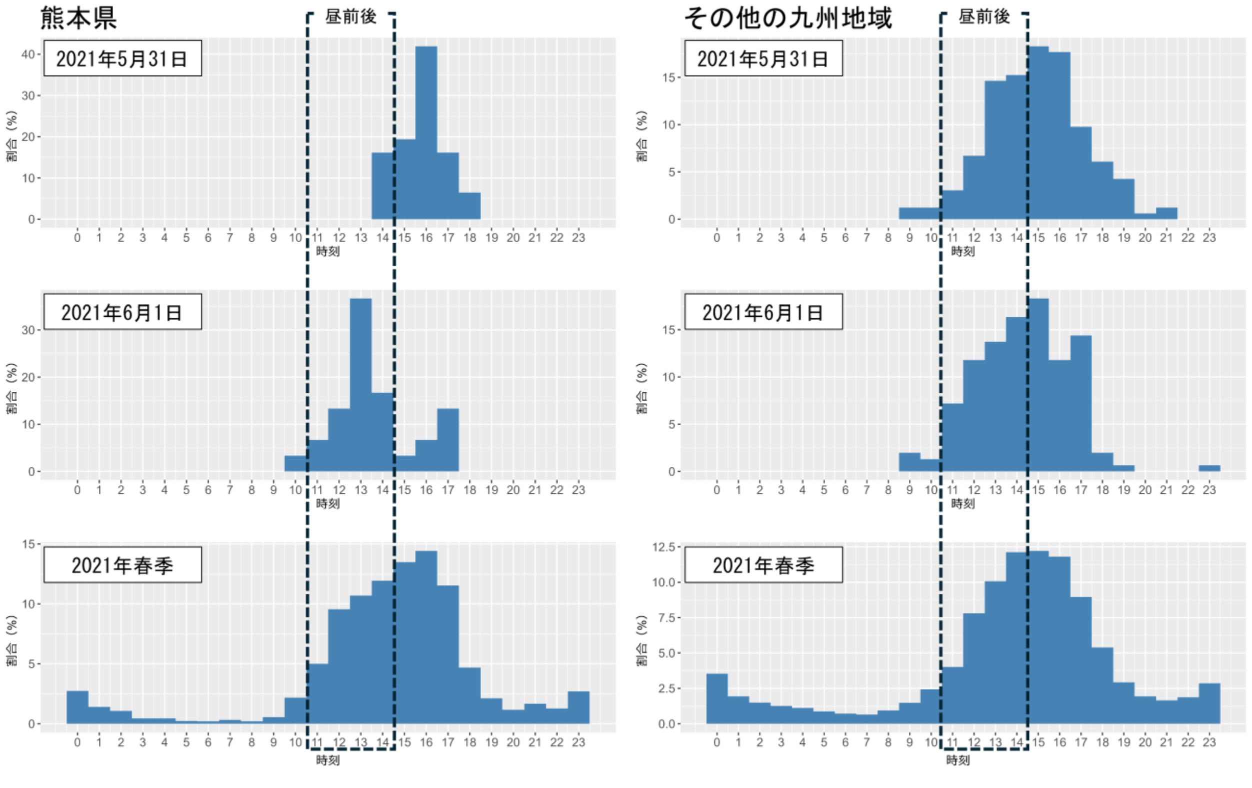

図 6　熊本県（左）およびその他の九州地域（右）における Ox 日最大値観測時刻の頻度分布

観測時刻の最頻値は熊本県およびその他の九州地域いずれも 15-16 時であったことから，6 月 1 日に観測された昼前後の日最大値は春季全体の傾向とは異なる特徴的な日内変動を示したものであると考えられる。

ま　と　め

2021 年 5 月 29 日から 6 月 1 日の熊本県における Ox 高濃度事例は，期間前半は大陸からの越境移流による広域的な寄与が支配的であったのに対し，期間後半は安定した気象条件下で汚染物質の滞留が強まり，地域内生成が加わることで高濃度が持続したことが明らかとなった。

さらに，日内変動の解析から，6 月 1 日には日最大値の発生が昼前後に集中し，熊本県の地点で特に多く確認された。このことから，通常より早期に光化学反応が進行したことが示唆された。以上より，本事例の高濃度化メカニズムは，越境移流と局地的要因が複合的に作用した結果であると結論づけられる。

今回の解析では日内変動の特徴的なパターンを把握することができた。今後はほかの事例についても同様の解析を行い，得られたパターンを比較することで共通のメカニズムを明らかにすることが課題として挙げられる。

文　　献

1）　環境省：光化学オキシダントの健康影響に係る科学的知見の収集・整理結果の概要について. https://www.env.go.jp/content/000200562.pdf（2025 年 9 月閲覧）

2）　環境省：令和５年度大気汚染物質（有害大気汚染物質等を除く）に係る常時監視測定結果. https://www.env.go.jp/content/000315455.pdf（2025 年 9 月閲覧）

3）　熊本県環境生活部：大気・化学物質・騒音等環境調査報告書 (第 58 報) (2022). https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/attachment/239493.pdf（2025 年 9 月閲覧）

4）　環境省：令和元年光化学大気汚染の概要 -注意報等発令状況，被害届出状況. https://www.env.go.jp/content/900404472.pdf（2025 年 9 月閲覧）

5）　気象庁 HP：日々の天気図 . https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html（2025 年 9 月閲覧）

6）　米国海洋大気庁（NOAA）. HYSPLIT: Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model. https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php（2025 年 2 月閲覧）

7）　兼保直樹，高見昭憲，佐藤 圭，畠山史郎，林 政彦，原 圭一郎, Chang Lim-Serok, Ahn Joon-Young:九州北部における春季の高濃度 PM2.5 と長距離輸送,大気環境学会誌,45(5),227-234(2010).

8）　森口 實,千秋 鋭夫,小川 弘: 環境汚染と気象―大気環境アセスメントの技術.p.33,p.93-94（1990）（朝倉書店）.

9）　岩槻秀明: 図解入門 最新気象学のキホンがよーくわかる本［第 3 版］. p.418（2017）（秀和システム）.

10）　吉門 洋：大気環境の気象学―第 2 講 領域規模大気汚染の気象学（国内）―，大気環境学会誌, 53(4), A61-A70 (2018).

11）　岩本真二，大石興弘，田上四郎，力 寿雄，山本重一：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(3), 173-179 (2008).

12）　近藤裕昭：局地循環と大気汚染 II，大気環境学会誌, 30(6), A87-A96 (1995).

13）　鵜野伊津志，村野健太郎，若松伸司：春季の移動性高気圧通過時の二次大気汚染物質の長距離輸送と変質過程の数値解析，大気環境学会誌, 33(3), 164-178 (1998).